

# 정상성인의 팔굽 굽힘 시 자기통제 피드백이 고유수용성감각에 미치는 영향

윤정규<sup>†</sup>

남서울대학교 물리치료학과

## The Effect of Self-controlled Feedback on Proprioception in Elbow Flexion of Healthy Subjects

Jung-gyu Yoon, PT, PhD<sup>†</sup>

Department of Physical Therapy, Namseoul University

Received: August 30, 2012 / Revised: October 16, 2012 / Accepted: October 16, 2012

© 2012 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of this study was to investigate effect of self-controlled feedback on proprioception in elbow flexion.

**METHODS:** Thirty young adult volunteered to participate and were randomly assigned to one of three groups (self-controlled, yoked, control). Power and velocity in elbow flexion was measured by PRIMUS RS (BTE Tech., Hanover, U.S.A). Statistical analysis was used multivariate ANOVA to know effect of self-controlled feedback on proprioception in elbow flexion. Post hoc was used Scheffe.

**RESULTS:** In acquisition phase to practice effect, variable errors in self-controlled group was significantly low scored more than yoked and control group. In retention phase to learning effect, variable errors in self-controlled group was significantly low scored more than yoked and control group.

**CONCLUSION:** Self-controlled feedback was more

effective on movement control when the learner could make a decision about receiving feedback after the trial. This seems to support the view that self-controlled feedback benefits learning, because learners can make a decision about feedback based on their performance on a given trial.

**Key Words:** Self-controlled feedback, Proprioception, Elbow flexion

### I. 서론

정확성과 협응성을 요구하는 인간의 동작은 목표한 데로 오차없이 움직이기가 쉽지 않다. 목표동작과 수행 동작 간의 오차를 줄일 수 있는 방법이 있다면 환자를 치료하는 물리치료사에게는 대단히 중요한 치료적 근거를 제시할 수 있을 것이다. 더불어 인간 동작에 대해 연구하는 모든 영역에서 그 활용도는 크다고 할 수 있다. 목표동작과 수행동작 간의 오차를 줄이기 위해서 움직임을 연구하는 많은 연구자들은 피드백 제공과 관련하여 피드백의 제공시기, 빈도, 형태 등에 관해 많은 연구를 진행하였다(Schmidt와 Lee, 2005).

피드백의 종류에는 제공방법과 횟수에 따라 빈도

<sup>†</sup>Corresponding Author : velsa@nsu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(Winstein, 1991), 평균(Butler 등, 1996), 수용범위(Lee와 Maraj, 1994), 점감(Winstein과 Schmidt, 1990), 그리고 요약피드백(중복 표현)(Carnahan 등, 1996; Schmidt 등, 1989) 등이 있다. 그러나 이와 같은 방법들은 피드백의 제시 시기나 빈도 등에 관해서만 연구하였기 때문에 동작에 대한 학습에서 중요하다고 할 수 있는 학습대상자의 능동적 참여를 이끌어 내지 못하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 대상자의 역할을 중요시하는 자기통제피드백, 자기결정, 자기조절의 제공방법이 시도되었다(Janelle 등, 1997). 자기통제 피드백이란 정보를 처리하는 대상자의 인지적 노력에 관점을 두고 있으며, 능동적인 인지적 처리 과정이 운동 기술 학습에 절대적인 영향을 미친다는 것을 전제로 하고 있다. 대상자의 인지적 노력은 대상자 스스로가 필요하다고 생각되는 정보를 치료사에게 요구하여 획득하는 과정으로 나타난다. 따라서 자기통제 피드백이란 전통적으로 제시되는 다양한 피드백의 형태와 같이 치료사에 의해서 미리 결정된 피드백 정보를 수동적으로 제공받는 것이 아니라, 학습자가 스스로 인지 전략을 세움으로서 능동적으로 학습에 참여할 수 있도록 학습자의 요구에 부합하는 정보를 제공하는 것을 말한다(Kim, 2001; McNevin 등, 2000).

Chiviacowsky 등(2008)은 과녁 안에 볼을 던져 높은 수행능력을 검증해 보는 실험에서 자기통제 피드백을 받은 사람이 동작의 정확성이 높았다는 결과를 보고하였다. Janelle 등(1997)은 오른 손이 우세수인 사람들에게 왼손으로 공을 던지는 과제를 실시한 결과, 자기통제 피드백을 적용한 집단이 동반(yoked) 집단이나 요약 결과지식을 사용한 집단 보다 학습에 있어서 효과가 우수하였다고 보고하였다. 또한, Wulf 등(2001)은 운동 학습을 검증하기 위해 스키 시뮬레이터를 이용하여 실험한 결과, 자기통제 피드백 집단이 동반집단 보다 스키 동작에 대한 학습이 뛰어났다고 보고하였다. 이밖에도 능동적 피드백을 제공받은 자기통제 집단과 수동적 피드백을 제공받은 다른 집단 간 운동학습 검증 실험에서 많은 연구자들이 능동적 피드백을 강조한 자기통제 피드백의 운동학습 효과를 긍정적으로 보고하고 있다(Huet 등, 2009; Chiviacowsky 등, 2012; Patterson 등, 2011; Sheaves 등, 2012). 국내에서도 자기통제 피드백을

이용하여 편마비 환자의 균형능력을 향상시켰다는 보고가 있으며, 운동선수 및 일반인을 대상으로 자기통제 피드백의 효율성을 검증한 연구들이 보고되었다(Lee 등, 2000; Yoon 등, 2005; Kim, 2011). Janelle 등(1997)은 자기통제 피드백 집단의 학습효과 우수성에 대한 이유를 능동적, 자기주도적으로 과제에 참여함으로써 피험자들이 훈련에 대한 인지력이 향상되었기 때문이라고 보고하였다. 피험자들의 능동적 참여에 대한 보고는 컴퓨터 자판 누르기 과제를 자기통제와 동반 집단으로 나누어 실험한 Chiviacowsky와 Wulf(2002)의 연구에서도 증명된 바 있다.

운동치료 분야에서 과제에 대한 능동적 참여는 환자들의 기능회복에 필수적인 요소라 할 수 있을 것이다. 운동치료시 대부분의 치료사들은 고유감각을 자극하여 움직임에 대한 각도 및 속도를 자각하고 인지하도록 학습하고 있다. 고유감각을 촉진시키는데 있어서 능동적 근 수축은 중추신경계로 구심성 고유감각의 방전을 자극하여 근수축을 촉진할 수 있다고 보고되어 있다(Adler 등, 1994). 앞서 언급했듯이 Chiviacowsky 등(2012)과 Yoon 등(2005)은 중추신경 손상 환자에게 능동성을 강조한 자기통제 피드백을 적용하여 운동학습 효과가 향상되었음을 보고하였다. 정상성인 및 중추신경 손상 환자들을 대상으로 자기통제피드백을 적용하여 능동성을 강조한 피드백이 수동적 피드백을 적용한 것 보다 기능수행 능력이 우수하였다는 보고는 비교적 많이 있으나, 자기통제 피드백을 적용하였을 때 능동성과 밀접한 관련이 있는 고유감각의 특성에 대해 연구한 사례는 미흡한 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 능동성을 강조한 자기통제 피드백을 적용하여 팔굽힘시 설정된 목표 각도에 대한 수행동작의 오차값을 파워와 속도로 나누어 고유감각에 대한 운동수행 능력의 차이를 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 최근 6개월 간 신경계, 근골격계에 병력이

없는 20대 건강한 성인 남, 여 30명을 대상으로 실험을 실시하였으며 실험 실시 전에 연구 목적과 방법에 대해 대상자들에게 충분히 설명하였다. 대상자들은 모두 자발적으로 실험참여에 동의 하였으며 실험동의서에 서명하였다. 30명의 실험 대상자들은 자기통제(self-controlled) 집단, 동반(yoked) 집단, 통제(control) 집단으로 무작위 배치되었다.

## 2. 실험절차

연구대상자는 PRIMUS RS 앞에서 바로 선 자세에서 팔을 모아 안쪽위관절용기(medial epicondyle)를 몸에 붙인 상태에서 팔꿈치를 굽히고 선 후, 실험자가 연구대상자의 가쪽위관절용기(lateral epicondyle)를 PRIMUS RS의 회전축에 맞추고 팔꿈관절을 다시 펴고 PRIMUS RS 손잡이의 위치를 대상자의 손에 맞추어 개인의 신체에 따라 달라질 수 있는 아래팔(forearm) 길이 차이로 인한 측정 오류를 통제하였다. 대상자는 안쪽위관절용기를 몸통에 붙인 상태로 아래팔을 움직여 팔굽 관절 굽힘을 실시하였다(Fig 1). 목표 속도와 파워는 실험 참가자의 최고 속도와 최고 파워를 세 번씩 측정한 후 평균값의 35%를 적용하였다(Widrick 등, 1998). 실험자는 실험자세가 갖추어진 대상자에게 목표속도와 목표파워를 알려준 후 1분단을 10회로 팔굽 굽힘을 실시하였다. 분단간 휴식시간은 5분으로 휴식 후 다음 분단의 실험이 시작되었다. 고유감각의 훈련효과를 알아보기 위한 습득단계(acquisition phase)에서는 10회씩 4분단의 팔굽 굽힘이 실시되었다. 습득단계에서 자기통제 피드백 집단은 실험대상자가 원할 때에 목표 각도가 설정되어 있는 모니터의 시각적 피드백이 총 3/10회 이내로 제공되었으며(Chiviawosky와 Wulf, 2005), 동반 피드백 집단은 자기통제 피드백 집단에게 제공되었던 것과 같은 회기에 본인의 의지와는 무관하게 피드백을 제공받았다. 반면에 대조군에게는 시험기간 중 시각적 피드백을 제공하지 않았다. 단기 학습효과를 알아보기 위한 30분 후 즉각파지단계(30-minute retention test)와 장기 학습효과를 알아보기 위한 24시간 후 지연파지단계(24-hour retention test)에서는 세 집단 모두에게 피드백의 제공없이 각각 10회씩 2분단의 팔굽 굽힘만이 실시되었다.



Fig 1. Measured posture

## 3. 측정도구

본 연구에서는 등척성(isometric), 등장성(isotonic), 등속성(isokinetic) 운동능력 검증, cable system에 의한 PNF 운동치료 및 200여 가지의 현장 업무를 실제 환경에서 검증할 수 있도록 고안된 PRIMUS RS(BTE Tech., Hanover, 미국)를 이용하여 팔굽굽힘시 파워와 속도에 대한 오차를 측정하였다. PRIMUS RS의 구성은 본체 1대, 내장 컴퓨터와 모니터, 평가용 의자와 현장업무 평가를 위한 각종 부착물 및 기본 스포츠용 도구가 포함되어 있었다. PRIMUS RS의 측정 신뢰도  $r=.98$ 이며 타당도  $r=.96$  이다.

## 4. 측정변수

본 실험은 대상자들 마다 설정된 팔굽 굽힘 시 목표 속도, 파워와 실제 수행 속도, 파워간의 차이를 절대오차(constant error: CE)와 가변오차(variable error: VE)를 통하여 측정하였다. 절대오차는 수행동작에 대한 고유감각의 정확성을 측정하기 위함이며 가변오차는 수행동작에 대한 고유감각의 일관성을 측정하기 위하여 사용되었다(Schmidt와 Lee, 2005).

## 5. 통계 처리

자료의 통계 처리는 상용 통계 프로그램인 SPSS/PC+

(Statistical Package for the Social Sciences/Personal Computer+) ver. 18.0을 이용하였으며, 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다. 훈련효과를 알아보기 위한 습득단계에서 파워(power)와 속도(velocity)에 대한 자기통제 피드백 집단(self-controlled feedback group), 동반 피드백 집단(yoked feedback group), 통제집단(control group)간의 차이를 알아보기 위하여 3(집단) $\times$ 2(중속변수) $\times$ 4(분단) 다변량분산분석(multivariate ANOVA)을 실시하였다. 단기, 장기 학습효과를 알아보기 위한 즉각과 지연 과제단계에서는 각각 3(집단) $\times$ 2(중속변수) $\times$ 2(분단) 다변량분산분석(multivariate ANOVA)을 실시하였다. 또한 통계적으로 유의한 차이를 보인 부분은 사후검증 방법으로 Scheffe 검정을 실시하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

대상자들의 일반적 특성은 연령  $21.50\pm.70$ 세, 신장  $169.53\pm 8.48$ cm 체중  $60.07\pm 10.25$ kg로 나타났다(Table 1).

Table 1. Anthropometric data(Mean $\pm$ SE)

Variable	Young adults(n=30)
Age(years)	21.50 $\pm$ .70
Height(cm)	169.53 $\pm$ 8.48
Body weight(kg)	60.07 $\pm$ 10.25

#### 2. 팔굽 굽힘 시 파워, 속도에 대한 집단, 분단별 향상 오차 비교

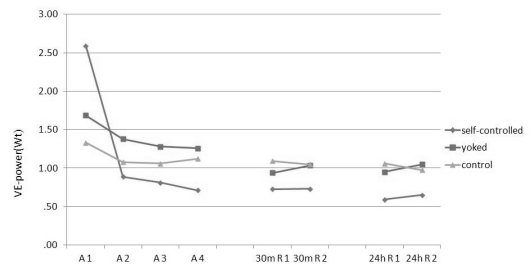
동작의 정확성을 알아보기 위한 팔굽 굽힘 시 파워, 속도에 대한 집단, 분단별 향상오차 비교에서는 수치상으로 자기통제 피드백 집단이 동반집단, 통제집단에 비해 오차값이 적은 것으로 보였으나 통계적으로는 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p>.05$ ).

#### 3. 팔굽 굽힘 시 파워에 대한 집단, 분단별 가변오차 비교

동작의 일관성을 알아보기 위한 팔굽 굽힘 시 파워에

대한 가변오차 비교에서 습득집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 습득분단 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p=.00$ ).

습득분단별 사후검증 결과, 1분단이 2, 3, 4분단에 비해 파워에 대한 가변오차가 각각 평균 .75Wt ( $p=.05$ ), .82Wt ( $p=.03$ ), .84Wt ( $p=.02$ )로 유의하게 높게 나타났다 (Fig 2).



A : acquisition block, 30m R : 30-minute retention block, 24h R : 24-hour retention block

Fig 2. Variable error(VE) by group and block on power in elbow flexion

#### 4. 팔굽 굽힘 시 속도에 대한 집단, 분단별 가변오차 비교

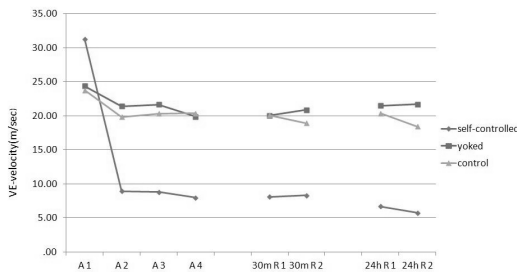
동작의 일관성을 알아보기 위한 팔굽 굽힘 시 속도에 대한 가변오차 비교에서 습득집단, 분단간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며( $p=.00$ ), 습득 집단과 분단간에 상호작용효과도 있는 것으로 나타났( $p=.04$ )(Fig 3).

팔굽 굽힘 속도의 훈련효과를 알아보기 위한 습득집단별 사후검증 결과, 자기통제피드백집단이 동반집단과 통제집단에 비해 속도에 대한 가변오차 값이 각각 평균 7.57m/sec ( $p=.02$ ), 6.81m/sec ( $p=.04$ )로 유의하게 감소된 것으로 나타났다. 습득분단별 사후검증 결과, 1분단이 2, 3, 4분단에 비해 속도에 대한 가변오차 값이 각각 평균 9.75m/sec ( $p=.02$ ), 9.55m/sec ( $p=.02$ ), 10.40m/sec ( $p=.01$ )로 유의하게 높게 나타났다.

팔굽 굽힘 속도의 단기 학습효과에 대한 30분 후 즉각과지연단계에서는 속도에 대한 가변오차 값이 집단별로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p=.00$ ). 즉각 과제집단별 사후검증 결과, 자기통제피드백집단이 동반집단과 통제집단에 비해 속도에 대한 가변오차 값이

각각 평균 12.26m/sec ( $p=.00$ ), 11.31m/sec ( $p=.01$ )로 유의하게 감소된 것으로 나타났다.

팔굽 굽힘 속도의 장기 운동학습에 대한 24시간 후 지연파지단계에서는 속도에 대한 가변오차 값이 집단별로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p=.01$ ). 지연파지집단별 사후검증 결과, 자기통제피드백집단이 동반집단과 통제집단에 비해 속도에 대한 가변오차 값이 각각 평균 15.38m/sec ( $p=.01$ ), 13.20m/sec ( $p=.04$ )로 유의하게 감소된 것으로 나타났다.



A : acquisition block, 30m R : 30-minute retention block, 24h R : 24-hour retention block

Fig 3. Variable error(VE) by group and block on velocity in elbow flexion

#### IV. 고찰

본 연구는 능동성을 강조한 자기통제 피드백의 유효성을 검증해 보고자 실시되었다. 동작에 대한 과제는 팔굽굽힘시 목표 각도에 동작을 일치시키는 것으로 설정하였다. 목표동작과 수행동작간의 오차값은 고유감각의 구성요소 중 위치감각, 운동감각에 대한 인지력을 측정해 보고자 팔굽굽힘시의 파워와 속도에 대한 오차값을 사용하였다. 오차값은 동작의 정확성을 측정하기 위한 항상오차와 동작의 일관성을 측정하기 위한 가변오차가 이용되었다.

동작의 정확성을 알아보기 위한 팔굽 굽힘 시 파워, 속도에 대한 집단, 분단별 항상오차 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 수치상으로는 자기통제 피드백 집단이 동반집단, 통제집단에 비해

오차값이 적은 것으로 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 항상오차는 동작의 평균 크기나 평균에 대한 동작의 방향성을 측정할 수는 있지만 자료값의 분산을 알 수 없다는 단점을 가지고 있다(Schmidt와 Lee, 2005). 따라서 본 연구에서는 자료값의 분산을 반영하면서 일관성을 측정할 수 있는 가변오차를 측정해 봄으로서 능동성을 강조한 자기통제 피드백의 효과를 규명해 보고자 하였다.

동작의 일관성을 알아보기 위해서 팔굽 굽힘 시 파워에 대한 가변오차를 측정해 본 결과, 습득집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 습득분단 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 습득분단별 사후검증 결과, 1분단이 2, 3, 4분단에 비해 파워에 대한 가변오차가 유의하게 높게 나타났다. 다시 말해서, 4분단의 오차값이 1분단에 비해 적게 나왔다는 것은 팔굽굽힘 동작을 반복하면서 시간이 지날수록 동작에 익숙해지고 고유감각들이 활성화되면서 훈련효과가 상승된 것이라 할 수 있다. 이러한 결과는 피드백에 대한 훈련효과와 관련하여 연구를 진행한 많은 연구자들의 연구결과와도 일치하는 것으로 훈련의 반복횟수가 증가할수록 환경에 적응이 되어 오차가 줄어들었음을 알려주고 있다(Schmidt 등, 1989; Schmidt와 Lee, 2005; Patterson 등, 2011; Sheaves 등, 2012). Schmidt와 Lee(2005)는 반복적인 훈련에 대한 부작용으로 피로효과에 대한 연구도 실시하였는데 반복되는 훈련으로 환경에 익숙해지면서 오히려 동작 실시에 대한 지루함과 피로감이 동작수행을 방해 할 수도 있다고 보고하였다. 따라서 치료사는 훈련계획 작성 시 환자의 특성을 고려하여 훈련의 빈도와 방법을 설정하여야 할 것이다.

팔굽 굽힘 시 속도에 대한 가변오차 비교에서 습득집단, 분단간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 팔굽 굽힘 속도의 훈련효과를 알아보기 위한 습득집단별 사후검증 결과, 자기통제피드백집단이 동반집단과 통제집단에 비해 속도에 대한 가변오차가 유의하게 감소되어 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 학습자 주도의 능동적 자기통제 피드백이 수동적 동반 피드백과 피드백을 제공하지 않은 통제집단에 비해 팔굽 굽힘 시 일관성 있게 속도에 대한 오차를 줄이고 있다는 것을 보여주



는 결과라 할 수 있을 것이다. 이러한 결과는 Huet 등(2009)과 Chiviacowsky 등(2012)이 보고했던 능동적 자기통제 피드백의 긍정적 훈련효과와도 일치되는 결과이다. 더불어 본 연구의 이러한 결과는 능동성을 강조한 자기통제 피드백이 수동적으로 피드백을 제공받는 동반피드백 보다 고유감각을 촉진시키는데 있어서 보다 효과적이라는 결과를 실험을 통해 도출해냄으로서 근수축의 능동성을 강조한 Adler 등(1994)의 주장을 실험적으로 보강하고 있는 것이라 할 수 있을 것이다. 팔굽 굽힘 시 속도에 대한 습득분단별 사후검증에서는 파워에 대한 가변오차 값의 변화와 유사한 결과가 나타나면서 파워 뿐만 아니라 속도에서도 반복되는 동작은 동작의 일관성을 나타내는 가변오차를 줄이는데 효과적임을 알 수 있었다.

팔굽 굽힘 속도의 단기, 장기 학습효과를 알아보기 위하여 습득단계가 끝나고 모든 집단에 피드백을 제공하지 않은 상태로 30분 후 즉각파지 검사를, 24시간 후 지연파지 검사를 실시하였다. 연구결과, 단기학습과 장기학습 모두에서 속도에 대한 가변오차 값이 집단별로 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 단기학습과 장기학습 모두에서 자기통제피드백집단이 동반집단과 통제집단에 비해 속도에 대한 가변오차가 유의하게 감소됨을 알 수 있었다. 학습효과의 검증은 훈련을 종료하고 아무런 피드백을 제공받지 않은 상태에서 30분 후, 24시간 후 팔굽굽힘에 대한 고유감각의 유지능력을 알아보기 위하여 실시되었다. Yoon 등(2005)은 자기통제 피드백의 학습효과 검증에서 학습효과의 효율성은 능동적 자기통제 피드백이 수동적 동반 피드백보다, 수동적 동반 피드백은 피드백을 받지 않는 통제집단보다 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 동반 피드백과 통제집단 간에는 학습효과의 차이가 없는 것으로 나타났으며 훈련효과와 마찬가지로 자기통제 피드백 집단이 동반 피드백 및 통제집단에 비해 오차를 줄이며 훈련에 대한 학습효과를 유지하고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 고유감각 훈련 시 움직임의 속도와 파워에 대한 기억이 저장되면서 피드백 제공을 받지 않더라도 동작을 수행할 수 있다는 운동학습의 이론을 반증한 것이라 할 수 있을 것이다. 이러한 결과는 자기

통제 피드백의 학습효과에 대해 연구한 Chiviacowsky 등(2012)과 Patterson 등(2011)의 연구결과가 고유감각의 활성화로 인해 나타날 수도 있었다는 실험적 단서를 제공하고 있다.

이상에서 논의한 바와 같이 능동적 피드백을 강조한 자기통제 피드백이 동작에 대한 오차를 줄이면서 훈련 및 학습효과에서 긍정적인 결과를 도출하였다. 하지만, 본 연구는 20대 성인 남녀만을 대상으로 실시되었기 때문에 연령별, 성별로 발생할 수 있는 고유감각의 특성을 남녀노소 모두에게 일반화하여 적용하는 데는 제한이 있을 것이라 사료된다. 향후 연구에서는 자기통제 피드백을 성별, 연령별로 적용하여 대상자의 특성에 따른 고유감각의 차이를 알아보는 연구가 수행되어야 할 것이라 생각된다.

## V. 결론

본 연구에서는 능동성을 강조한 자기통제 피드백을 적용하여 팔굽굽힘시 설정된 목표 각도에 대한 수행 동작의 오차값을 파워와 속도로 나누어 고유감각에 대한 운동수행 능력을 측정해 보고자 하였다.

동작의 일관성을 나타내는 가변오차를 측정하여 자기통제 피드백이 고유감각에 미치는 영향을 알아보았을 때, 능동성을 강조한 자기통제 피드백이 수동적으로 피드백을 제공 받은 동반 피드백 및 피드백을 제공 받지 않은 통제 집단에 비해 오차 값을 줄이면서 고유감각을 활성화시켜 훈련효과 및 학습효과에 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 수행동작의 오차를 줄이면서 정상동작을 유도하기 위해 노력하는 치료사들에게 소중한 실험적 근거를 제공하리라 생각된다.

## Acknowledgment

이 논문은 2012학년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌

- Adler SS, Beckers D & Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. Hong Kong. Springer-Verlag. 1994.
- Butler MS, Reeve TG & Fischman MG. Effects of the instructional set in the bandwidth feedback paradigm on motor skill acquisition. *Res Q Exerc Sport*. 1996;67(3):355-9.
- Carnahan H, Vandervoort AA & Swanson LR. The influence of summary knowledge of results and aging on motor learning. *Res Q Exerc Sport*. 1996;67(3):280-7.
- Chiviawosky S & Wulf G. Self-controlled feedback: does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Res Q Exerc Sport*. 2002;73(4):408-15.
- Chiviawosky S & Wulf G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Res Q Exerc Sport*. 2005;76(1):42-8.
- Chiviawosky S, Wulf G, de Medeiros FL et al. Self-controlled feedback in 10-year-old children: higher feedback frequencies enhance learning. *Res Q Exerc Sport*. 2008;79(1):122-7.
- Chiviawosky S, Wulf G, Lewthwaite R et al. Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2012;35(4):601-5.
- Huet M, Jacobs DM, Camachon C et al. Self-controlled concurrent feedback facilitates the learning of the final approach phase in a fixed-base flight simulator. *Hum Factors*. 2009;51(6):858-71.
- Janelle CM, Barba DA, Frehlich SG et al. Maximizing performance effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Res Q Exerc Sport*. 1997;68(4):269-79.
- Kim SJ. Motor learning and control. Seoul. Daehanmedia. 2001.
- Kim WC. How the self-controlled feedback affects in the kind of Serial skills' practice and learning. Kyungpook National Univ. Graduate School of Education. Master's thesis. 2011.
- Lee HW, Kim SG & Yook DW. Comparison of learning effect between self-control feedback and intermittent feedback. *Journal of P. E Sport Leisure Studies*. 2000;7(1):149-65.
- Lee TD & Maraj BK. Effects of bandwidth goals and bandwidth knowledge of results on motor learning. *Res Q Exerc Sport*. 1994;65(3):244-9.
- McNevin NH, Wulf G & Carlson C. Effects of attentional focus, self-control, and dyad training on motor learning : implications for physical rehabilitation. *Phys Ther*. 2000;80(4):373-85.
- Patterson JT, Carter M & Sanli E. Decreasing the proportion of self-control trials during the acquisition period does not compromise the learning advantages in a self-controlled context. *Res Q Exerc Sport*. 2011; 82(4):624-33.
- Schmidt RA & Lee TD. Motor control and learning. 3rd ed. Champaign. Human Kinetics. 2005.
- Schmidt RA, Young DE, Swinnen S et al. Summary knowledge of results for skill acquisition: support for the guidance hypothesis. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 1989; 15(2):352-9.
- Sheaves EG, Snodgrass SJ & Rivett DA. Learning lumbar spine mobilization: the effects of frequency and self-control of feedback. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012;42(2): 114-24.
- Widrick JJ, Norenberg KM, Romatowski JG et al. Force-velocity-power and force-pCa relationships of human soleus fibers after 17 days of bed rest. *J Appl Physiol*. 1998;85(5):1949-56.
- Winstein CJ. Knowledge of results and motor learning--implications for physical therapy. *Phys Ther*. 1991; 71(2):140-9.
- Winstein CJ & Schmidt RA. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 1990;16(4):677-91.
- Wulf G, Clauss A, Shea CH et al. Benefits of self-control in dyad practice. *Res Q Exerc Sport*. 2001;72(3):

299-303.

Yoon JG, Kim MH & Yook DW. The effects of self-controlled learning on balance in hemiplegics. Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists. 2005;12(1):36-44.