

집중방식이 이중과제 수행에 미치는 영향

노정석

한서대학교 물리치료학과

이충휘, 조상현, 전해선

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과

권혁철

대구대학교 재활과학대학 재활공학과

김택훈

한서대학교 물리치료학과

Abstract

The Effect of Attentional Focus on the Performance of Dual Task

Jung-suk Roh, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

Chung-hwi Yi, Ph.D., P.T.

Sang-hyun Cho, Ph.D., M.D.

Hye-seon Jeon, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Hyuk-cheol Kwon, Ph.D., P.T.

Dept. of Rehabilitation Technology, Daegu University

Tack-hoon Kim, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

Studies of attentional focus effects, have shown that the performer's attentional focus plays an important role in the performance and learning of motor tasks. We examined the influence of attentional focus on the performance of dual tasks (a postural task and a suprapostural task) and used electromyography (EMG) to examine whether the differences between external and internal focus were also manifest at the neuromuscular level. The subjects (n=40) stood on a balance board (postural task) and held a bar horizontally (suprapostural task). All of the subjects performed under different attentional focus conditions: external (balancer on balance board) or internal (feet) focus on the postural task, and external (balancer on bar) or internal (hand) focus on the suprapostural task. The mean displacement velocity of the bar and the percent reference voluntary contraction (%RVC) of the biceps brachii were reduced when the subjects adopted an external focus on the suprapostural task ($p < .05$). In addition, the mean displacement velocity of the balance board and %RVC of the tibialis anterior were reduced when the subjects adopted an external focus on the postural task ($p < .05$). When the subjects adopted an external focus on the suprapostural task, the mean displacement velocity of the balance board and %RVC of the tibialis anterior were also reduced ($p < .05$). When the subjects' attentional focus was on the postural task, there were no differences in the mean displacement and %RVC of the biceps brachii between attentional focuses. The performance of each task was enhanced when subjects focused on the respective task. The suprapostural

task goals had a stronger influence on postural control than vice versa. These results reflect the propensity of the motor system to optimize control processes based on the environmental outcome, or movement effect, that the performer wants to achieve.

Key Words: Electromyography; External focus; Internal focus; Postural task; Suprapostural task.

I. 서론

인간이 운동기술을 학습하는 복잡한 과정에는 다양한 변수들이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그 중 학습자가 집중을 통해 자신이 수행하는 움직임에 대한 정보를 얻는 것은 성공적인 운동수행에 있어 필수적인 것으로 오래 전부터 알려져 왔다(Adams, 1971). 특히, 학습자가 자신이 수행한 움직임에 대한 정보를 제공받는 것은 운동학습의 초기과정에서 더욱 중요하다(Poolton 등, 2006). 이러한 학습자의 움직임에 대한 정보를 통해 학습자는 자신의 실제 움직임과 목표 움직임 사이의 오차를 파악하고 다음 시도에서 더 나은 수행을 보이게 된다. 학습자가 이러한 일련의 학습과정을 통해 효율적인 수행능력을 갖게 되면, 자신의 움직임에 대한 정보제공이 없어도 운동이 자동적으로 일어나게 된다(Anderson, 1983).

움직임에 대한 정보는 내적 정보와 외적 정보로 나눌 수 있다. 내적 정보는 학습자가 운동수행의 결과로써 인체에서 얻게 되는 감각-지각정보(sensory-perceptual information)를 의미한다. 내적 정보들은 시각, 고유수용성감각, 촉각, 압각, 청각 등의 다양한 감각을 통해 제공된다. 움직임을 수행할 때 내적 정보는 기본적으로 제공되며, 이에 부가적으로 외적 정보도 제공될 수 있다. 외적 정보란 운동수행으로 인해 발생한 결과들에 대한 정보로써, 인체 외부에서 발생하는 정보들이다(van Vliet와 Wulf, 2006).

근래에는 내적 정보와 외적 정보 중 어떤 정보에 집중하는 것이 운동학습에 효과적인가에 많은 관심이 집중되고 있다. 이와 관련하여 Wulf 등은 1990년대 말부터 일련의 연구들을 통해 학습자가 운동을 수행할 때 자신의 움직임에 의해 발생한 결과에 집중하는 것(외적 집중)이 자신의 움직임 자체에 집중하는 것(내적 집중)보다 효과적임을 보여주었다(Wulf 등, 1998; Wulf 등, 1999; Wulf와 Prinz, 2001). Wulf 등(1998)은 시뮬레이션을 이용하여 스키동작을 학습할 때 스키의 움직임에 집중(외적 집중)하지 않고 발의 움직임에 집중하는 것

(내적 집중)은 운동학습효과를 감소시킨다고 하였다. 그리고 균형판위에서 균형유지과제를 수행하는 연구에서 발의 움직임에 집중하는 것(내적 집중)보다 균형판 위의 표식자(marker)의 위치에 집중하는 것(외적 집중)이 균형유지과제수행에 더 효과적이라고 하였다. Wulf와 Prinz(2001)는 이러한 연구결과들을 바탕으로 하여 억제행동가설(constrained-action theory)을 제시하였다. 억제행동가설이란 “움직임에 대한 의식적인 조절은 자동적인 운동조절과정을 방해하며, 움직임의 결과에 대해 집중하는 것은 운동시스템이 자연스럽게 자가조직화(self-organization)될 수 있게 하고, 의식적인 조절에 의한 제한이 일어나지 않게 해준다”라는 것이다. 이 가설에서 움직임의 결과에 집중하는 외적 집중은 운동조절중에 자동적인 정보처리과정을 촉진하지만 움직임 자체에 집중하는 내적 집중은 이러한 정보처리과정을 의식적으로 일어나게 한다. 내적 집중에 의해 일어나는 의식적인 조절과정은 인체의 자유도(degrees of freedom)를 제한하거나 경직(freezing)되게 함으로서 자동적인 움직임을 방해한다(Vereijken 등, 1992). 최근에는 환자를 대상으로 한 운동훈련에서 집중방식이 미치는 영향에 대한 연구들이 보고되고 있다. Landers 등(2005)은 파킨슨병 환자를 대상으로 한 균형훈련에서 외적 집중을 사용하는 것이 효과적이라고 보고하였고, Laufer 등(2007)도 발목 염좌 환자들의 균형훈련에서도 외적 집중을 하는 것이 효과적이라고 보고하였다. Freedman 등(2007)은 구강훈련으로서 혀운동을 할 때, 외적 집중이 혀운동의 정확성을 증진시키는데 효과적이라고 하였다.

하나의 과제수행과 더불어 다른 과제를 수행하는 것을 이중과제 수행이라고 한다. 이중과제를 수행할 때 한 과제에 대한 집중이, 동시에 수행되는 다른 과제의 수행 결과에 어떤 영향을 미치는가에 대해 연구들이 진행되어왔다. 초기의 연구들은 주로 자세조절과제(postural task)와 자세조절상위과제(suprapostural task)를 동시에 실시하는 이중과제에 대한 연구들이었다. Riley 등(1999)은 자세조절상위과제(흔들림 없이 손과 커튼의 접촉유지)에 집중하면서 하지의 자세조절과제(균형유지)를

수행하는 이중과제를 수행하는 경우 하지의 자세조절과 제단 수행하는 경우보다 자세동요가 감소함을 보고하였다. Stoffregen 등(2000)도 상지에서 블록 찾기의 자세조절상위과제를 수행하면서 하지에서 자세조절과제를 수행하는 경우가 자세동요가 감소하였다고 하였다.

McNevin과 Wulf(2002)는 두 가지 과제를 동시에 실시하는 이중과제를 수행 할 때 한 과제에 대한 집중방식이 다른 과제의 수행결과에 미치는 영향을 연구하였다. 자세조절상위과제를 수행할 때 내적 집중보다 외적 집중을 사용하는 것이 자세조절과제에서의 운동조절빈도(frequency of movement adjustment)를 증가시킴을 보고하였다. McNevin 등(2003)은 손에 든 장대의 수평을 유지하는 자세조절상위과제와 균형판위에서 균형을 유지하는 자세조절과제를 동시에 수행할 때, 자세조절상위과제에 대해 외적 집중을 하는 경우, 자세조절상위과제뿐만 아니라 자세조절과제의 수행결과도 향상됨을 보고하였다. 집중방식에 대한 연구들에서 측정되는 종속변수들은 주로 과제수행의 결과로 발생하는 변수들이 주로 사용되었다. 스키동작과 관련한 연구(Wulf 등, 1998)에서는 움직임의 크기(movement amplitude), 골프 동작과 관련한 연구(Wulf 등, 1999)에서는 골프공을 맞는 정확도, 균형과제와 관련된 연구들(McNevin 등, 2003; Shea와 Wulf 1999; Wulf 등, 1998)에서는 균형판이 수평선으로부터 떨어진 각도 등이 종속변수로 사용되었다. 이후의 균형과제와 관련된 연구(Wulf 등, 2004)에서는 압력중심(center of pressure)의 RMSE(root mean square error)나 MPF(mean power frequency)등이 종속변수로 사용되었다. 이들 변수들은 모두 과제수행의 결과를 나타내는 변수들이다. Wulf 등(2004)은 상완이두근 수축운동(curl exercise)을 할 때 집중방식이 미치는 영향에 대한 연구에서 종속 변수로서 근전도를 사용함으로써 집중방식에 의한 효과를 신경근 수준(neuromuscular level)에서 이해하고자 하였다. 그 결과, 내적 집중보다 외적 집중을 할 때 더 낮은 iEMG(integrated EMG)값을 보였는데, 이는 효율적인 운동단위의 동원으로 근전도가 더 작게 발생하는 것이라고 하였다.

따라서, 본 연구는 균형판 위에서 균형을 유지하는 과제(하지과제, 이전 연구들에서 자세조절과제라고 표현)와 손에 든 긴 막대의 균형을 유지하는 과제(상지과제, 이전 연구들에서 자세조절상위과제라고 표현)의 두 가지 과제를 동시에 수행하는 동안, 집중방식이 과제수

행에 미치는 영향과 과제간의 영향을 동작분석시스템과 근전도 신호를 이용하여 알아보았다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 20세에서 27세까지의 건강한 일반인 40명(남: 20, 여: 20)을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자들은 균형과제 수행에 영향을 주는 신경계와 근골격계 질환을 갖고 있지 않는 자로 하였다. 실험 전 모든 연구 대상자들에게 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명하였으며, 자발적으로 동의한 자를 대상으로 연구를 실시하였다. 연구기간은 2007년 1월부터 3월까지 진행되었다.

연구대상자의 특성은 표 1과 같다. 전체 평균연령은 23.4세, 평균신장은 167.0 cm, 그리고 평균체중은 64.1 kg이었다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=40)

	남(n ₁ =20)	여(n ₂ =20)
나이(세)	24.3±1.1 ^a	22.4±1.0
체중(kg)	75.3±2.4	52.8±2.9
신장(cm)	176.8±2.9	157.2±2.7

^a평균±표준편차.

2. 측정도구 및 실험기구

가. 동작분석 시스템

상지과제인 막대의 균형유지능력을 측정하기 위해 동작분석시스템¹⁾(VICON MX System)을 이용하였다. 연구대상자의 주변에 설치된 6대의 적외선 카메라를 통해, 상지과제 수행 중 흔들리는 막대 양 끝의 표식자의 움직임정보를 수집하고, Workstation프로그램을 이용하여 표식자의 움직임을 3차원적으로 구현하였다. 표본수 집률(sampling rate)은 120 Hz로 하였고, 표식자의 움직임은 계산을 통해 평균속도(mean velocity)를 계산하여 종속변수로 사용하였다.

나. 힘측정판

하지과제인 균형판위에서의 균형유지능력을 측정하

1) Oxford Metrics Ltd., Oxford, UK.

기 위해 힘측정판²⁾(.4×.6 m²)을 이용하였다. 힘측정판을 통해 수집된 자료는 KISTLER control unit³⁾을 통해 동작분석시스템에 통합되었으며, 소프트웨어에서 기본으로 제공되는 압력중심의 평균이동속도를 종속변수로 사용하였다. 표본수집률은 120 Hz로 하였다.

다. 근전도 측정장비

상지과제와 하지과제를 수행하는 동안 상지의 상완이두근(biceps brachii)과 하지의 전경골근(tibialis anterior)의 근전도를 측정하기 위해 MP100 system⁴⁾을 사용하였다. 전극은 지름이 1 cm, 전극간 간격이 2 cm인 이극 표면전극(bipolar surface electrode)를 사용하였다. 표본수집률은 1024 Hz로 하였고, 측정된 신호는 컴퓨터로 보내 Acqknowleg 3.7.1 소프트웨어를 이용하여 필터링과 기타 신호처리를 하였다.

라. 막대, 균형판, 수평자

상지과제에 사용된 막대는 길이 2 m, 단면적 25(5×5) cm², 무게 1 kg의 나무막대로, 막대의 양 끝에 표식자가 부착되어 있으며, 연구대상자는 이 막대의 수평을 유지하는 상지과제를 수행하였다. 하지과제에 사용되는 균형판은 면적이 .48(.6×.8) m²인 직사각형의 나무판 아래 반원통형태의 목재를 덧댄 것으로 대상자는 균형판 위에서 서서 내외측 방향(medio-lateral direction)으로의 균형을 유지하는 하지과제를 수행하였다. 수평자는 상지과제와 하지과제를 수행하는 동안 외적 집중조건을 제공하기 위해 사용하였다.

3. 측정방법

가. 과제의 수행과 집중방식의 적용

연구 대상자들은 이중과제로서 상지과제와 하지과제를 동시에 수행하였다. 연구대상자들은 힘측정판 위에 놓인 균형판위에서 발을 어깨넓이로 벌리고 편안하게 선자세를 유지하며 균형판의 수평을 유지하는 하지과제를 수행하였다. 동시에 주관절을 90° 굴곡하고 팔을 체간에 자연스럽게 부착한 자세에서 손위에 막대를 올려 놓고 막대의 수평을 유지하는 상지과제를 수행하였다.

두 개의 과제(상지과제와 하지과제)를 동시에 수행하면서, 연구대상자들은 각각의 과제에 두가지의 다른 방식

(내적집중과 외적집중)으로 집중하였다. 상지과제에 대한 내적 집중은 연구대상자들이 막대를 든 손을 바라보면서 손의 움직임에 집중하는 방식으로 실험자는 “손의 움직임에 집중하면서 막대와 균형판의 수평을 유지하세요”라고 지시하였다. 상지과제에 대한 외적 집중은 연구대상자들이 막대에 부착된 수평자에 있는 방울의 움직임에 집중하는 방식으로 실험자는 “수평자 방울의 움직임에 집중하면서 막대와 균형판의 수평을 유지하세요”라고 지시하였다. 하지과제에 대한 내적 집중은 연구대상자들이 균형판위의 발을 바라보면서 발의 움직임에 집중하는 방식으로 실험자는 “발의 움직임에 집중하면서 막대와 균형판의 수평을 유지하세요”라고 지시하였다. 하지과제에 대한 외적 집중은 연구대상자들이 균형판위에 부착된 수평자에 있는 방울의 움직임에 집중하는 방식으로 실험자는 “수평자 방울의 움직임에 집중하면서 막대와 균형판의 수평을 유지하세요”라고 지시하였다. 4가지의 집중방식의 적용순서는 제비뽑기를 통해 결정하였고, 측정은 30초 동안 이루어졌다. 연구대상자들은 각각의 집중방식을 3회 반복하여 평균값을 계산하여 변수로 취하였고, 각각의 측정 사이에는 1분 동안의 휴식시간을 가졌다.

나. 상지과제의 수행결과 측정

상지과제는 손에 든 막대의 수평을 유지하는 것으로, 상지과제를 수행하는 동안 막대의 양끝에 부착된 표식자의 변위를 동작분석시스템을 통해 측정하였으며, 각각의 표식자의 변위속도(displacement velocity; Vd)를 구하고 이것으로부터 평균속도(mean velocity; Vm)를 구해 상지과제에 대한 종속변수로 사용하였다. 평균속도를 구하는 공식은 Raymakers 등(2005)의 연구에서 제시한 압력중심의 평균속도를 구하는 공식을 응용하였다(공식 1). 이 공식에서는 평면상에서의 압력중심의 변위속도, 평균속도를 x, y 두 축에 대한 좌표값을 통해 계산하였다. 본 연구에서 두개의 표식자의 지면으로부터의 높이를 각각 x, y값에 대입하여 표식자의 변위속도와 평균속도를 계산하였다.

$$Vd = \frac{\sqrt{((x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2)}}{t_i - t_{i-1}}$$
$$Vm = \frac{\sum Vd}{n}$$

공식 1. 변위속도(Vd)와 평균속도(Vm)의 공식.

2) KISTLER Instrument, Winterthur, Switzerland.
3) KISTLER Instrument, Winterthur, Switzerland.
4) BIOPAC Systems Inc., Goleta, U.S.A.

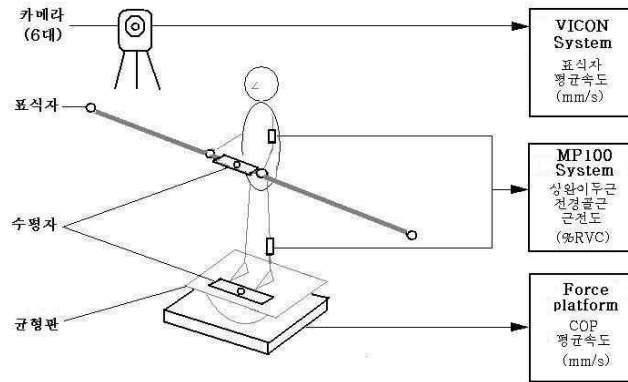


그림 1. 측정과정의 도해.

다. 하지과제의 수행결과 측정

하지과제는 힘측정판 위에 놓은 균형판위에 서서 균형판의 수평을 유지하는 것이다. 균형판을 통해 측정된 압력중심의 평균속도는 균형판의 안정성을 나타내는 것으로 하지과제에 대한 종속변수로 사용하였다.

라. 상지근육과 하지근육의 근전도 측정

이중과제를 수행하는 동안 상지근육과 하지근육의 근전도를 측정하기 위해 우세측 상완이두근과 전경골근에 표면전극을 설치하였다. 상완이두근에는 근육의 정중앙 부위에 설치하였고, 전경골근에는 슬관절 외측과와 족관절 외측과의 연결선상에서 상위 75% 부위에 전극을 설치하였다. 접지전극은 우세측 하지의 발목관절의 외측과 위에 부착하였다. 표면전극 부착부위에서 피부저항을 감소시키기 위해 털을 제거하고 가는 사포로 수회 문질러 피부 각질층을 제거하였으며, 전극에 소량의 전도용 젤을 발라 부착한 후 종이테이프고 고정하였다. 근전도 신호의 표본수집률은 1024 Hz이었으며, 잡음을 제거하기 위해 20 Hz와 60 Hz에 대한 여과 필터(band stop filter)를 사용하였다. 수집된 근전도 신호는 제곱 평균 제곱근법(root mean square; RMS)으로 처리되었으며, 표준화를 위해 %RVC 값을 계산하였다. 상완이두근에 대한 기준값을 설정하기 위해 선자세에서 주관절을 90° 유지하고 상완을 체간 옆에 자연스럽게 붙이고 손바닥을 상방으로 향한 상태에서 1 kg 무게의 아령을 들고 10초 동안 유지하면서 근전도를 측정하였다. 전경골근에 대한 기준값을 설정하기 위해 벽 앞에 손을 대고 선 자세에서 발꿈치만 땅에 대고 전족부를 지면으로부터 들어올리는 족배굴곡자세를 10초 동안 유지하면서 근전도를 측정하였다. 측정과정에 대한 도해는 그림 1과 같다.

4. 분석방법

집중방식에 따른 표식자의 평균속도, 압력중심의 평균속도, 상완이두근과 전경골근의 %RVC의 비교는 4부분으로 나누어 실시하였다.

상지과제에 대한 집중방식(내적 집중과 외적 집중)에 따라 상지과제의 수행결과인 표식자의 평균속도, 상완이두근의 %RVC를 비교하기 위해 짝비교 t-검정(paired t-test)을 사용하였다. 하지과제에 대한 집중방식(내적집중과 외적집중)에 따라 하지과제의 수행결과인 압력중심의 평균속도와 전경골근의 %RVC를 비교하기 위해, 짝비교 t-검정을 사용하였다.

상지과제에 대한 집중방식(내적집중과 외적집중)에 따라 하지과제의 수행결과인 압력중심 평균속도, 전경골근의 %RVC를 비교하기 위해 짝비교 t-검정을 사용하였다. 하지과제에 대한 집중방식(내적 집중과 외적 집중)에 따라 상지과제의 수행결과인 표식자의 평균속도, 상완이두근의 %RVC를 비교하기 위해 짝비교 t-검정을 사용하였다. 자료의 통계처리를 위해 윈도우용 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였으며 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 집중방식에 따른 집중대상과제의 수행 비교

가. 상지과제에 집중을 할 때 상지과제의 수행 비교
상지과제에서 집중방식에 따라 상지과제의 수행결과인 표식자의 평균속도와 상완이두근의 %RVC는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(표 2).

표 2. 상지과제에 집중을 할 때 상지과제의 수행 비교

변수	상지 내적 집중	상지 외적 집중	t	p
표식자 평균속도(mm/s)	17.15±2.60 ^a	15.70±2.55	3.63	.03
상완이두근 근전도(%RVC)	30.24±4.49	28.42±4.27	2.74	.02

^a평균±표준편차.

표 3. 하지과제에 집중을 할 때 하지과제의 수행 비교

변수	하지 내적 집중	하지 외적 집중	t	p
압력중심 평균속도(mm/s)	823.21±142.62 ^a	697.41±163.17	3.50	.01
전경골근 근전도(%RVC)	25.10±5.83	21.81±6.31	2.80	.02

^a평균±표준편차.

표 4. 상지과제에 집중을 할 때 하지과제의 수행 비교

변수	하지 내적 집중	하지 외적 집중	t	p
압력중심 평균속도(mm/s)	943.57±176.18 ^a	872.04±123.03	2.67	.02
전경골근 근전도(%RVC)	30.25±6.67	26.06±5.20	2.41	.03

^a평균±표준편차.

표 5. 하지과제에 집중을 할 때 상지과제의 수행 비교

변수	하지 내적 집중	하지 외적 집중	t	p
표식자 평균속도(mm/s)	18.26±3.78 ^a	17.78±4.00	.78	.14
상완이두근 근전도(%RVC)	32.98±4.61	30.30±5.32	.81	.07

^a평균±표준편차.

나. 하지과제에 집중을 할 때 하지과제의 수행 비교
하지과제에서 집중방식에 따라 하지과제의 수행결과인 압력중심의 평균속도와 전경골근의 %RVC는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3).

2. 집중방식에 따른 다른 과제의 수행 비교

가. 상지과제에 집중을 할 때 하지과제의 수행 비교
상지과제에 대한 집중방식에 따라 하지과제의 수행결과인 압력중심의 평균속도와 전경골근의 %RVC는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 4).

나. 하지과제에 집중을 할 때 상지과제의 수행 비교
하지과제에 대한 집중방식에 따라 상지과제의 수행결과인 표식자의 평균속도와 상완이두근의 %RVC는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(표 5).

IV. 고찰

힘측정판위에서 자세의 안정성은 변위거리, 이동면적, 변위속도 등 다양한 변수들로 측정된다. Raymakers 등(2005)은 힘측정판 위에서의 안정성을 나타내는 다양한 변수들을 비교하였다. 압력중심의 평균속도가 연령과 신체 조건에 따라 상이한 수치를 보임으로써, 이 변수를 균형능력의 차이를 잘 구별해 내는 적합한 변수로 제시하였다. 본 연구에서는 힘측정판 위에서 균형판의 수평을 유지하는 것을 하지과제로 제시하였으며 하지과제에 대한 수행능력을 평가하는 변수로서 힘측정판에 측정되는 압력중심의 평균속도를 사용하였다. 손에 든 막대의 수평을 유지하는 상지과제의 수행능력을 측정하는 변수로는 막대의 이동거리, 기울임 각도 등이 일반적으로 사용되지만 이들 변수들의 막대의 수평유지능력의 척도로 사용되는 것의 타당성에 대한 연구는 찾을 수 없었다. 본 연구에서는 하지과제의 측정변수인 압력중심의 평균 이동속도공식을 응용하여 막대의 양끝에 부착된 표식자의 지면으로부터의 높이를 대입하여 두 표식자의 평균

이동속도를 계산하여 이를 측정변수로 사용하였다. 본 연구에서 이 변수를 사용한 결과, 결과적으로 두 표식자의 평균이동속도가 상지의 균형유지능력을 구별하는데 타당성이 있음을 보여주었지만 이론적 근거가 부족하므로 이에 대한 앞으로의 면밀한 연구가 필요하다.

Wulf 등(2004)은 집중방식이 상완이두근운동(biceps curl exercise)을 할 때 근전도에 미치는 영향을 연구하면서 종속변수로서 근전도신호의 %MVIC(maximal voluntary isometric contraction)을 사용하였다. 본 연구에서는 예비조사에서 상지과제와 하지과제를 수행할 때 상완이두근과 전경골근의 근전도신호의 %MVIC 값을 측정해 본 결과, 수치가 너무 낮아(상완이두근 5%MVIC 미만, 전경골근 10%MVIC 미만) 집중방식에 따른 근전도수치의 비교가 어려웠다. 이는 최대등척성 수축을 할 때 측정된 근육의 근전도 수치에 비해 과제수행중에 측정된 근전도 수치의 값이 낮기 때문이었다. Zachry 등(2005)은 집중방식이 자유투과제 수행에 미치는 영향을 연구하면서, 상지근육들의 근전도를 비교하였는데, 이중 일부 근육의 수치는 너무 높아 천장효과(ceiling effect)로 인해 집단간의 차이가 감쇄(attenuation)되었다고 하였다. 이를 통해 볼 때, 근전도 수치가 너무 낮은 경우에도 바닥효과(floor effect)로 인해 조건 간의 차이가 감쇄되는 효과가 발생할 것이라고 추측되었다. 따라서, 본 연구에서는 예비조사에서 종속변수로서 %RVC(reference voluntary contraction)를 사용하여 비교한 결과, 적정수준의 수치가 측정되어 비교가 가능하므로 이를 종속변수로 사용하였다.

이전의 많은 연구들에서 과제수행과 운동학습에 있어 내적 집중보다 외적 집중이 더 효과적이었다. 서론에서도 언급했듯이, 이러한 결과들은 억제행동가설(constrained action hypothesis)의 내용과 일치하는 것이다. 내적 집중은 움직임에 대한 의식적인 조절을 일으켜 자동적인 움직임 조절에 방해가 되지만, 외적 집중은 효율적인 정보처리과정을 촉진하여 자동적이고 반사적인 움직임조절을 일으켜 운동학습과 수행능력에 차이를 만들어 낸다. 본 연구에서도 과제수행을 할 때 해당과제에 대한 집중방식에 따라 차이가 있었다. 내적 집중보다 외적 집중을 할 때 압력중심의 평균이동속도, 표식자의 평균이동속도, 상완이두근과 전경골근의 %RVC가 낮았으며, 이는 외적 집중을 할 때 상지과제와 하지과제가 안정적으로 수행되었음을 의미한다.

Maxwell과 Masters(2002)는 외적 집중 방식이 내적 집중 방식보다 효과적인 원인은 정보부하의 차이에서 기인한다고 하였다. 외적 집중을 하는 운동학습자는 단

지 하나의 정보, 즉, 운동의 수행결과에만 집중을 하지만, 내적 집중을 하는 운동학습자는 내적 정보에 집중을 하는 동시에 은연중에 외적정보에도 집중을 한다는 것이다. 그러므로 내적 집중을 할 때는 외적 집중을 할 때보다 더 많은 집중에 대한 부하(load)가 주어지게 되므로 이러한 부하의 차이가 집중방식에 따른 수행의 차이의 원인이 된다고 하였다. 본 연구에서도 외적 집중을 할 때는 연구대상자들이 수평자의 방울에만 집중하여 집중 대상이 명확하였으나, 이에 비해, 내적 집중을 할 때는 상지와 하지의 움직임에 집중하는 것이 집중 대상이 광범위하고 불분명하여 더 많은 정보의 부하가 주어졌다고 보이며, 결과에 영향을 주었으리라 생각된다.

Wulf 등(2004)은 상지과제로서 손에 든 막대의 수평을 유지하며, 하지과제로서 균형판 위에서 균형을 유지하는 이중과제를 실시하면서 각 과제에 대한 집중방식의 차이가 집중대상이 되는 과제와 대상이 되지 않는 과제에 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과 상지과제에 대한 외적 집중이 내적 집중보다 상지과제의 수평유지와 하지과제의 균형유지에 효과적임을 보고하였으며 하지과제에 대한 외적 집중은 내적 집중보다 하지과제의 균형유지에 효과적이었지만, 상지과제의 수행능력에는 큰 영향이 없음을 보여주었다. 본 연구에서도 상지과제에 대해 집중을 할 때는 상지과제 수행능력에서, 하지과제에 대해 집중을 할 때는 하지과제 수행능력에서 집중 방식에 의한 차이가 나타났으며 외적 집중이 내적 집중보다 균형유지에 효과적임을 보여주었다. 또한 상지과제에 대해 집중을 할 때 외적 집중의 우월한 효과가 하지과제에서도 나타났으나, 하지과제에 대해 집중을 할 때는 집중방식에 의한 상지과제 수행능력의 차이가 없었다. 상지과제에 대한 집중방식의 차이는 하지과제의 수행능력에도 영향을 미치지만, 하지과제에 대한 집중방식의 차이는 상지과제의 수행능력에 영향을 미치지 않는 비대칭적인 관계(asymmetrical relationship)를 보여준다. 이러한 비대칭적 관계에 대하여 Wulf 등(2004)은 하지의 균형능력유지와 같은 자세조절과제는 상지과제인 막대의 수평유지와과제의 기본적인 바탕이 되기 때문이라고 하였다. 다시 말해 하지에서의 자세조절과제가 잘 이루어져야 상지과제도 잘 이루어질 수 있다. 예를 들어 손에 물이 가득 찬 물건을 들고 물을 쏟지 않으며 일정 거리를 이동하기 위해 물건의 움직임에 집중을 해서 걸으면 자동적으로 하지에서의 균형유지와 정상적인 보행패턴이 동반된다. 즉, 상지과제에 집중은

하지과제의 수행능력과 깊은 관련성을 갖는다. 그러나 하지과제에 대한 집중은 상지과제의 자동적인 수행능력을 동반하지 않는다. 같은 예에서 물건을 들고 일정거리를 이동할 때, 하지의 움직임에 집중하게 되면 상지에서는 물건을 쏟을 수도, 그렇지 않을 수도 있다. 즉 하지과제에 대한 집중은 상지과제의 수행에 직접적인 관련성을 갖지 않는다. 따라서 상지과제에 대한 집중은 하지과제의 수행능력에도 영향을 주지만, 하지과제에 대한 집중은 상지과제의 수행능력에 결정적인 요인으로 작용하지 않는 것으로 생각된다.

집중방식이 과제수행에 미치는 영향을 근전도를 통해 근육신경계수준에서 이해하고자 한 연구는 Vance 등(2004)과 Zachry 등(2005)의 연구 외에는 찾아보기 어렵다. Vance 등(2004)은 상완이두근 운동을 할 때, 상완이두근에 집중하는 것보다 손에 잡은 바(curl bar)에 집중할 때 %MVIC가 더 낮음을 보여주었다. Zachry 등(2005)은 농구의 자유투과제를 수행할 때, 손목의 스냅평동작(snapping)에 집중하는 것보다 농구대 백보드의 중앙부위에 집중할 때 샷의 정확성을 더 높였으며, 상지근육의 RMSE가 더 낮음을 보고하였다. 본 연구에서도 상지과제에 집중할 때, 내적 집중보다 외적 집중조건에서 상지근육인 상완이두근의 %RVC가 더 낮음을 보였으며, 하지과제에 집중할 때도, 외적 집중조건에서 전경골근의 %RVC가 더 낮았다. 그러나 Zachry 등(2005)은 근전도를 변수로 사용한 집중방식의 영향에 대한 연구들이 주로 단일과제에 국한되어 실시되었음을 상기시키며, 앞으로의 연구에서는 이중과제를 수행할 때 한 과제에 대한 집중방식의 차이가 다른 과제의 수행에 미치는 영향을 연구하여야 한다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 상지과제에 대한 집중방식의 차이가 하지과제수행에 미치는 영향과 하지과제에 대한 집중방식의 차이가 상지과제수행에 미치는 영향을 살펴보면서 종속변수로서 근전도를 사용하였다. 그 결과 이중과제를 수행할 때도 집중방식에 따른 근전도의 차이를 발견할 수 있었다.

동일한 과제를 수행함에 있어서 낮은 근전도 수치를 보이는 것은 움직임이 자동적이고 경제적으로 발생하고 있는 것으로, 이는 운동단위들이 선별적으로 동원되고 있음을 의미한다(Vance 등, 2004). 과제수행에 대한 외적 집중은 감각입력신호(sensory input)와 운동출력신호(motor output)간의 결합력을 증가시킨다. 이러한 두 신호 간의 결합력의 증가로 인해 운동시스템은 의도한 움직임의 결과에 대한 감각입력신호에 더욱 집중하게 되

고 운동시스템은 과제의 요구에 맞추어진 운동출력신호를 선별하여 출력하게 되므로 가장 최소의 운동단위를 동원하게 된다(McNevin과 Wulf, 2002). 따라서 동일한 과제를 수행함에 있어, 내적 집중보다 외적 집중을 할 때 더 적은 수의 운동단위가 동원되었다고 생각한다.

가장 효율적인 과제수행과 운동학습의 위한 전략을 찾는 것은 인간행동을 연구하는 모든 연구자들의 공통의 관심대상이다. 과제수행을 할 때, 수행자가 자신의 움직임자체(내적 집중)에 집중할 때 보다 움직임의 결과(외적 집중)에 집중할 때, 더욱 효율적인 운동학습이 이루어진다는 것이 많은 연구를 통해 밝혀졌다. 본 연구는 상지와 하지의 과제를 동시에 수행하는 이중과제에서 집중방식의 영향을 살펴보고 측정변수로서 근전도를 사용함으로써 집중방식의 영향을 근육신경계수준에서 알아보았다. 최근에는 물리치료분야의 환자를 대상으로 하여 단일과제에 대한 집중 방식의 효과를 연구한 논문들이 발표되었다. 앞으로는 환자를 대상으로 하여 이중과제를 수행할 때 집중방식의 영향, 집중방식 효과에 과제의 난이도가 미치는 영향 등 다양한 연구들이 진행되어 실제 임상현장에서의 적용을 위한 근거를 마련해야 한다고 생각한다.

V. 결론

본 연구는 젊은 정상성인이 이중과제(상지과제와 하지과제)를 수행할 때 집중방식(내적 집중과 외적 집중)이 각 과제의 수행능력에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 연구결과 상지과제에 집중할 때, 내적 집중보다 외적 집중을 할 때 상지과제의 수행능력이 우월하였고, 하지과제에 집중할 때도 외적 집중을 할 때 하지과제의 수행능력이 우월하였다. 그리고 한 과제에 대한 집중방식이 다른 과제의 수행능력에 미치는 영향을 비교한 결과, 상지과제에 집중을 할 때는 외적 집중이 하지의 수행능력에도 우월한 결과를 만들어 내었다. 그러나 하지과제에 집중을 할 때는 상지과제의 수행에 영향을 미치지 못하였다. 집중방식의 영향을 근육신경계수준에서 이해하고자 근전도 수치를 종속변수로 사용하였다. 그 결과 외적 집중을 할 때 움직임이 보다 자동적이고 경제적으로 발생하고 있는 것으로, 운동단위들이 보다 선별적으로 동원되고 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 결과 최적의 운동시스템에 의한 효과적인

조절은 내부적인 정보(내적 집중)보다는 외부환경으로부터 제공되는 정보(외적 집중)에 집중할 때 발생하며, 특히 이중과제를 수행할 때 집중대상이 되는 움직임에서 집중 방식에 의한 효과가 뚜렷이 나타난다고 판단된다.

인용문헌

- Adams JA. A closed-loop theory of motor learning. *J Mot Behav.* 1971;3(2):111-149.
- Anderson JR. *The Architecture of Cognition.* Cambridge, MA, Harvard University Press, 1983.
- Freedman SE, Mass E, Caligiuri MP, et al. Internal versus external: Oral-motor performance as a function of attentional focus. *J Speech Lang Hear Res.* 2007;50(1):131-136.
- Landers M, Wulf G, Wallmann H, et al. An external focus of attention attenuates balance impairment in patients with Parkinson's disease who have a fall history. *Physiother.* 2005;91(3):152-158.
- Laufer Y, Rotem-Lehrer N, Ronen Z, et al. Effect of attention focus on acquisition and retention of postural control following ankle sprain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):105-108.
- Maxwell JP, Masters RSW. External versus internal focus instructions: Is the learner paying attention? *Int J Appl Sport Sci.* 2002;14:70-88.
- McNevin NH, Wulf G. Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. *Hum Mov Sci.* 2002;21(7):187-202.
- McNevin NH, Shea CH, Wulf G. Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychol Res.* 2003;67(1):22-29.
- Poolton JM, Maxwell JP, Masters RS, et al. Benefits of an external focus of attention: Common coding or conscious processing? *J Sport Sci.* 2006;24(1):89-99.
- Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture.* 2005;21(1):48-58.
- Riley MA, Stoffregen TA, Grocki MJ, et al. Postural stabilization for the control of touching. *Hum Mov Sci.* 1999;18:795-817.
- Shea C, Wulf G. Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback. *Hum Mov Sci.* 1999;18(4):553-571.
- Stoffregen TA, Pagulayan RJ, Bardy BG, et al. Modulating postural control to facilitate visual performance. *Hum Mov Sci.* 2000;19(2):203-220.
- Vance J, Wulf G, Tollner T, et al. EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *J Mot Behav.* 2004;36(4):450-459.
- Vereijken B, van Emmerik RE, Whiting HT, et al. Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. *J Mot Behav.* 1992;24(1):133-142.
- van Vliet PM, Wulf G. Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence? *Disabil Rehabil.* 2006;28(13-14):831-840.
- Wulf G, Höss M, Prinz W. Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus attention. *J Motor Behav.* 1998;30(2):169-179.
- Wulf G, Lauterbach B, Toole T. The learning advantages of an external focus of attention in golf. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70(2):120-126.
- Wulf G, Prinz W. Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychon Bull Rev.* 2001;8(4):648-660.
- Wulf G, Mercer J, McNevin N, et al. Reciprocal influences of attentional focus on postural and supra-postural task performance. *J Motor Behav.* 2004;36(2):189-199.
- Zachry T, Wulf G, Mercer J, et al. Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Res Bull.* 2005;67(4):304-309.

논문접수일 2008년 2월 2일

논문게재승인일 2008년 4월 10일