

The Comparison of 'Knowledge of Result' and 'Knowledge of Performance' in the Children with Cerebral Palsy

Hye-Young Lee, In-Hee Lee

Department of Physical Therapy, Keimyung University Dongsan Medical Center, Daegu, Korea

Purpose: The purpose of this study was to compare the effect of 'knowledge of result' and 'knowledge of performance', two types of extrinsic feedbacks, during the sit-to-stand movement in children with hemiplegic cerebral palsy.

Methods: A total of ten children with hemiplegic cerebral palsy (ages 8 to 12 years) were recruited for the study. Subjects with hemiplegic cerebral palsy performed sit-to-stand movement in front of a mirror. Their performance was supervised and revised for normal movement by a pediatric physiotherapist. In the knowledge of the result, subjects performed sit-to-stand using a chair with an armrest in their mind with normal movement. In the knowledge of performance, subjects performed sit-to-stand under verbal instructions. Randomized cross over trials were used in this study. Main outcome measurements were as follows: mediolateral speed, anteroposterior speed, velocity moment, extent in mediolateral direction, extent in anteroposterior direction, and vertical distance of the center of pressure.

Results: The mediolateral speed and extent of center of pressure was higher for 'knowledge of performance' in comparison with the other type of extrinsic feedbacks ($p < 0.05$). The other parameters, including anteroposterior speed and extent, and vertical speed of the center of pressure, did not differ between the two types of extrinsic feedbacks ($p > 0.05$).

Conclusion: These findings suggested that training in sit-to-stand movement with 'knowledge of result' may result in better use of extrinsic feedback.

Keywords: Cerebral palsy, Extrinsic feedback, Sit to stand

서론

현대 의료과학과 건강관리 산업의 비약적인 발전에도 불구하고 뇌성 마비(Cerebral palsy, CP)의 발생 비율이 증가하고 있다.¹ CP의 일반적인 특성은 근력이 감소하고 비정상적인 근 긴장도가 감소하는 것이다.² 항중력 자세조절을 유지하기 위한 힘을 발생시키는 능력의 부제로 인해 비정상적인 자세가 나타나고, 이렇게 자세 조절 능력이 손상되는 것은 CP를 정의하는 주요 특성이다.^{3,4} CP 아동은 경직, 마비, 감각 결손, 협응 저하와 같은 신경학적 증상으로 인해 환측 상하지의 정상적인 동작 조절이 어렵고, 또한 동작과 자세조절이 불안정하고 동작 타이밍, 제어 능력이 저하되어 일상생활에 어려움을 보인다.^{5,7}

운동조절은 이미 습득한 움직임을 조절하는 것이라 할 수 있는 반면에 운동학습은 움직임을 습득하고 주어진 환경의 상황에 맞게 수정하는 것이라 할 수 있다.^{8,9} 따라서, 운동학습과 관련하여 다양한 방

법이 제시되고 있는 데 그 중 되먹임(feedback) 또한 운동학습의 한 방법으로 제시되고 있다.¹⁰ 과제를 수행하는 동안 수행자는 되먹임을 사용함으로써 기대된 목표와 수행하는 움직임을 비교하여 오차를 수정하는 것이다. 따라서, 되먹임을 사용하여 정황을 주의 깊게 계획하고 주의를 기울임으로써 동작 수행을 보다 효과적으로 수행할 수 있다.¹⁰

되먹임은 방법에 따라 내재적, 또는 외재적인 것으로 구분할 수 있다. 내재적인 방법은 수행될 동작의 결과를 자신의 감각-지각적인 정보를 통하여 되먹임을 하는 것이라고 할 수 있다. 외재적인 되먹임은 내재적인 되먹임에 외부로부터 정보를 추가하는 것인데 의자에서 환자가 일어서기를 할 때 치료사가 동작의 질적인 부분을 높이기 위해 코멘트 해주는 것이 포함될 수 있다. 외재적 되먹임은 '결과 지식(Knowledge of result)'과 '수행 지식(Knowledge of performance)'으로 구분할 수 있는데, 결과 지식은 외부적으로 수행에 대한 목표나 결과에

Received March 24, 2015 Revised April 15, 2015

Accepted April 21, 2015

Corresponding author In-Hee Lee

E-mail yihinhee@daum.net

Copyright ©2015 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute 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.

대한 정보라고 할 수 있다.^{11,12} 예를 들어 환자가 체중계를 사용하여 환측 하지가 체중의 40% 정도를 지탱할 수 있는 것을 알고 있는 것이다. 수행 지식 되먹임은 수행 결과를 유도하기 위해 움직임의 특성에 대한 정보라고 정의할 수 있다. 예를 들어, 환측 하지에 더 많은 체중을 부과하기 위해 치료사가 환자의 무릎관절을 더 많이 펴고 체중을 더 많이 환측으로 이동하도록 환자에게 알려주는 것이라고 할 수 있다. 하지만, CP 환아를 대상으로 일어서기 시 되먹임의 효과를 측정하는 연구는 드물다. 따라서 본 연구는 CP 환아를 대상으로 외재적인 되먹임, 즉 결과 지식과 수행 지식에 대한 되먹임을 제공하고 되먹임 제공 방법이 환아의 균형에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구는 경직형 CP로 진단을 받고 대구에 소재하고 있는 재활치료 기관에서 물리치료를 시행하고 있는 CP 환아 10명을 대상으로 실시하였다. 대상자의 선정기준은 1) 소아과 전문의에 의해 편마비성 CP로 진단받은 학령기 환아, 2) CP 대운동 기능 분류 시스템(gross motor function classification system, GMFCS) 평가에서 I, II, III 수준의 환아, 3) 균형 기능을 측정하기 위한 연구자의 지시를 충분히 이해하고 수행할 수 있는 지적 능력이 있는 환아로 선별하였다. 또한 모든 참여 대상자의 부모는 실험 전에 본 연구의 목적에 대해 충분한 설명을 듣고, 연구 참여 의사에 동의하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구 및 실험절차

환아의 외재적 되먹임 운동학습을 측정하기 위해 모든 대상자에게 팔걸이가 없는 의자에서 일어서기 동작 시 외재적 되먹임에 따른 압력 중심(Center of pressure, COP)의 이동 경로를 조사하였다. 본 연구에서는 Good Balance System Version 3.06 (METITER, USA)을 사용하였다. 모든 측정은 대상 환아와 검사자만이 있는 소아물리치료실에서 조용하고 편안한 분위기에서 실시되었으며, 측정은 무작위 교차 시험방식으로 진행하였다. 무작위로 제공된 A(결과 지식)-B(수행 지식) 또는 B-A의 순서가 조합된 봉인된 불투명 봉투를 환아 또는 부모가 선택하면 외재적 되먹임을 제공하고 선택된 순서에 따라 측정하였다. 또한 모든 측정은 팔걸이가 없는 의자에서 실시하였으며 학습에 따른 잔류효과를 제거하기 위해 2주간의 휴약 기간을 제공하였다. 환아의 주기적인 물리치료는 휴약 기간에도 제한을 두지 않았다.

2) 결과 지식 되먹임 제공

전신 거울 앞에서 환아는 다리 길이에 따라 높낮이가 조절 가능한 팔

걸이가 없는 의자에 엉덩관절 90도 굽힘 상태에서 등받이에 기대어 앉도록 하였다. 환아는 결과 지식 되먹임 제공에서와 동일한 의자에서 평소 속도로 편하게 일어서라는 연구자의 지시에 따라 일어서기를 수행하였다. 이 때 팔을 이용한 움직임의 보상을 피하기 위해 팔짱을 끼도록 하여 체간과 하지의 움직임만을 이용해 동작을 수행하도록 하였으며 양 발은 어깨 넓이로 위치하게 하였다. 균형요소는 연구자의 "시작"이라는 구령과 함께 측정하였으며 대상자가 완전히 직립하였을 때 종료하였다. 환아는 일어서기 동작을 수행하면서 자신의 모습을 관찰하였다. 그리고 소아물리치료사(임상경력 10년 이상)가 환아의 비대칭적이고 비정상적인 일어서기 동작을 인지시켜 주었다. 환아에게 거울을 통해 자신의 모습을 관찰하여 비정상적인 동작을 교정하도록 하였다.

3) 수행 지식 되먹임 제공

환아는 결과 지식 되먹임 제공에서와 동일한 방법으로 일어서기 동작을 수행하였다. 하지만, 수행 지식 되먹임 과정에서는 환아가 거울을 통해 자신의 모습을 보며 일어서기 동작 수행하도록 하였으며, 일어서기 동작 수행, 체중부하의 방법, 뒤꿈치 닿기, 무릎관절, 엉덩관절, 체간의 움직임을 하나하나 구두로 교정해 주면서 소아 물리치료사의 지도에 따라 일어서기 동작을 수행하도록 하였다.

4) 체 중심 변화 측정

되먹임 제공과정에서 사용된 동일한 의자의 동일한 높이에서 대상자들은 평상시 속도로 편하게 일어서라는 연구자의 지시에 따라 일어서기를 수행하였다. 이때 팔을 이용한 움직임의 보상을 피하기 위해 팔짱을 끼도록 하여 체간과 하지의 움직임만을 이용해 동작을 수행하도록 하였으며 양 발은 어깨 넓이로 위치하게 하였다. 결과 지식 되먹임은 수행 과정에서 균형 변화의 측정을 연구자의 "시작"이라는 구령과 함께 COP 이동경로의 측정으로 시작하였으며 대상자들이 편안한 자세에서 정면을 응시한 채 30초간 유지하게 하였을 때 측정을 종료하였다. 수행 지식 되먹임 과정 중 균형 변화의 측정은 일어서기 동작을 균형판 위에서 수행하고 수행 과정 중에 위에서 제시한 되먹임을 지속적으로 제공하였다. 총 2회 실시하여 그 평균값을 분석하였다.

5) 자료분석

본 연구에서 측정된 자료는 SPSS 18.0 for Window를 이용하여 통계 처리하였다. 정규성 검정에서 자료의 분포가 정규성을 보이지 않아 비모수 통계법 Wilcoxon signed rank test를 사용하여, 결과 지식 되먹임과 수행 지식 되먹임 과제의 결과 값을 비교하였다. 통계학적 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

결 과

1. 대상자들의 일반적 특징

본 연구에 참여한 10명의 환자 중 총 8명이 실험을 마쳤으며, 2명의 환자(1명 수술, 1명 두 번째 실험 불참)는 분석에서 배제되었다. 실험에 참여한 환자의 일반적 특성은 Table 1과 같으며, 모두 현재 주기적으로 물리치료 프로그램에 참여 중인 환자들이다(Table 1).

2. 결과 지식 되먹임과 수행 지식 되먹임 적용 시 COP 변화비교

체 중심 좌-우 이동속도는 결과 지식 시 11.69 mm/s, 수행 지식 시 16.39 mm/s로 수행 지식 되먹임 시 더 빠른 속도로 이동하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 체 중심 좌-우 이동거리는 결과 지식 시 350.58 mm, 수행 지식 시 491.60 mm로 수행 지식 되먹임 제공 시 통계학적으로 유의하게 더 많이 이동한 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 체 중심 전-후 이동속도, 체 중심 전-후 이동거리 및 수직 이동거리는 두 되먹임 적용에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다 ($p > 0.05$) (Table 2).

고 찰

본 연구에서는 외재적 되먹임의 두 방법을 적용 시 CP 환자의 운동 학습이 체 중심 이동을 통해 어떻게 다른지 조사하고자 하였다. 그 결과 체 중심의 좌-우 이동속도와 이동거리에서는 유의한 차이가 있었으며, 체 중심의 전-후 이동속도와 거리 그리고 수직이동거리에서는 차이가 없는 것으로 나타났다.

CP 환아를 대상으로 결과지식 되먹임과 수행지식 되먹임을 직접

비교한 연구는 거의 없다. 뇌졸중 환자를 대상으로 외부적 되먹임을 비교한 연구 중, Cirstea 등¹³은 정확한 움직임에 대해 결과 지식 되먹임을 제공하는 것은 보다 정확한 움직임을 유도하고, 수행 지식 되먹임을 제공하는 것은 정확한 움직임을 위한 시간이 줄어든다고 보고하였다. 본 연구에서는 결과 지식 되먹임을 제공할 때 환자의 일어서기 동작 시 COP의 변화가 보다 적은 것으로 나타나 선행연구의 연구결과와 유사하다고 할 수 있다. 하지만, 뇌졸중 환자를 대상으로 한 다른 선행 연구에서는 내부적으로 집중하도록 하였을 때 보다 외부적 집중 지도를 받을 때 움직임의 시간이 보다 짧아지고 속도가 빨라져 보다 효과적으로 과제를 수행하였다고 보고하고 있다.^{14,10} 하지만, 본 연구와는 과제에 대한 속성이나 측정방식에 차이가 있어 직접적인 비교가 어렵다. 따라서, CP 환아를 대상으로 되먹임 종류와 과제에 따른 차이를 비교하는 더 많은 연구 필요할 것으로 사료된다.

Thorpe의 연구에서는 되먹임의 내용을 결정하기 위해서 훈련자는 능숙한 과제 수행에 필요한 움직임을 정확하게 분석할 수 있어야 하며 필수적인 요소를 지각하고 있어야 한다고 하였다.¹⁵ 선행연구에서는 잘못된 움직임이나 잘못된 움직임을 수정하는 수행 지식 되먹임은 동작을 수행하면서 수정하는 것보다 더 효과적이라고 보고하고 있다.¹⁶ 또 다른 연구에서는 결과 지식 되먹임이 보다 효과적인 학습을 유도할 수 있다고 보고하고 있다.¹⁷ 본 연구에서는 피험자가 결과 지식을 인지하고 있을 때 수행과정 중에 되먹임을 제공하는 것보다 더 효과적으로 과제를 수행하였다.

여러 선행연구에서 되먹임의 방식이나 양이 대상자의 과제 수행에 영향을 미친다고 보고하고 있다. 매번 훈련자가 시도할 때마다 되먹임을 제공하는 것 보다는 전체 시도 중 50%에서 되먹임을 제공하는 것이 효과적이라는 보고나, 되먹임은 수행자의 능력에 따라 적절히 조절하여 요약하여 제공하는 것이 더 효과적이라고 보고하고 있다.^{18,19} 따라서, 구두, 시각, 운동학적 되먹임 같은 수행 되먹임 뿐만 아니라 및 되먹임 지연, 오차 추정, 자기 조절 같은 결과 지식 되먹임을 효과적으로 사용함으로써 환자의 운동학습을 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 수행 결과를 환아가 인지하고 있는 것이 보다 COP의 변화가 적은 것으로 나타났다. 결국 치료의 목적 또한

Table 1. The general characteristics of subjects

	Subjects
Gender (male/female; n)	3/5
Age (year)	10.3±3.0
Height (cm)	139.9±16.5
Weight (kg)	40.2±16.0

Values are mean±SD.

Table 2. The comparison of extrinsic feedbacks

	Knowledge of result	Knowledge of performance
Mediolateral speed (mm/s)	11.69±5.33	16.39±5.00*
Anteroposterior speed (mm/s)	13.91±4.23	17.06±8.15
Velocity moment (mm ² /s)	128.81±81.64	279.25±175.16
Extent in mediolateral direction (mm)	350.58±159.64	491.60±126.59*
Extent in anteroposterior direction (mm)	417±126.59	511.73±126.59
Vertical distance (mm)	31.84±20.27	37.68±27.62

* $p < 0.05$.

치료의 종료 시 뿐만 아니라 치료로 인해 환자의 운동기능 향상이 장시간 지속되는데 있기 때문에 환자 자신의 움직임의 목표를 인지하고 있는 것이 더 나은 학습 방법이라고 할 수 있을 것이다.^{10,20}

본 연구는 비정상적인 뇌기능을 보이는 CP 환아를 대상으로 운동 학습의 외재적 되먹임 방법의 차이를 조사한 연구이지만, 환아의 대상자 수가 적어 결과 해석에 유의할 필요가 있을 것으로 생각한다. 추후, 보다 많은 CP 환아를 대상으로 한 외재적 되먹임에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서 시행한 과제의 난이도는 본 연구와 유사한 뇌병변을 가진 환자를 대상으로 한 선행 연구에서도 본 연구의 결과와 유사하게 결과 지식 되먹임이 제공되었을 때 운동 학습을 도울 수 있다고 보고하고 있다.¹¹ 본 연구에서 적용한 의자에서 일어서기 동작은 탁구의 서브 같은 어려운 동작은 아니지만 뇌병변 환자에게는 건강한 사람들의 그와 같은 동작 만큼 어려울 수 있다는 보고가 있기 때문에 운동 학습을 조사할 수 있는 적절한 과제로 생각되어진다.^{20,21} 또한 본 연구에서 좌우 이동거리와 속도에서 변수에서만 차이가 있는 것으로 나타났는데 이는 본 연구의 COP 측정 방식에서 기인한다고 사료된다. 본 연구에서 과제의 측정은 균형판 위의 좌우 고정된 발위치에서 COP 변화를 측정하여 좌우 COP 변화는 용이하였지만, CP 환아에게 일어서기 과제는 앞위 COP 변화의 다양성이 매우 큰 과제로 천정 효과로 인해 변화의 차이를 측정하는데 제한이 있었기 때문으로 생각된다. 따라서 이에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. 2007 korean national growth charts : Review of developmental process and outlook. 2014.
2. Pin TW. Effectiveness of static weight-bearing exercises in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2007;19(1):62-73.
3. Goodman CC, Fuller KS. Pathology: Implications for the physical therapist. 4th ed. In: Glanzman AM, eds, *Cerebral palsy, USA*, Elsevier Health Sciences, 2014:1576.
4. Pavao SL, Dos Santos AN, de Oliveira AB et al. Functionality level and its relation to postural control during sitting-to-stand movement in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(2):506-11.
5. de Graaf-Peters VB, Blauw-Hospers CH, Dirks T, et al. Development of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy: Possibilities for intervention? *Neurosci Biobehav Rev.* 2007;31(8):1191-200.
6. Seo HJ, Kim JH, Choi MJ, et al. The effect of gluteal taping on posture and balance during standing in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Kor Phys Ther.* 2014;26(5):308-14.
7. Yeom JN, Lim CG. Change of static and dynamic foot pressure after trunk stabilization exercises in children with spastic diplegic cerebral palsy. *J Kor Phys Ther.* 2014;26(4):274-9.
8. Kwon YH, Lee MH. Effects of massed and distributed practice on p300 latency in a sequential timing task. *J Kor Phys Ther.* 2014;26(4):234-9.
9. Kwon YH, Lee MH. Comparison of motor skill acquisition according to types of sensory-stimuli cue in serial reaction time task. *J Kor Phys Ther.* 2014;26(3):191-5.
10. van Vliet PM, Wulf G. Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence? *Disabil Rehabil.* 2006;28(13-14):831-40.
11. Magill RA, Anderson D. *Motor learning and control: Concepts and applications.* 11th ed. New York, McGraw-Hill, 2007:393-403.
12. Solmon MA, Boone J. The impact of student goal orientation in physical education classes. *Res Q Exerc Sport.* 1993;64(4):418-24.
13. Cirstea CM, Ptito A, Levin MF. Feedback and cognition in arm motor skill reacquisition after stroke. *Stroke.* 2006;37(5):1237-46.
14. Fasoli SE, Tromly CA, Ticle-Degned L, et al. Effects of instructions on functional reach in pers with and without cerebrovascular accident. *Am J Occup Ther.* 2002;56(4):380-90.
15. Thorpe DE, Valvano J. The effects of knowledge of performance and cognitive strategies on motor skill learning in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2002;14(1):2-15.
16. Weeks DL, Kordus RN. Relative frequency of knowledge of performance and motor skill learning. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69(3):224-30.
17. Lai Q, Shea CH. Bandwidth knowledge of results enhances generalized motor program learning. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70(1):79-83.
18. Winstein CJ, Schmidt RA. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1990;16(4):677.
19. Levitt S. *Treatment of cerebral palsy and motor delay.* 4th ed. Oxford, John Wiley & Sons, 2013:15-33,76-85.
20. Ford P, Hodges NJ, Williams AM. Examining action effects in the execution of a skilled soccer kick by using erroneous feedback. *J Mot Behav.* 2007;39(6):481-90.
21. Buekers MJ, Magill RA, Hall KG. The effect of erroneous knowledge of results on skill acquisition when augmented information is redundant. *Q J Exp Psychol.* 1992;44(1):105-17.