

시열과제 수행 시 신호형태에 따른 운동수행력과 P300 분석

이명희 · 김명철^{1†} · 박주태²

경성대학교 이과대학 물리치료학과, ¹울지대학교 물리치료학과, ²영남이공대학교 전자정보계열

Analysis of Motor Performance and P300 during Serial Task Performance according to the Type of Cue

Myoung-Hee Lee, PT, PhD, Myung-Chul Kim, PT[†], PhD, Ju-Tae Park, PhD²

Department of Physical Therapy, Kyungsoong University

¹Department of Physical Therapy, Eulji University

²Department of Electronics & Infomation Engineering, Yeungnam College of Science & Technology

Received: May 4, 2013 / Revised: May 23, 2013 / Accepted: May 23, 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: The study was designed to investigate the effects of visual, auditory, and visuoauditory cues on simple Serial Task Performance in healthy adults.

METHODS: Sixty-three right-handed healthy adults without history of neurological dysfunction were participated. A modified version of the Serial Reaction Time Task (SRTT) using five blocks of perceptual motor sequences was administered. The blocked paradigm consisted of the five blocks with randomly repeated 8 digit sequences with 5 repetition. Three types of sensory cue were employed: visual cue, auditory cue and visuoauditory cue. All subjects were assigned to press the matched button as quickly and accurately as possible, when one of 8 stimulations was presented (one, two, three, four, five, six, seven, eight). The reaction time, accuracy, and P300 latency were measured during serial task performance. The mean reaction time (ms), accuracy (%), and P300 latency (ms) were compared between three types of cue

using ANOVA.

RESULTS: The reaction time to auditory cue was significantly longer than visual and visuoauditory cues ($p < .001$). And accuracy to auditory cue was significantly lower than visual and visuoauditory cues ($p < .001$). All P300 latency (at Fz, Cz, Pz) were significantly longer than to visual and visuoauditory cues ($p < .05$).

CONCLUSION: It is suggested that type of cues influence in choice reaction. These data may helpful in designing not only effective motor learning training programs for healthy persons but also reeducation programs for patients with neurological dysfunction.

Key Words: Type of cue, Serial task performance, P300

I. 서론

운동학습은 “움직임의 정확성과 부드러움이 향상되는 과정” 또는 “근골격계를 효율적으로 움직이게 하는 개체의 능력에 관한 기술”과 같이 다양하게 정의될 수

†Corresponding Author : ptkmc@yahoo.co.kr

있지만, 대부분의 정의들이 개체-환경 체계를 바탕으로 운동과 감각이 모두 포함된 새로운 동작의 학습을 의미한다(Jarvilehto, 2006). 인간은 일생을 살아가면서 다양한 형태 운동학습을 하고 있으며, 학습된 방법을 통하여 보다 더 효율적이고 효과적인 일상생활을 함으로써 삶의 질이 향상된다고 여러 연구에서 보고되고 있다(Hashimoto 등, 2007; Tsauo 등, 2005; Waehrens와 Fisher, 2007).

운동학습에 관한 연구들에서는 다양한 과제를 통해 학습의 효과를 높이기 위한 여러 가지 학습방법들을 제시하고 있는데, 운동 수행 시 여러 종류의 감각되먹임의 제시, 정신훈련, 구획연습과 무선연습, 집중학습과 분산학습 등이 그러한 학습방법에 포함된다(Ahn, 2000; Han, 2008).

고유수용성 신경근 촉진법에서는 환자를 치료할 때 기본 절차로서 시각적 신호와 언어적 신호를 사용하고 있고, Bae 등(2004)은 고유수용성 신경근 촉진법에 의한 치료접근 모델을 제시할 때 시각적 정보를 주는 것이 효과적이므로 치료계획을 세울 때 이를 포함시켜야 한다고 하였다. 시각 또는 청각적 신호는 실제로 뇌졸중 환자 뿐 아니라(Han, 2011) 파킨슨 환자들의 보행과 손의 움직임에도 유용하다는 연구들이 많다(Kim, 2007; Chuma 등, 2006). 또 감각되먹임을 제시할 때, 제시형태와 시기, 빈도 등 그 방법에 따라 효과가 다르다고 연구들은 제시하고 있다(Shim, 2004; Lee, 2006; Hemayattalab과 Rostami, 2010; Masters 등, 2009). Kim(2001)은 시각적 되먹임의 한 형태로 뇌파 바이오 피드백을 이용하여 운동학습을 한 후 뇌파의 변화를 살펴 본 결과 통제 집단에 비해 정확도가 우수하다고 하였고, 또 다른 연구들에서는 하나의 정보양식만 제시하는 것보다 여러 가지 양식의 정보를 사용하는 것이 학습을 더 촉진한다고 하였다. 그 중 시각과 청각을 동시에 사용한 정보가 제시되었을 때 활동기억을 더 활성화 시킨다는 결과가 보고된 바 있다(Mousavi 등, 1995).

뇌파는 대뇌피질에서 발생하는 전기적 활동을 기록하는 것인데, 뇌에서 일어나는 흥분성과 억제성 시냅스의 전위 가중(summation)을 반영한다. 뇌의 전기적 활동

은 특정한 빈도와 진폭을 가지는데, 정현파의 빈도와 진폭을 기준으로 8-12Hz의 파형을 알파(alpha)파, 13Hz-30Hz의 파형을 베타(beta)파 4-7Hz를 세타(theta)파, 1-3Hz의 파형을 델타(delta)파라고 한다. 또 뇌파는 크게 자발뇌파(spontaneous potential, SP)와 유발뇌파(evoked potential, EP)의 성분으로 구분할 수 있는데 유발뇌파는 특정 정보를 내포하고 있는 자극을 반복 제시 후 자극의 처리와 관련한 뇌의 전기적 활동만을 나타내는 파형을 말한다. 사건관련전위(event related potential, ERP)는 뇌파 중 인간의 인지기능과 관련되어 발생하는 뇌전위로서, 다른 뇌영상 기술과 달리 인간의 인지기능의 시작과 동시에 측정할 수 있다는 장점이 있고 시간해상도가 우수하여 짧은 시간동안 일어나는 선택적 주의, 기억, 인지과정 등을 측정할 수 있는 특징이 있다. 사건관련전위에는 N100, N200, P100, P300, N400, LPC(late positive component) 등의 다양한 파형이 있는데 이 중 P300은 1960년대 Sutton의 보고 이후 뇌의 정보처리 기전과 관련하여 가장 활발히 연구되어 왔으며 정보처리과정 중 자극에 대한 선택적 주의력, 자극인지, 기억 탐색, 불확실감의 해소 등을 반영한다(Fabiani 등, 1990; Johnson, 1995; Paller 등, 1992). 또 잠복기(latency)는 입력된 정보를 처리하는데 걸리는 시간을 의미하므로 정보처리 속도라 할 수 있고, 이는 정보처리 과정에 관한 중요한 단서가 되므로 이에 관한 연구가 활발하게 진행되었다(Hagen 등, 2006; Webster 등, 2004).

따라서 본 연구에서는 운동학습을 효율적으로 할 수 있는 방법 중 신호제시에 있어 시각, 청각, 시청각의 신호가 시열과제 수행 시 필요한 선택적 집중에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해, 과제수행시간, 정확도, P300의 출현시기를 확인하여 그 효과를 비교하고자 하는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 연구 대상자는 신경학적인 병력이 없고, 과제수행을 위해 오른쪽 손가락을 사용하는데 문제가 없으며 연구에 관한 설명을 충분히 듣고 자발적으로

참여 의사를 밝힌 20대 남학생 63명이었다. 모든 대상자들은 오른손잡이였고, 이들은 연구계획서를 확인한 후 동의서를 작성하였다.

2. 연구 방법

대상자들은 컴퓨터가 놓인 책상 앞에 편하게 앉고, 의자의 높이를 조절하여 오른쪽 팔을 책상 위에 놓았을 때, 팔꿈관절이 약 90° 굽힘되도록 하였다. 대상자들은 시각, 청각 그리고 시청각 신호에 맞춰 가능한 한 정확하고 빠르게 과제를 수행하도록 하였으며, 과제를 수행하는 동안 최소한의 손가락 움직임만 사용하도록 하였다.

과제는 40개의 연속신호가 제공되면 그에 맞는 키보드의 키를 정해진 손가락으로 누르는 것이다. 연속신호는 “one”에서 “eight”까지 8개의 숫자가 각 5회씩 무작위로 구성되는데, 제시된 숫자에 따라 “one”과 “eight”은 두 번째 손가락으로 왼쪽 방향키를, “two”와 “seven”은 세 번째 손가락으로 위쪽 방향키, “three”와 “six”은 네 번째 손가락으로 오른쪽 방향키, 그리고 “four”와 “five”는 세 번째 손가락으로 아래쪽 방향키를 누르게 하였다. 8개 신호의 5회 반복으로 이루어진 40개의 연속신호는 하나의 블록을 구성하며, 대상자들은 5개의 블록으로 구성된 한 구간을 연습하였다. 각 블록 사이에는 30초의 휴식을 취하도록 하였다.

40개의 연속신호는 대상자의 반응과 상관없이 1초에 하나씩 다음 신호가 제시되도록 하였고 블록과 블록 사이에 휴식시간은 30초로 하였다. 또한 모든 신호는 일정한 순서를 가지지 않도록 무작위로 제시되었고 대상자들 간에는 동일한 순서의 과제가 주어졌다.

3. 측정 방법

1) 운동수행능력 측정

시열과제를 수행하는 동안 운동수행능력인 반응시간 및 정확도를 평가하기 위해 자극제시스케줄링(LAXTHA, Korea) 프로그램을 이용하여 각 자극들을 무작위 순서로 프로그래밍하여 사용하였다. 실험대상자들이 과제를 수행하는 동안 모든 구간에서 반응시간

과 정확도가 기록되었다.

2) P300의 출현시기 측정

P300의 출현시기는 전산화 뇌파측정기인 QEEG-8 (LXE3208, LAXTHA Inc., Korea)을 이용하여 대상자들이 과제를 수행하는 모든 구간동안 측정하였다. 측정된 대상자의 뇌파는 표본추출률(sampling rate) 256Hz, 0.5-50Hz의 통과필터, 12-bit AD 변환에 의해 컴퓨터에 저장되었다. 머리의 8부위에서 모노폴라 방식으로 뇌파를 측정하였으며, 일반적으로 20채널 이하의 경우 International 10-20 system을 이용하여 전극을 부착하지만 본 연구에서는 사건관련전위인 P300을 측정하기 위해 중심과 좌우측 뇌반구 영역 Fz, Cz, Pz, Oz, C3, C4, T7, T8의 여덟 채널을 부착하고, 이 중 Fz, Cz, Pz 영역에서의 신호를 분석하였다. 기준 전극(reference electrode)과 접지전극(ground electrode)을 각각 오른쪽과 왼쪽의 붓돌기(styloid process) 위에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극이며, 디스크 전극에 뇌파전용 풀을 문혀 부착하고 거즈를 이용해 머리표면에 잘 고정되어 있도록 처치하였다.

4. 통계 처리

수집된 자료는 기술통계를 이용하여 평균 및 표준편차를 제시하였고, SPSS 19.0을 이용하여 통계 처리하였다. 세 가지 형태로 제시된 자극에 따른 운동수행력과 P300 출현시기를 비교하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, Tukey를 이용하여 사후검정을 실시하였으며, 통계학적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α 는 .05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 시각군의 평균 나이 22.38세, 평균 키는 173.52cm였으며 평균 몸무게는 67.38Kg이었다. 또 청각군의 평균 나이는 23.38세, 평균 키는 176.00cm, 평균 몸무게는

Table 1. General characteristics of subjects

(mean±S.D.)

	Visual group(n=21)	auditory group(n=21)	Visuoauditory group(n=21)
Age(yrs)	22.38±2.54	23.38±2.56	23.48±3.37
Height(cm)	173.52±3.59	176.00±3.59	175.29±4.10
Weight(Kg)	67.38±7.66	70.67±7.66	68.48±8.44

Table 2. Comparison of reaction time and accuracy in each group

	VG	AG	VAG	F	p
Reaction time(msec)	665.29±56.55 ^a	758.70±37.42 ^b	661.80±63.04 ^a	31.86	.00*
Accuracy(%)	68.12±14.63 ^a	50.36±11.03 ^b	71.00±13.43 ^a	15.26	.00*

*p<.05, VG : Visual cue group, AG : Auditory cue group, VAG : Visuoauditory cue group

70.67Kg이었고, 시청각군의 평균 나이는 23.48세, 평균 키는 175.29cm, 평균 몸무게는 68.48Kg이었다.

2. 신호형태에 따른 반응시간과 정확도 비교

시열과제 수행 시 신호형태에 따른 반응시간과 정확도는 모두 그룹간 유의한 차이를 보였다(p<.05). 사후 검정 결과, 반응시간은 청각군이 시각군과 시청각군의 두 군에 비해 유의하게 길었고, 정확도는 청각군에서 다른 두 군에 비해 유의하게 낮게 나타났다(p<.05)(Table 2).

3. 신호형태에 따른 P300 출현시기 비교

시열과제 수행 시 신호형태에 따른 Fz, Cz, Pz영역에서의 P300 출현시기는 모두 그룹간 유의한 차이를 보였다(p<.05). 사후 검정 결과, Fz 영역에서는 청각군이 시각군과 시청각군의 두 군에 비해 유의하게 늦게 출현했고, Cz 영역에서는 시각군이 청각군에 비해 유의하게 빨리 출현했으며, Pz영역에서도 시각군이 청각군에 비해 유의하게 빨리 출현했다(p<.05)(Table 3).

IV. 고 찰

운동학습의 효과를 높이기 위해 시각과 청각 등 신호를 이용하는 것은 고유수용성 신경근 촉진법에서도 촉진을 위한 기본 절차로 사용되고 있을 뿐 아니라 여러 연구에서 그 효과가 검증되고 있다(Holcomb과 Neville, 1990; Han과 Kim, 2008; Kim 등, 2008; Jiang과 Norman 2006). 특히 시각적 신호와 청각적 신호는 파킨슨환자의 재활에 아주 유용하다는 연구가 오래전부터 많이 보고되어 왔으며(Arias와 Cudeiro, 2008; Jiang과 Norman, 2006; Sidaway, 2006), 외상성 뇌손상 환자의 보행에도 도움이 된다는 결과가 보고된 바 있다(Goldshtrom 등, 2009) 이러한 신호는 과제수행자의 상황에 맞게 제시하는 신호의 종류와 양을 조절하는 것이 더욱 효과적인데, 예를 들면 더 많은 근수축을 유발하기 위해 더 강한 청각신호를 준다던지(Adler 등, 2008), 파킨슨 환자에게 시각적 신호를 제시하는 것 등이 그것이다(Akamatsu 등, 2008).

본 연구에서는 신호 형태에 따른 선택적 과제 수행

Table 3. Comparison of P300 latency in each group

	VG	AG	VAG	F	p
Fz	423.43±72.67 ^a	485.30±88.72 ^b	421.18±72.59 ^b	4.528	.015*
Cz	415.13±67.64 ^a	476.32±95.00 ^b	425.55±77.25 ^{ab}	3.451	.038*
Pz	414.05±70.90 ^a	478.84±101.27 ^b	426.97±71.55 ^{ab}	3.631	.032*

*p<.05

시 효율성의 차이를 알아보기 위해 시각, 청각, 시청각의 신호를 제시하고 대상자들로 하여금 과제를 수행하도록 하였다. 그 결과 수행반응시간과 정확도 모두 청각 신호에 따라 과제를 수행한 군이 시각군과 시청각군에 비해 과제 수행 시 효율성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 시각이 청각에 비해 더 우세하다는 이전의 연구결과와 유사하고(Akamatsu 등, 2008), 청각신호가 시각적 신호에 비해 중추로 전달되는 시간이 길다는 이전 연구들을 지지하는 결과이다. 하지만 청각신호를 제시하였을 때 시각신호만 제시한 경우보다 반응시간이 더 짧게 보고된 연구들도 많았는데(Shelton, 2010; Yagi, 1999, Holcomb과 Neville, 1990), 이는 본 연구에서 제시한 청각적 신호의 경우 1초에 1번씩 제시되어 그 속도가 일정하고 비교적 낮은 속도였던 것이 원인이라 사료된다. 선행 연구 중 Simmons(2007)의 연구에서 다양한 박자에 따른 운동학습의 효과를 비교하였는데 고정된 박자에 맞춰 연습을 한 군보다 스스로 박자를 조절해서 연습한 군에서 더 빠른 수행속도를 관찰할 수 있었다. 따라서 본 연구에서의 결과도 일정하면서도 비교적 느린 청각적 자극의 영향으로 더 빠른 수행반응시간을 이끌어내는데 한계가 있었을 것이라 생각된다. 그리고 사후 검정 시 통계적으로 유의하지는 않지만 시청각군이 가장 반응시간이 짧고 정확도가 높은 결과는 이전의 연구들과 유사한 결과로 한 가지의 신호만 제시하는 것보다 두 가지를 동시에 제공하는 것이 더 효과적이고 시각과 청각이 동시에 제시되었을 때 인지적 부하가 줄어든다는 연구결과를 지지하고 있다(Han, 2008; Mousavi 등, 1995).

신호 형태에 따른 Fz, Cz, Pz 영역에서의 P300 출현시기를 비교한 결과 청각군에서 가장 늦은 것으로 나타났다. 신호형태에 따른 P300 출현시간의 차이는 세 영역 중에 인지부분에 가장 관련이 많은 Fz 영역에서 비교적 가장 많이 보였다.

사건관련전위의 여러 파형 중 P300은 자극제시 후 250ms에서 800ms 사이에 나타나는 양의 피크로서 집중과 기억처리과정에 관련이 된다(Hsieh, 2006; Kolev 등, 2006). 이는 진폭이 클수록 그리고 나타나는 시기가 짧을수록 인지와 집중의 활동이 커졌고 인지하는 시간

이 짧아졌다 할 수 있어 학습이나 기억과 관련해 많은 연구들이 이루어지고 있다(Curran, 2004; Curran과 Friedman, 2004). P300에 관한 연구(Luu 등, 2007)는 과제 난이도에 따른 차이(Kim, 2001), 노화의 영향(Anderer, 2003; Kolev 등, 2006; McDowell, 2003), 정신질환이나 뇌손상에 의한 변화(Duncan 등, 2009; Kunihara 등, 2007)와 관련해서도 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서 청각신호가 시각이나 시청각에 비해 P300출현시기가 늦은 것은 외부에서 들어온 자극을 인지하는데 더 많은 시간이 필요하다는 증거이고 이는 곧 운동반응이 늦어진다는 것과 관련된다.

V. 결 론

본 연구는 시열과제 수행 시 신호 형태에 따른 선택적 반응이 운동수행능력과 뇌활성화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 본 연구를 통해 얻은 결과를 종합해 보면 제시되는 자극의 종류에 따라 선택적 반응의 결과가 달라질 수 있으며 청각보다 시각이나 시청각의 자극에 따라 과제를 수행하는 것이 인지 및 기억과정에 영향을 주어 학습의 효과를 높일 수 있다고 할 수 있다.

이러한 결과를 바탕으로, 움직임의 재교육이 필요한 환자들에게 물리치료를 통한 훈련 프로그램을 계획할 때, 운동학습의 효과를 높이기 위해 청각 신호만 제공하기 보다는 시각이나 시청각을 통한 적절한 신호 제시법을 이용하는 것이 바람직하다 하겠다.

References

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide. Germany. Springer. 2008.
- Ahn HJ. Selective Attention of Emotionally Disturbed Children. The Korean Journal of Rehabilitation Psychology. 2000;8(1):239-54.
- Akamatsu T, Fukuyama H, Kawamata T. The effects of visual,

- auditory, and mixed cues on choice reaction in Parkinson's disease. *J Neurol Sci.* 2008;269(1-2): 118-25.
- Anderer P, Saletu B, Semlitsch HV, et al. Non-invasive localization of P300 sources in normal aging and age-associated memory impairment. *Neurobiol Aging.* 2003;24(3):463-79.
- Arias P, Cudeiro J. Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in Parkinson's disease patients. *Exp Brain Res.* 2008;186(4):589-601.
- Bae SS, Choi IS, Kim SS. A Strategie of Treatment Approach in the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association.* 2004;2(1):49-57.
- Chuma T, Faruque Reza M, Ikoma K, et al. Motor learning of hands with auditory cue in patients with Parkinson's disease. *J Neural Transm.* 2006;113(2):175-85.
- Curran T, Friedman WJ. ERP old/new effects at different retention intervals in recency discrimination tasks. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2004;18(2):107-20.
- Curran T. Effects of attention and confidence on the hypothesized ERP correlates of recollection and familiarity. *Neuropsychologia.* 2004;42(8):1088-106.
- Duncan CC, Mirsky AF, Lovelace CT, et al. Assessment of the attention impairment in absence epilepsy: comparison of visual and auditory P300. *Int J Psychophysiol.* 2009;73(2):118-22.
- Fabiani M, Karis D, Donchin E. Effects of mnemonic strategy manipulation in a Von Restorff paradigm. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1990;75(2):22-35.
- Goldshtroum Y, Knorr G, Goldshtroum I. Rhythmic exercises in rehabilitation of TBI patients: A case report. *J Bodyw Mov Ther.* 2010;14(4):336-45
- Hagen GF, Gatherwright JR, Lopez BA et al. P3a from visual stimuli: Task difficulty effects. *Int J Psychophysiol.* 2006;59(1):8-14.
- Han DW, Kim SJ. The Effects of Auditory Contextual Interference on Learning in a Golf swing. *Korean Society of Sport Psychology.* 2008;19(2):1-15.
- Han DW. The Effects of Observation with Visual and Auditory Information of Learning in a Sequential Timing. *Korean Society of Sport Psychology.* 2008;19(3): 221-32.
- Han JT. Effects of Auditory Cue AFO on Spatio-temporal Gait Parameters in Hemiplegia. *J Kor Soc Phys Ther.* 2011;6(2): 127-33.
- Hashimoto K, Higuchi K, Nakayama Y, et al. Ability for basic movement as an early predictor of functioning related to activities of daily living in stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair.* 2007;21(4):353-67.
- Hemayattalab R, Rostami LR. Effects of frequency of feedback on the learning of motor skill in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2010;31(1):212-7.
- Holcomb PJ, Coffey SA, Neville HJ. Visual and auditory sentence processing: A developmental analysis using event-related brain potentials. *Dev Neuropsychol.* 1992;8(2-3):203-41.
- Hsieh S. The lateralized readiness potential and P300 of stimulus-set switching. *Int J Psychophysiol.* 2006; 60(3):284-91.
- Jarvilehto T. What is motor learning? Kaivo Thomson, Finland. 2006.
- Jiang Y, Norman KE. Effects of visual and auditory cues on gait initiation in people with Parkinson's disease. *Clin Rehabil.* 2006;20(1):36-45.
- Johnson R. Event-related potential insights into the neurobiology of memory systems. *Handbook of neuropsychology.* USA. Elsevier Science Ltd. 1995;135-63.
- Kim HD. Effect of auditory cues on gait initiation in patients with parkinson's disease: a preliminary study, *Physical Therapy Korea.* 2007;14(4):44-9.
- Kim JG. The Effects of Brain Wave Self - Regulation Biofeedback Training on Learning in a Golf - Putting Task and EEG Alteration. *Korean Society of Sport Psychology.* 2001;12(1):1-13.
- Kolev V, Falkenstein M, Yordanova J. Motor-response

- generation as a source of aging-related behavioural slowing in choice-reaction tasks. *Neurobiol Aging*. 2006;27(11):1719-30.
- Kunihara T, Tscholl D, Langer FH. Cognitive brain function after hypothermic circulatory arrest assessed by cognitive P300 evoked potentials. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;32(3):507-13.
- Lee DS. Study on the Korean Human Brain Mapping, Seoul University, Ministry of Science and Technology. 2006.
- Lee HK. Effects of Forms of KR and Post-KR Intervals on Motor Learning in Children, *The Korean Journal of Growth and Development*. 2006;14(2):95-103.
- Luu P, Tucker DM, Stripling R. Neural mechanisms for learning actions in context. *Brain Res*. 2007;7(1179): 89-105.
- Masters RS, Maxwell JP, Eves FF. Marginally perceptible outcome feedback, motor learning and implicit processes. *Conscious Cogn*. 2009;18(3):639-45.
- McDowell K, Kerick SE, Santa Maria DL, et al. Aging, physical activity, and cognitive processing: an examination of P300. *Neurobiol Aging*. 2003;24(4):597-606.
- Mousavi SY, Low R, Sweller J. Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *J Educ Psychol*. 1995;87:319-34.
- Paller KA, Kutas M. Brain potentials during memory retrieval provide neurophysiological support for the distinction between conscious recollection and priming. *J Cogn Neurosci*. 1992;4:375-91.
- Shelton J, Kumar GP. Comparison between Auditory and Visual Simple Reaction Times. *Neurosci Med*. 2010;1(1):30-2.
- Shim JY, Lee DH, Jang JG. The Effects of The Frequency of KR and The Complexity of Task on Motor Learning. *Korean Society For The Study Of Physical Education*. 2004;9(3):69-79.
- Sidaway B, Anderson J, Danielson G, et al. Effects of long-term gait training using visual cues in an individual with Parkinson disease. *Phys Ther*. 2006;86(2):186-94.
- Simmons AL. Effect of Practice Variability and Distribution of Practice on Musicians' Performance of a Procedural Skill. University of Texas at Austin. USA. 2007.
- Tsao JY, Leu WS, Chen YT, et al. Effects on function and quality of life of postoperative home-based physical therapy for patients with hip fracture. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(10):1953-7.
- Waehrens EE, Fisher AG. Improving quality of ADL performance after rehabilitation among people with acquired brain injury. *Scand J Occup Ther*. 2007;14(4):250-7.
- Webster KE, Colrain IM, Davenport PW. P300 from inspiratory occlusion reflects orienting but not startle. *Biol Psychol*. 2004;66(1):21-33.
- Yagi Y, Coburn KL, Estes KM, et al. Effects of aerobic exercise and gender on visual and auditory P300, reaction time, and accuracy. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;80(5):402-8.