

Reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) for Assessment of Stroke Patients

Jong Dae Lee¹, Young Mi Kim², Kyung Kim³, Da Hyun Koh², Myeong Su Choi², Ho Jung Lee²

¹Department of Physical Therapy, Pohang College, Pohang; ²Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University; ³Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University, Gyeongsan, Korea

Purpose: This study attempted to determine intra-rater reliability and inter-rater reliability for measurement of foot form using the FPI-6 (Foot Posture Index) in patients with hemiplegia caused by stroke.

Methods: Twenty two stroke patients were recruited into the research and their foot posture was evaluated using the FPI. Two raters assessed 6 items sequentially in accordance with the FPI-6 manual. This procedure involved asking the subject to take several steps in-place, prior to settling into a comfortable stance position with double limb support. Subjects were instructed to stand still with their arms by their sides and look straight ahead. FPI-6 values ranged from -2 to +2 for each of the six criteria and from -12 to +12 for the total score, indicating a position for each foot either along the supinated (negative score) to pronated (more than +6) continuum of foot posture.

Results: The results showed that intra-rater reliability and inter-rater reliability for a total FPI-6 score was high: 0.807-0.888. An almost perfect agreement between the two raters was identified in the foot's morphological classification (Somers's D = 0.712; $p < 0.05$). Intra-percentage agreement was high (88.6%).

Conclusion: The FPI-6 is a quick, simple, and reliable clinical tool with demonstrated good to excellent intra-rater reliability and good inter-rater reliability when used in assessment of the stroke patient's foot.

Keywords: Foot posture index, Reliability, Stroke

서론

뇌졸중은 뇌에 공급되는 혈류가 차단되거나 출혈로 인한 장애가 발생하며,¹ 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 일반적인 증상은 근육의 약화와 감각의 변화로 인해 몸통조절의 어려움, 균형의 불안정성, 보행 능력의 저하, 일상생활 기능 동작의 어려움과 같은 운동기능 장애 등이다.² 그리고 마비측의 비사용으로 인해 척추관절의 구조적 부정렬이 발생하며 이로 인해 몸통의 근 약화를 일으켜 불균형적인 자세를 취하게 된다.³ 이러한 뇌졸중 환자의 바르지 못한 자세정렬은 좌·우 비대칭을 더욱 증가시켜 균형과 보행의 질적 저하를 야기하게 된다.⁴

발목관절은 보행 시 신체의 전신에 필요한 추진력과 진행 방향을 제공하고, 이때에 발생하는 물리적 충격을 흡수하며, 체중을 지지하고 지면에 대한 적응 및 신체의 중심 이동에 반응하여 균형을 유지하고, 균형 유지를 위하여 발목 전략(ankle strategy)이 발생하는 곳으로 중요성이 강조되는 관절 중 하나이고,⁵ 보행 시 발목관절의 움직임은

에너지 효율을 높여 보다 쉬운 보행을 할 수 있도록 작용하므로 이를 위해서는 충분한 발목관절 가동범위와 근력이 필요하다.⁶

한편 뇌졸중 환자의 발목관절에 관한 선행연구는 발목 등쪽 굽힘의 관절 가동범위가 감소되면 바닥에 발을 고정하기 힘들어져 마비측으로 체중이동이 어려워지고 비대칭적인 체중 분포를 보이며,⁷ Yoon 등⁸은 뇌졸중 환자는 선 자세에서 발목의 불균형과 마비측 하지의 부적절한 근육 동원으로 인한 앞발 또는 발의 바깥쪽에 체중을 신는 경향을 보여 마비측 다리의 지지면이 감소된다고 보고하였다. 또한 편마비 환자의 마비측의 발목은 비마비측에 비해 뒤침된 발(supinated foot)의 경향을 보이며, 정상인에 비해서도 그러한 것으로 나타났다.⁹

발의 형태를 평가할 수 있는 방법 중, 발 자세 지수(Foot Posture Index, FPI)는 임상에서 짧은 시간에 발의 형태를 구분할 수 있는 방법으로 발의 형태가 엮침된 발(pronated foot), 뒤침된 발(supinated foot) 또는 정상발(neutral foot) 중 어떤 상태에 있는지를 객관적인 수치로

Received Sep 15, 2015 Revised Oct 12, 2015

Accepted Oct 14, 2015

Corresponding author Young Mi Kim

E-mail h1015m@naver.com

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.

나타내기 위해 만들어진 진단학적 도구이다.¹⁰ 선행 연구를 살펴보면 하지의 골 관절염 환자의 발 자세 지수는 과사용으로 인한 하지의 다양한 손상과 무릎관절염의 발생과 연관성을 보이며,¹¹ Forghany 등¹²은 뇌졸중 환자의 발 자세 지수가 다리 근육의 약화와 강직, 그리고 보행의 제한과 연관이 있다고 하였다. 이처럼 선행된 연구들에서 정상인들의 발목 관절에서 발생하는 구조적인 문제로 인한 다양한 기능적인 문제점들이 발생한다는 결과는 많이 있지만, 뇌졸중 후 발생하는 신경학적인 문제와 구조적인 문제가 발바닥의 변형에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 편이며,⁹ 발 자세 지수에 대한 측정자 간 신뢰도(Inter-rater reliability)와 측정자 내 신뢰도(Intra-rater reliability)에 대한 연구가 국내에는 부족한 것으로 보인다. 따라서 본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 발 형태 평가를 위해 발 자세 지수(Foot Posture Index, FPI)를 적용하여 측정자 간 신뢰도와 측정자 내 신뢰도를 알아 보고 향후 뇌졸중 환자의 발 평가도구로 사용하고자 한다.

연구방법

1. 연구대상

연구에 참여한 대상자는 포항시에 위치한 S 재활요양병원에 입원하여 치료 중인 뇌졸중환자 22명(남자, 10명; 여, 12명)이었고, 오른쪽 편마비 13명, 왼쪽 편마비 9명이었다. 연구대상자의 평균 연령은 60.1 ± 11.9세였고, 키는 163.1 ± 8.4 cm, 몸무게는 62 ± 10.4 kg, 유병기간은 14.1 ± 4.5개월이었다. 연구대상자의 선정기준은 1) 뇌졸중 발병 후 6개월이 경과한 자, 2) 보조도구의 사용 없이 또는 최소 보조로 50 m 독립보행이 가능한 자, 3) 대상자가 다리나 발의 통증으로 양발로 바로 선 자세를 유지하는 데 어려움이 없는 자, 4) 최근 3개월 이내 다리나 발의 정형외과적 수술이나 질환이 없는 자로 하였다. 연구대상자들에게 실험을 실시하기 전 연구의 목적과 절차에 대하여 설명을 하였고, 참여한 대상자들은 모두 이에 동의를 하였다.

2. 실험방법

1) Foot posture index (FPI-6)

FPI-6는 선 자세에서 발 형태를 정량화하기 위한 평가방법의 하나이다. FPI-6는 선 자세에서 대상자의 앞발(forefoot)과 뒷발(rearfoot)을 관찰을 통해 평가하는 6개의 항목으로 구성되어 있다. 뒷발은 목발뼈 머리의 축지, 가쪽 복사뼈 위와 아래의 만곡, 발꿈치뼈의 안쪽번짐/가쪽번짐을 통해 관찰한다. 앞발은 목발발배관절의 돌출, 안쪽 세로활의 적합성, 뒷발에 대한 앞발의 벌림과 모음을 통해 평가한다. 점수는 -2점에서 +2점의 5점 척도를 사용하며, 전체 점수의 범위는 -12에서 +12이다.¹³ FPI-6 전체 점수에 따라, 10에서 12점은 심한 옆침 발, 6에서 9점은 옆침 발, 0에서 5점은 정상 발, -1에서 -4점은 뒤침 발, -5에서

-12점은 심한 뒤침 발로 분류하였다.¹⁴

2) 연구 절차

이 연구에서는 두 명의 측정자가 평가에 참여하였다. 측정자들은 모두 신경계물리치료를 담당해온 경험이 있는 물리치료사들이었다. 측정자 1과 2의 임상경력은 각각 15년과 8년이었다. 측정자들에게 실험 실시 1주일 전에 FPI-6의 평가목적 그리고 평가 항목과 방법에 대하여 평가 매뉴얼과 데이터시트를 나누어주고, 1시간 동안 교육을 실시하였다. 다음 날부터 매일 1명씩 평가 연습을 실시하도록 하였다. 평가 연습 대상자는 이 연구의 대상자에 포함하지 않았다. FPI-6를 이용하여 평가하기 전 대상자의 환자복 바지를 무릎까지 충분히 걷어 올려 발목과 발을 관찰할 수 있도록 하였다. 그 다음 제자리에서 몇 걸음 걷도록 한 후 편안하게 두 발로 서도록 하고, 팔은 옆에 붙인 상태에서 앞을 똑바로 보도록 지시하였다. 검사가 끝나기까지 2분 정도 그대로 유지하도록 주의를 주었다. 평가는 한 명의 측정자가 양발을 평가하고 난 후 10분간 휴식 후 다음 측정자가 평가를 실시하였다. 그 순서는 무작위로 실시하였다. 측정자들은 데이터시트의 6개의 항목을 순서대로 FPI-6 사용자 매뉴얼에 따라 평가하였다.¹⁴ 평가는 첫째 날, 셋째 날, 다섯째 날 같은 시간대에 동일한 방법으로 실시하였다. 측정된 기록은 이전의 평가 결과나 다른 측정자의 평가 기록을 참고할 수 없도록 가림을 하도록 하였다.

3. 자료분석

대상자의 일반적인 특성은 기술통계량 분석을 이용하였다. 뇌졸중 환자의 발에 대한 FPI-6의 측정자 내 신뢰도(intra-rater reliability)와 측정자 간 신뢰도(inter-rater reliability)를 분석하기 위하여 급내상관계수(intraclass correlation coefficients, [ICC(2,1)])와 95% 신뢰구간(confidence intervals, CI)을 이용하였다. 신뢰도 분석을 위해 모형은 이차원 변량(two way random model), 유형은 절대동의(absolute agreement)를 선택하였다. 측정의 표준오차(standard error of measurement, SEM)는 $SEM = SD * \sqrt{(1-ICC)}$ 수식을 이용하여 계산하였다.¹⁵ 급내상관계수의 결과는 낮음(poor, 0.0-0.50), 중간(moderate, 0.51-0.75), 높음(good, 0.76-0.90), 아주 높음(excellent, 0.91-1.00)으로 해석하였다.

측정자들이 평가한 3회의 FPI-6의 값을 평균하여, 5개의 발 형태의 수준으로 분류하여 두 측정자 간의 관련성을 알아보았다. 오른발에서 측정자 1과 2 간에 분류의 수준이 달라, Kappa로 분석할 수 없어, Somer's D를 이용하여 측정자 간의 관련성을 분석하였다.¹⁶ 그리고 두 측정자 간의 분류 값의 차이를 계산하여, 빈도분석을 통하여 두 측정자 간의 일치도를 백분율(percentage agreement)로 표시하였다.

자료는 PASW 18.0 (IBM, Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였고, 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

Table 1. The average scores of foot posture index (FPI-6) (n = 44 feet)

	Rater 1	Rater 2
Assessment 1	1.73±2.70	2.05±2.86
Assessment 2	2.23±2.97	1.66±2.81
Assessment 3	2.20±2.78	1.52±2.31

Table 2. Intra-rater reliability of foot posture index (FPI-6) (n = 44 feet)

	ICC	(95% CI)	SEM
Rater 1	0.870	0.786-0.925	0.91
Rater 2	0.909	0.851-0.947	0.74

ICC: Intraclass Correlation Coefficient, CI: Confidence Interval, SEM: Standard error of measurement.

Table 3. Inter-rater reliability of foot posture index (FPI-6) (n = 44 feet)

	ICC	(95% CI)	SEM
Assessment 1	0.807	0.647-0.894	1.12
Assessment 2	0.811	0.655-0.897	1.16
Assessment 3	0.888	0.767-0.942	0.85

ICC: Intraclass Correlation Coefficient, CI: Confidence Interval, SEM: Standard error of measurement.

결 과

1. FPI-6의 측정자 내 및 측정자 간 신뢰도

대상자들의 양발을 평가하여 얻은 44개의 발에 대한 각 측정자들의 평균값들은 Table 1에 나타내었다. 급내상관계수(ICC)를 이용하여 측정자 내의 신뢰도 분석하였다. 측정자 1은 급내상관계수(ICC)가 0.870으로 높은 신뢰도를 나타내었다. 그리고 측정자 2는 급내상관계수가 0.909으로 아주 높은 신뢰 수준을 보였다(Table 2).

측정자 간의 신뢰도 분석에서, 3회의 평가에 따른 측정자 간 급내상관계수(ICC)가 0.807-0.888로 높은 신뢰도를 보였다(Table 3).

2. FPI-6를 이용한 발 형태 분류의 일치

각 측정자들의 FPI-6 측정치에 의한 발 형태의 분류는 Table 4와 같았다. 두 측정자 간에는 비교적 높은 관련성을 보였고(Somer's D = 0.712; p < 0.05), 측정자 간의 일치(percentage agreement)는 88.6%로 높은 편이었다.

고 찰

치료의 효과와 장기 목표에 대한 과정을 평가함에 있어서 신뢰도와 타당도를 두루 갖춘 측정 도구의 사용이 중요하고,¹⁷ 임상에서의 신뢰도에 대한 평가는 검사결과의 해석과 진단과 같은 영역에서 중요하고 려사항이다.¹⁸

임상에서 발 측정에 대한 평가 도구의 신뢰도는 다양한 목적과 다

Table 4. The number of foot types classified by two raters based on average scores of foot posture index(FPI-6) (n = 44 feet)

		Rater 2				
		Highly supinated	Supinated	Normal	Pronated	Highly pronated
Rater 1	Highly supinated	1				
	Supinated		2	2		
	Normal		1	35		
	Pronated			1	1	
	Highly pronated					1

양한 방법으로 주로 소아의 발 평가에서 사용되어왔다.¹⁹⁻²¹ FPI-6의 신뢰도를 연구한 다른 논문들은 주로 정상 성인이나 소아를 대상으로 하였고, 뇌졸중 환자들을 대상으로 FPI-6의 신뢰도를 연구한 논문은 거의 없었다. 따라서, 본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 발 형태 평가를 위해 발 자세 지수(Foot Posture Index, FPI-6)를 적용하여 측정자 간 신뢰도와 측정자 내 신뢰도를 알아보고, 향후 뇌졸중 환자의 발 평가도구로 사용하고자 한다.

세 명의 측정자가 46명의 정상 성인을 측정된 FPI-6의 선행 연구에서, 측정자 간의 신뢰도는 보통의 신뢰도(ICC = 0.57)를 보였고,²² 또 다른 선행연구에서는 30명의 소아를 대상으로 FPI-6로 평가했는데 측정자 간 높은 신뢰도를 보였다(Kw = 0.86).²³ 본 연구에서 FPI-6 총 점수의 측정자 간 신뢰도는 0.807-0.888로 높게 나타났고, 발의 형태 분류에 대한 일치도에서는 측정자 간에 비교적 높은 관련성을 보였다(Somer's D = 0.712; p < 0.05). 또한 측정자 간의 일치(percentage agreement)는 88.6%로 높은 편으로 나타났다.

이전의 또 다른 연구에서 FPI-6는 내적 구성 타당도가 높아 개개의 아이템과 전체의 아이템의 적합성이 뛰어나고 선별연구에서 임상도구로 사용될 만한 충분한 타당도를 가지고 있다고 나타났다.²⁴ Park 등은 FPI를 이용하여 정상인 39명과 편마비 환자 33명의 발을 비교한 결과 뇌졸중 환자의 마비측 발은 비마비측 발 또는 정상인의 발과 비교하였을 때 증가된 경직으로 인해 뒤침되어 있고, 경직 측정지수인 Modified Ashworth Scale (MAS)과 FPI의 상관관계가 매우 높게 나타났다. 때문에 저자는 경직이 높고 비정상적인 편마비 환자의 발을 임상에서 간편하게 사용할 수 있는 좋은 평가도구가 FPI-6라고 제시하였다.²⁵ 그리고, 본 연구는 한국의 뇌졸중 환자를 대상으로 신뢰도를 측정해 보았다는 점에 그 의의가 있고 본 연구의 결과는 FPI-6의 신뢰도에 대한 선행 논문의 결과를 뒷받침해 준다.^{13,20,23} 그래서 앞으로 발에 다양한 문제점을 가지는 뇌졸중과 같은 신경계환자들에게도 임상에서의 발 평가 도구로 FPI-6가 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

이 연구는 샘플 사이즈의 수와 측정자의 수가 적은 점이 제한점이다. 편마비 환자의 FPI-6 평가에 있어서 측정자 내와 측정자 간 신뢰도

를 높이기 위해 더 많은 데이터가 수집되어야 될 것으로 사료된다.

Evans 등²⁶은 발 자세와 발목관절의 범위, 발목관절의 범위와 과운동성, 발 자세와 발목관절의 과운동성 사이의 알려진 관계는 가장 유용한 임상적인 평가 방법을 확인하는 것과 관련이 있다고 하였다. 발의 자세와 다양한 손상간의 관계를 설명하는 것은 질환의 예방과 치료적 측면에서 중요하다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구의 결과를 바탕으로 향후 편마비 환자의 발 자세와 발목관절의 범위, 과운동성에 대한 연구가 앞으로 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

1. Kelley RE, Borazanci AP. Stroke rehabilitation. *Neurological research*. 2009;31(8):832-40.
2. Bloomgren G, Richman S, Hotermans C et al. Risk of natalizumab-associated progressive multifocal leukoencephalopathy. *New England Journal of Medicine*. 2012;366(20):1870-80.
3. Brown SH, Vera-Garcia FJ, McGill SM. Effects of abdominal muscle co-activation on the externally preloaded trunk: Variations in motor control and its effect on spine stability. *Spine*. 2006;31(13):E387-E93.
4. Karatas M, Çetin N, Bayramoglu M et al. Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2004; 83(2):81-7.
5. Ko YM, Jung MS, Park JW. The relationship between strength balance and joint position sense related to ankle joint in healthy women. *J Kor Phys Ther*. 2011;23:23-9.
6. Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation*. Mosby, 2002: Pages.
7. Eng JJ, Chu KS. Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2002;83(8):1138-44.
8. Yoon H, Lee S, Lee H. The comparison of plantar foot pressure in normal side of normal people, affected side and less affected side of hemiplegic patients during stance phase. *The Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2009;4:87-92.
9. Jang GU, Kweon MG, Park S et al. A study of structural foot deformity in stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(1):191.
10. Keenan AM, Redmond AC, Horton M et al. The foot posture index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2007;88(1):88-93.
11. Reilly K, Barker K, Shamley D et al. The role of foot and ankle assessment of patients with lower limb osteoarthritis. *Physiotherapy*. 2009; 95(3):164-9.
12. Forghany S, Tyson S, Nester C et al. Foot posture after stroke: Frequency, nature and clinical significance. *Clin Rehabil*. 2011;25(11):1050-5.
13. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The foot posture index. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006;21(1):89-98.
14. Redmond A. *The foot posture index: User guide and manual*. 2005.
15. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the sem. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):231-40.
16. Somers RH. A new asymmetric measure of association for ordinal variables. *American Sociological Review*. 1962;27(6):799-811.
17. Rome K, Ashford RL, Evans A. Non-surgical interventions for paediatric pes planus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010(7):CD006311.
18. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: Use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther*. 2005;85(3):257-68.
19. Macfarlane TS, Larson CA, Stiller C. Lower extremity muscle strength in 6- to 8-year-old children using hand-held dynamometry. *Pediatr Phys Ther*. 2008;20(2):128-36.
20. Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW et al. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2003;93(3):203-13.
21. Gilmour JC, Burns Y. The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot Ankle Int*. 2001;22(6):493-8.
22. Cornwall MW, McPoil TG, Lebec M et al. Reliability of the modified foot posture index. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2008;98(1):7-13.
23. Morrison SC, Ferrari J. Inter-rater reliability of the foot posture index (fpi-6) in the assessment of the paediatric foot. *J Foot Ankle Res*. 2009;2:26.
24. Keenan AM, Redmond AC, Horton M et al. The foot posture index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):88-93.
25. Park JW, Park S. Structural assessment of spastic hemiplegic foot using the foot posture index. *J Kor Phys Ther* 2011 Dec;23(6):55-9.
26. Evans AM, Rome K, Peet L. The foot posture index, ankle lunge test, beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: A reliability study. *J Foot Ankle Res*. 2012;5(1):1.