

뇌졸중 후 편마비 보행에서 단하지 보조기의 효과 — 메타 분석 —

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

김덕용 · 김승기 · 박종범 · 양진규

Effects of Ankle Foot Orthosis on Post-stroke Hemiplegic Gait — A Meta-analysis —

Deog Young Kim, M.D., Ph.D., Seung Ki Kim, M.D., Jong Bum Park, M.D. and Jin Kyu Yang, M.D.

Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

Objective: The aim of this meta-analysis was to investigate the effects of ankle foot orthosis on adult post-stroke hemiplegic patients' walking ability and pattern.

Method: We searched for the case controlled clinical trials about the effects of ankle foot orthosis (AFO) for walking ability and pattern using quantitative gait analysis in adult post-stroke patients, which published between January 1950 and July 2012 in PubMed, and searching engine of Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. The mean standardized difference (MSD) and a 95% confidence interval (CI) were estimated for gait ability and pattern using fixed effect models.

Results: Sixteen of the 56 articles were included in this analysis. The selected studies involved a total of 274 patients. The walking speed, cadence, the portion of double limb supporting, stride length on affected side, the portion of swing period on unaffected side, and symmetry of swing period were improved by AFO. The oxygen cost was decreased by AFO. The AFO did improve ankle dorsiflexion at initial contact, maximal ankle dorsiflexion at swing phase, but the ankle plantar flexion at push-off did not.

Conclusion: The ankle foot orthosis has some evidence to improve the walking ability and gait pattern in post-stroke hemiplegic patients. (**Brain & NeuroRehabilitation 2013; 6: 1-8**)

Key Words: gait, hemiplegia, meta-analysis, orthotic devices, stroke

서 론

뇌졸중은 가장 흔한 성인 장애를 일으키는 질환으로 환자들 중 70~80% 환자에서 보행이 가능하다고 알려져 있으나, 보행이 가능한 환자 중에 대부분의 환자에서 비정상적인 보행 양상을 보인다. 발병 후 3개월에는 반 수의 환자에서 정상인에 비해 보행 속도가 떨어지고, 약 54~80%의 환자에서 보행 장애를 보이는 것으로 알려져 있다.¹ 이러한 보행 장애를 해결하는 것은 뇌졸중 재활에서 매우 중요한 영역 중에 하나이다. 뇌졸중 후 가장 특징적인 비정상적인 보행양상은 유각기 동안 슬관절이 굴곡이 감소되는 뻣다리 보행(stiff-knee gait), 입각기 동안 슬관절이 과신전 되는 전반슬(genu recurvatum), 입각기에서

배측 굴곡의 감소와 유각기에 과도한 족저굴곡이다.^{2,3} 또한 보행속도가 감소하고, 분속수와 활보장이 감소하고, 양하지 지지기가 증가되며, 건측에 비해 마비측의 입각기 기간이 짧다.^{4,7} 이러한 비정상적인 보행양상에 의해 에너지 소모가 증가되게 되어,⁸ 보통 산소 소모율(O₂ rate)은 정상인의 보행에 비해 큰 차이는 없으나, 산소 소모비(O₂ cost)는 정상인의 4배 이상으로 보행 시 매우 많은 에너지가 소모되게 된다. 이러한 비정상적인 편마비 보행(hemiplegic gait)은 선택적 근육 조절 능력의 소실과 느린 움직임 및 이를 보상하려는 건측의 작용에 의하거나,⁵ 근력 약화 및 균형 감각의 소실 때문이라 설명되고 있다.⁹

이러한 비정상적인 보행을 관찰하고 비정상적인 지표를 정량화하고, 그 원인을 찾아내어, 병력과 이학적 검사로부터 얻은 피검자의 다른 정보를 관찰자의 지식과 경험을 조합하여 종합하는 것을 보행분석이라고 한다. 이러한 보행 분석은 근골격계 질환뿐만 아니라 신경계 질환에서 임상적으로 보행 이상 유무 및 이상 정도를 파악하고, 이

교신저자: 김덕용, 서울시 서대문구 성산로 250
☎ 120-752, 연세대학교 세브란스병원 재활의학과
Tel: 02-2228-3714, Fax: 02-363-2795
E-mail: kimdy@yuhs.ac

를 일으키는 원인을 규명하고, 나아가 치료에 대한 평가 하는데 유용하게 이용된다.

지금까지 알려진 보행 분석 방법은 기술적인 보조장비 없이 할 수 있는 관찰적 분석(observational analysis)에서 부터 복잡하고 값이 비싼 장비를 사용하는 삼차원 동작 분석(three dimensional motion analyses)에 이르기까지 다양하다.^{10,11} 보행분석은 측정하려고 하는 주체에 따라 시공간적 지표 분석(spatiotemporal analysis), 운동형상학적 분석(kinematic analysis), 운동역학적 분석(kinetic analysis), 동적 근전도(dynamic electromyography), 및 에너지 소비량 측정(energy expenditure measurement)으로 나누어 생각할 수 있다.¹²

뇌졸중 후 비정상적인 보행양상 중에서 유각기 동안의

족저굴곡 현상(ankle equinus)은 보통 족관절 배측굴곡의 약화나 족저굴곡근의 경직 또는 구축에 의해 나타나게 되며, 유각기 동안 발끝림 현상을 초래하고, 족저굴곡근의 경직 또는 구축의 경우 입각기에서는 슬관절의 과신전을 초래하게 된다. 이러한 유각기 동안의 과도한 족저굴곡 현상을 해결하기 위한 방법으로 기능적 전기자극이나 단하지 보조기 등이 소개되고 있다. 이 중 단 하지 보조기는 임상적으로 가장 널리 이용되고 있는 방법으로 유각기에 발끝림이 있는 편마비 환자나 족관절의 내외측의 불안정, 근육 불안정 및 경직성 편마비 환자 등에게 사용하여 보행 중 발뒤꿈치 접지를 유발하고, 발목의 내외측이 불안정할 때 환측의 입각기를 정상화시키며, 진출을 도와주고, 유각기 중 발끝림을 방지하며, 하지의 움직임도 좀더 대칭적으

Table 1. Major Information of Selected Sixteen Clinical Trials

Authors	Journal	Subject	Study design	Types of orthosis	Familiarization	Measure
Hesse S	Int J Rehabil Res (1996)	19 subacute/chronic pts	Within group	Rigid double-stopped AFO	Immediate	Temporospatial
Hesse S	Stroke (1999)	21 subacute/chronic pts	Within group	Rigid double-stopped AFO	Immediate	Temporospatial
Tyson SF	Clin Rehabil (2001)	25 subacute, chronic pts	Cross-over	Hinged PLS	Immediate	Temporospatial
Danielsson A	J Rehab Med (2004)	10 chronic pts	Within group	Carbon composite AFO	Immediate	Temporospatial, Energy consumption
Wit DC	Clin Rehabil (2004)	20 chronic pts	Within group	Non-articulated AFO	Immediate	Temporospatial
Franceschini M	Clin Rehabil (2003)	9 chronic pts	Within group	AFO	Immediate	Temporospatial, Energy consumption
Gok H	Clin Rehabil (2003)	12 subacute/chronic pts	Within group	Plastic, Metallic AFO	Immediate	Temporospatial, Kinematic
Marcus P	Clin Rehabil (2006)	28 subacute pts	Within group	Semi-rigid double-stopped AFO	Immediate	Temporospatial
Thijssen DH	Arch Phys Med Rehabil (2007)	27 chronic pts	Within group	HKAFO	3 weeks	Temporospatial, Energy consumption
Chen CC	Arch Phys Med Rehabil (2010)	14 subacute/chronic pts	Cross-over	Anterior/posterior AFO	Immediate	Temporospatial, Kinematic
Yamamoto S	Prosthet Orthot Int (2011)	10 chronic pts	Cross-over	AFO with oil damper	3 weeks	Temporospatial, Kinematic
Erel S	Clin Rehabil (2011)	14 chronic pts	Within group	Dynamic AFO	3 months	Temporospatial
Kim MJ	J Korean Acad Rehab Med (1994)	30 subacute/chronic pts	Within group	Posterior leaf-spring AFO	Immediate	Temporospatial
Jang SJ	J Korean Acad Rehab Med (1999)	15 chronic pts	Within group	5 degree Ankle DF AFO	Immediate	Temporospatial, Kinematic
Chon JS	J Korean Acad Rehab Med (2000)	10 subacute/chronic pts	Within group	Hinged PLS	Immediate	Temporospatial, Kinematic, Energy consumption
Rah UW	J Korean Acad Rehab Med (2001)	10 chronic pts	Within group	PLS	Immediate	Temporospatial, Energy consumption

pts: patients, AFO: ankle-foot orthosis, PLS: posterior leaf spring.

로 만들어 보폭 및 보행 속도를 증가시키고 가능한 적은 에너지의 소모로 정상에 가까운 보행을 도와주는 것으로 알려져 있다.^{6,9,13-17} 그러나 아직 단하지 보조기에 대한 임상연구는 많으나, 메타분석을 통한 유용성에 대한 증거를 입증하고자하는 노력은 아직 부족하다. 이에 저자는 본 글에서 메타분석을 이용하여 단하지 보조기가 뇌졸중 후 편마비 보행에 어떤 효과를 나타내는지 객관적인 증거를 알아보하고자 하였다.

본 론

뇌졸중 후 편마비 환자의 보행에 단하지 보조기의 효과에 대한 체계적인 문헌 고찰을 위한 문헌 검색은 PubMed (www.pubmed.com)와 대한재활의학회지 홈페이지의 검색 엔진을 이용하였다. PubMed에서의 문헌 고찰을 위한 검색 식은 (cerebrovascular accident OR CVA OR intracranial hemorrhage OR ICH OR cerebral infarction OR stroke OR hemiplegia) AND (gait) AND (orthosis)로 하였

고, 또한 18세 이상 성인, randomized controlled trial으로 제한하여 검색하였고, 검색기간은 2012년 7월까지로 제한하였다. 그 결과 46편의 논문이 검색되었고, 이중 상지 보조기 등 단하지 보조기 이외의 다른 보조기에 관련된 논문이나, 영어나 한국어가 아닌 다른 언어로 기술된 경우, 관찰 연구이거나 객관적이고 정량화된 보행 지표의 평균 및 표준편차가 제시하지 않은 경우, 적절한 대조군이 제시되어 있지 않은 경우를 제외하여 12편 논문을 선택하였다. 또한 대한재활의학회지 홈페이지에서 같은 방법으로 검색하여 10편의 논문이 검색되었고, 동일한 제외기준에 의해 6편의 논문을 제외하고 4편의 논문을 선택하여 국외 12편, 국내 4편 총 16편의 논문을 메타분석을 위해 선정하였다(Table 1).^{13,15,18-31} 문헌 검색 및 선택 기준 적용은 2명의 연구자가 독립적으로 수행하였다.

분석할 보행 지표 선정은 최소한 두 편 이상의 연구가 있는 경우로 한정하였고, 메타분석은 Comprehensive Meta Analysis V2 프로그램(Biostat, Englewood, USA)을 이용하여 고정 효과 모델(fixed effect model)로 분석하였

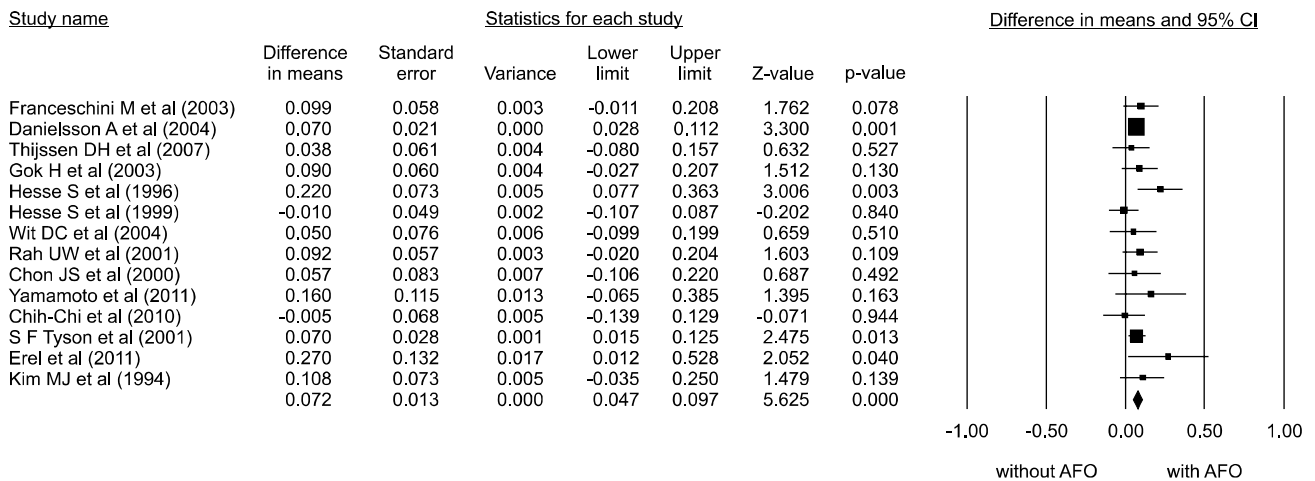


Fig. 1. Comparison of walking speed (m/sec) between with and without AFO.

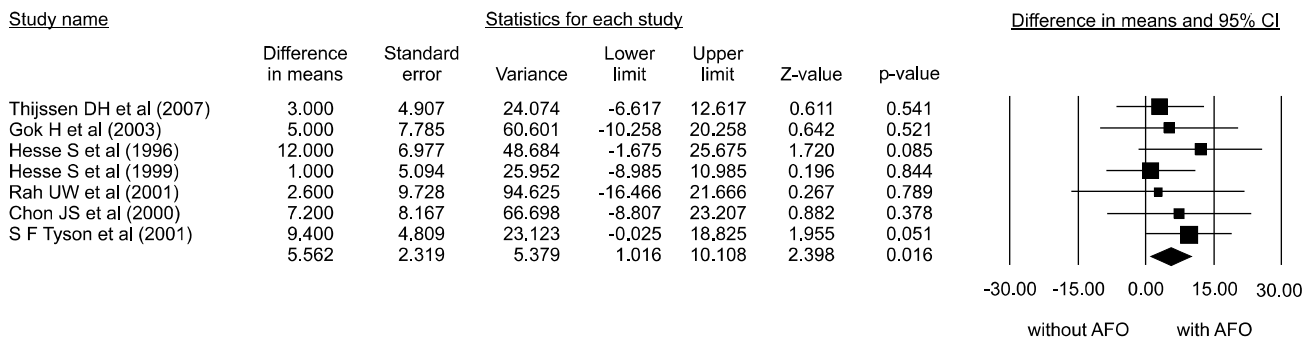


Fig. 2. Comparison of cadence (step/min) between with and without AFO.

고, 여러 연구들의 결과의 분석 값은 평균 표준 차이(mean standardized difference)와 95% 유의 구간으로 표시하였고, p 값이 0.05미만인 것을 통계학적 의미가 있는 것으로 정의하였다.

1) 시공간적 지표

단하지 보조기를 착용시, 미 착용시에 비해 보행 속도는 평균 0.07 m/sec (95% 유의구간 0.05~0.10)만큼 유의있

게 증가되었고(p = 0.000), 분속수 또한 평균 5.56 step/min (95% 유의구간 1.02~10.11)만큼 유의하게 향상되었다(p = 0.016) (Fig. 1, 2). 평균 이환 측 활보장의 차는 7.89 cm (95% 유의구간 2.38~13.40)로 보조기 착용시, 미 착용시에 비해 유의하게 향상되었으나(p = 0.005) (Fig. 3), 정상 측 활보장은 1개의 연구밖에 없어 분석을 하지 못하였고, 이환 측 및 정상 측 모두에서 보폭은 단하지보조기 착용 여부에 따른 유의한 차이를 보이지 않았

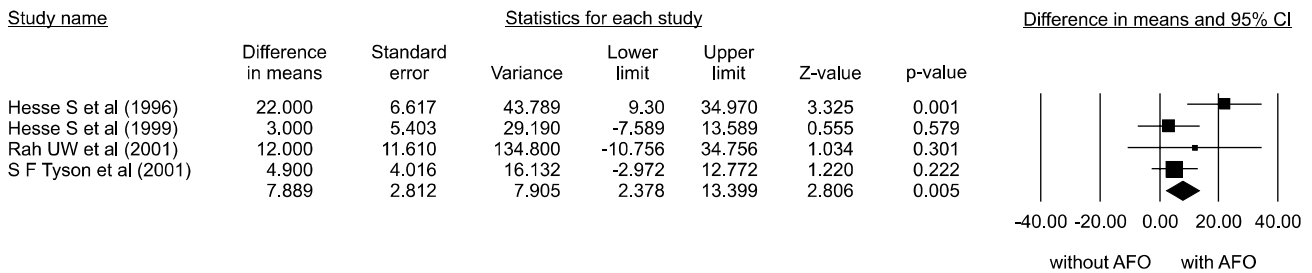
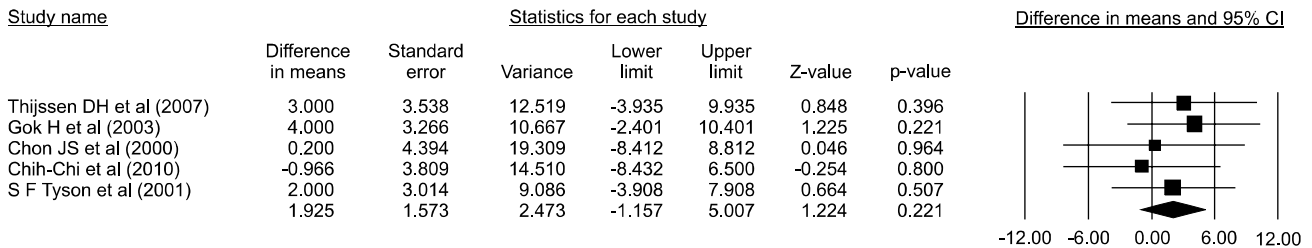


Fig. 3. Comparison of stride length (cm) on affected side between with and without AFO.

A Affected side



B Unaffected side

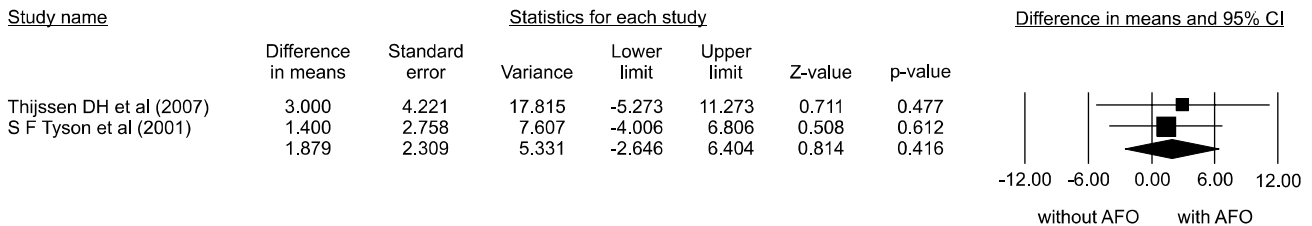


Fig. 4. Comparison of step length (cm) between with and without AFO (A: affected side, B: unaffected side).

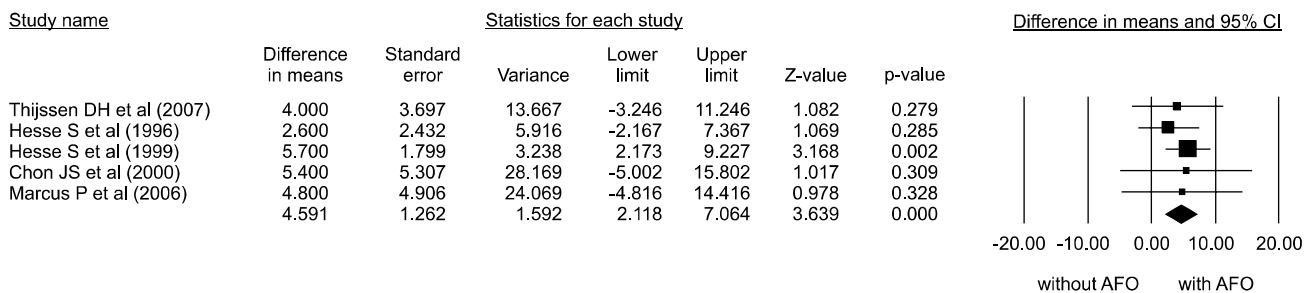
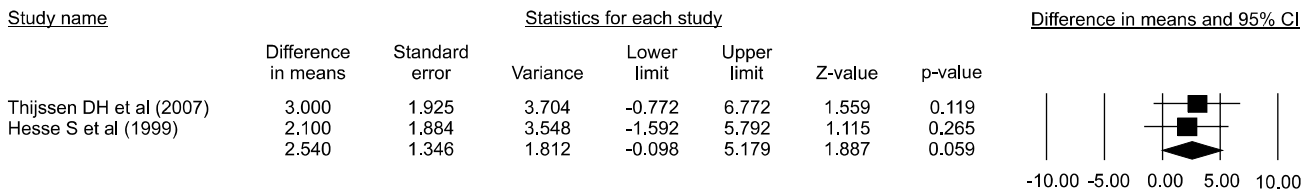


Fig. 5. Comparison of double supporting time (%) between with and without AFO.

A Portion of stance phase



B Portion of swing phase

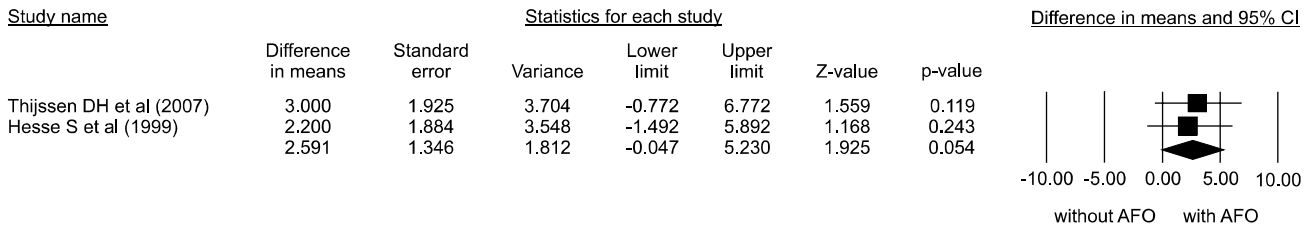
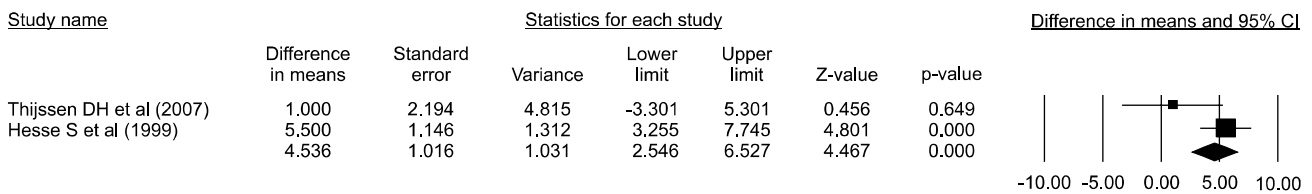


Fig. 6. Comparison of portion of phase (%) on affected side between with and without AFO (A: portion of stance phase, B: portion of swing phase).

A Portion of stance phase



B Portion of swing phase

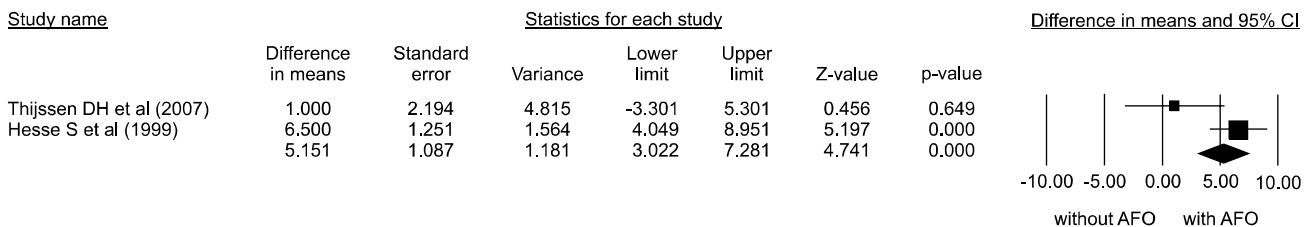


Fig. 7. Comparison of portion of phase (%) on unaffected side between with and without AFO (A: portion of stance phase, B: portion of swing phase).

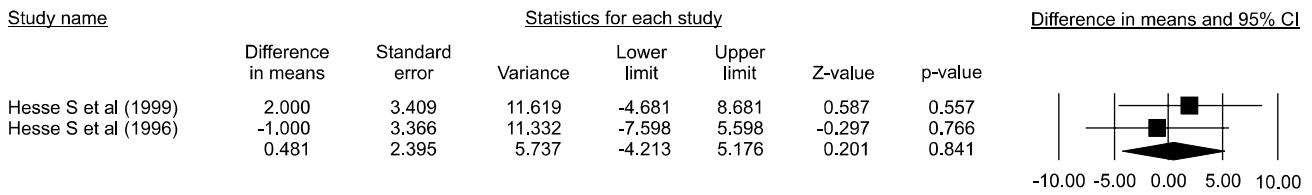
다($p = 0.221$) (Fig. 4). 평균 양하지 지지기의 비중은 보조기 착용시 미착용시에 비해 4.59% (95% 유의구간 2.12~7.06) 유의하게 감소하였다($p = 0.000$) (Fig. 5). 이환 측 평균 입각기 비중은 보조기 착용시 2.54% (95% 유의구간 -0.10~5.18) 감소하는 경향을 보였고($p = 0.059$), 평균 유각기 비중은 2.59% (95% 유의구간 -0.05~5.23) 증가하는 경향($p = 0.054$)을 보였으나 단하지 보조기 착용 여부에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 6). 반면 정상 측 평균 입각기 비중은 보조기 착용시 미 착용시에 비해 4.54% (95% 유의구간 2.55~6.53) 유의하게 감소하고($p = 0.000$), 평균 유각기 비중은 5.15% (95% 유의구간 3.02~7.28) 유의하게 증가함을 알 수 있었다($p = 0.000$)

(Fig. 7). 단 하지 보조기 착용 여부에 따른 평균 입각기 대칭성의 차는 0.48% (95% 유의구간 -4.21~5.18)로 유의한 차이를 보이지 않았으나($p = 0.841$), 평균 유각기 대칭성의 차는 11.83% (95% 유의구간 4.43~19.22)로 보조기 착용시 유의하게 대칭적이 됨을 알 수 있었다($p = 0.002$) (Fig. 8).

2) 에너지 소모량

평균 산소소모율(O_2 rate)은 단하지 보조기를 착용시, 미 착용시에 비해 0.07 ml/kg/min (95% 유의구간 -0.45~0.30)만큼 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 보이지 않았고($p = 0.702$), 산소소모비(O_2 cost)는 단하지

A Stance phase



B Swing phase

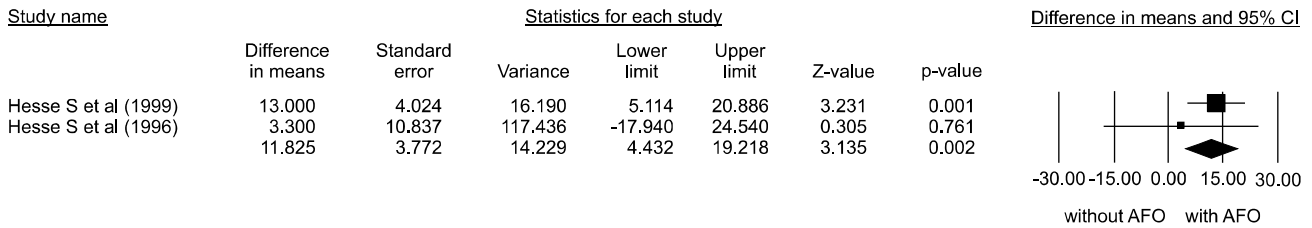
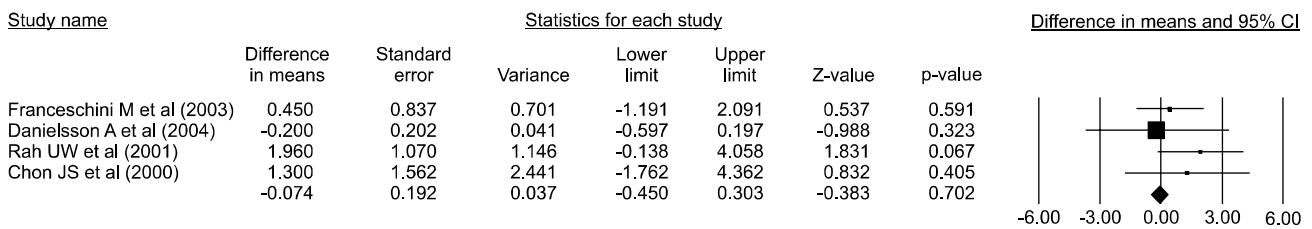


Fig. 8. Comparison of symmetry at swing phase (%) between with and without AFO (A: stance phase, B: swing phase).

A Oxygen rate



B Oxygen cost

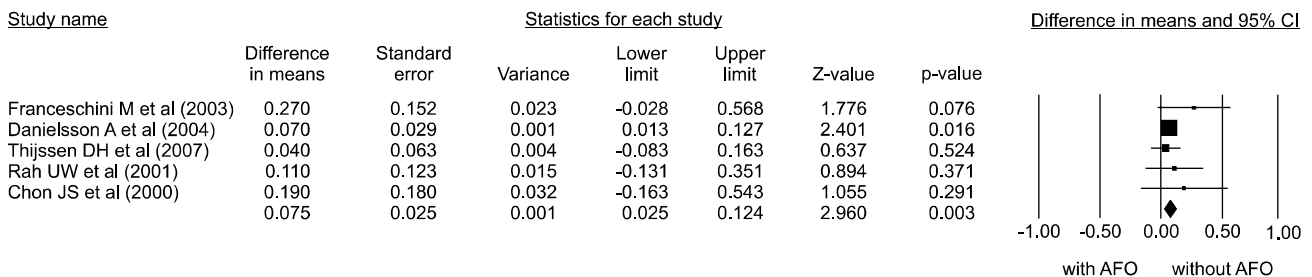


Fig. 9. Comparison of energy consumption between with and without AFO (A: oxygen rate (ml/kg/min), B: oxygen cost (ml/kg/m)).

보조기를 착용시, 미 착용시에 비해 평균 0.08 ml/kg/m (95% 유의구간 0.03~0.12)로 유의하게 감소하였다(p = 0.003) (Fig. 9).

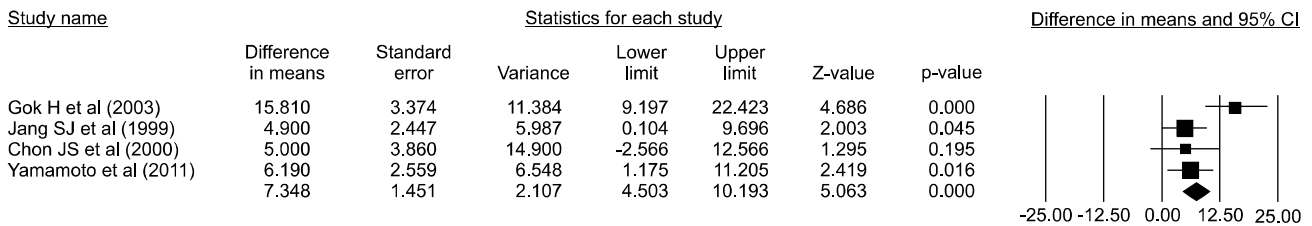
3) 운동형상학적 지표

족관절의 운동형상학적 지표에서 보조기 착용시 미 착용시에 비해 초기 접지기의 족관절 배측굴곡은 평균 7.35° (95% 유의구간 4.50~10.19) 유의있게 향상되었고(p = 0.000), 유각기의 최대 족관절 배측굴곡은 착용시 미 착용시에 비해 평균 8.14° (95% 유의구간 4.76~11.52) 유의하게 향상되었다(p = 0.000) (Fig. 10). 입각기 최대 족관

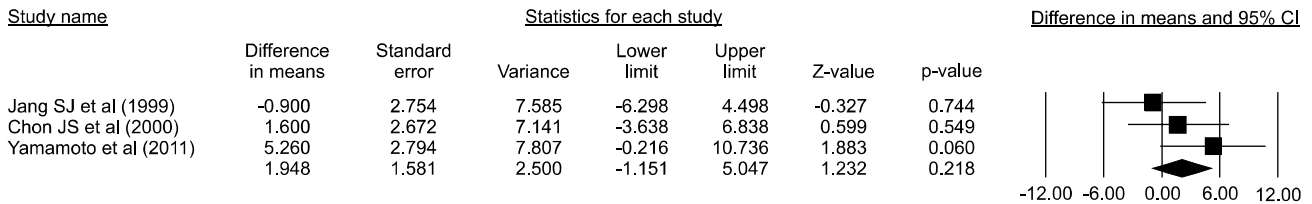
절 배측굴곡은 평균 1.95° (95% 유의구간 -1.15~5.05) 향상되는 경향을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았고 (p = 0.218), 추진기(push off)에서의 족관절 족저굴곡은 평균 1.13° (95% 유의구간 -4.51~2.24) 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 보이지 않았다(p = 0.437) (Fig. 10). 그밖에 슬관절 및 고관절, 골반의 운동형상학적 지표에서는 양 군간에 유의한 차이를 보이지 않았거나, 자료가 적어 분석하지 못하였다.

본 연구의 제한 점은 다음과 같다. 첫째, 단하지 보조기의 효과에 대한 선행 메타분석이 없어 직접 비교가 불가능하였다는 점, 둘째, 기존 연구들간의 분석 방법의 차이로

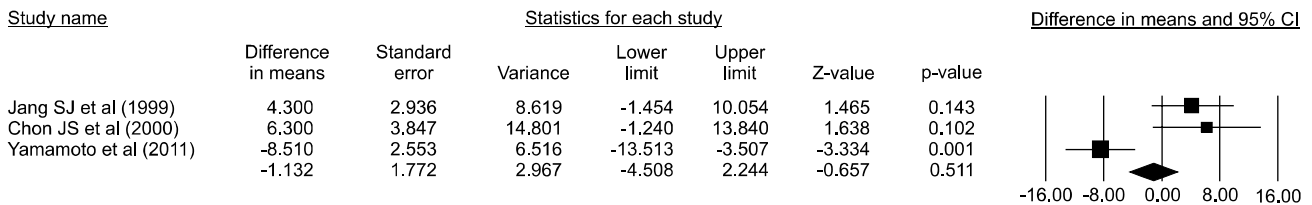
A Ankle dorsiflexion at initial contact



B Maximal ankle dorsiflexion at stance phase



C Ankle plantar flexion at push-off phase



D Minimal ankle dorsiflexion at swing phase

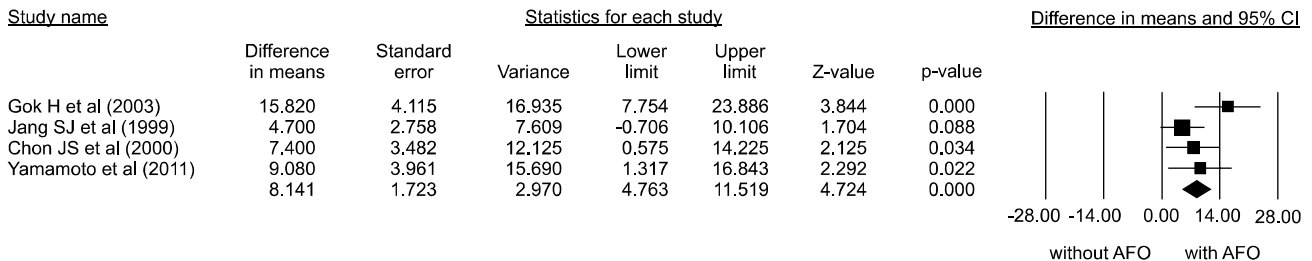


Fig. 10. Comparison of ankle kinematic parameters between with and without AFO (A: ankle dorsiflexion at initial contact (°), B: maximal ankle dorsiflexion at stance phase (°), C: ankle plantar flexion at push-off phase (°), D: maximal ankle dorsiflexion at swing phase (°)).

인해 메타분석이 가능한 연구 논문 수에 한계가 있다는 점, 그리고 분석에 이용된 연구들에 사용된 단하지 보조기의 종류가 다양하여 이로 인한 영향을 충분히 배제하기 어려웠다는 점이다. 하지만 본 연구는 뇌졸중 후 편마비 환자의 보행에 있어서 단 하지 보조기의 효과에 대한 메타 분석을 시행함으로써 단 하지 보조기의 효용성을 시사하는 높은 수준의 근거중심 결과를 제공한 의의가 있으며, 추후연구의 방향성을 제공한 데 의의가 있다 하겠다.

결 론

본 메타 분석을 통해 뇌졸중 후 편마비 환자에서 단하지 보조기가 보행속도의 향상, 보행 효율 개선 및 족 관절의

움직임에 도움을 주는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 분석이 가능한 임상 연구 수가 적어 추후 이에 대한 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Braddom RL. Stroke syndromes. In: Harvey RL, Roth EJ, Yu DT, Celnick P, eds. *Physical Medicine & Rehabilitation*. Philadelphia: Saunders; 2010:1177-1213
- 2) Kim DY, Park CI, Jang YW, Ahn SY, Na SI, Park YS. The relationship between weight-bearing and stiff-knee gait in hemiplegic patients. *J Korean Acad Rehabil Med*. 2004;28:20-25
- 3) Waters RL, Garland DE, Perry J, Habig T, Slabaugh P. Stiff-legged gait in hemiplegia: Surgical correction. *J Bone*

- Joint Surg Am.* 1979;61:927-933
- 4) Brandstater ME, de Bruin H, Gowland C, Clark BM. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983;64:583-587
 - 5) Brunnstrom S. Recording gait patterns of adult hemiplegic patients. *Phys Ther.* 1964;44:11-18
 - 6) Lehmann JF, Condon SM, Price R, deLateur BJ. Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot orthoses. *Arch Phys Med Rehabil.* 1987;68:763-771
 - 7) Wagenaar RC, Beek WJ. Hemiplegic gait: a kinematic analysis using walking speed as a basis. *J Biomech.* 1992;25:1007-1015
 - 8) Olney SJ, Griffin MP, Monga TN, McBride ID. Work and power in gait of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991;72:309-314
 - 9) Perry J. The mechanics of walking in hemiplegia. *Clin Orthop Relat Res.* 1969;63:23-31
 - 10) Kim BO. Methods in clinical gait analysis. *J Korean Acad Rehabil Med.* 1994;18:191-202
 - 11) Yune SH, Kim BO, Lee JW, Park SK, Kim CJ, Park SJ. Analysis of normal gait with a 3-dimensional motion analyzer. *J Korean Acad Rehabil Med.* 1992;16:399-406
 - 12) Perry J, Burnfield JM. Gait analysis system. In: Perry J, Burnfield JM, eds. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function.* Thorofare: SLACK; 2010:403-406.
 - 13) Hesse S, Luecke D, Jahnke MT, Mauritz KH. Gait function in spastic hemiparetic patients walking barefoot, with firm shoes, and with ankle-foot orthosis. *Int J Rehabil Res.* 1996; 19:133-141
 - 14) Corcoran PJ, Jepsen RH, Brengelmann GL, Simons BC. Effects of plastic and metal leg braces on speed and energy cost of hemiparetic ambulation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1970;51:69-77
 - 15) Kim MJ, Lee SA, Kim SK, Sung IY. The study for gait speed of stroke patients: Comfortable versus maximum safe speed. *J Korean Acad Rehabil Med.* 1994;18:736-741
 - 16) Kim YH, Chang IS, Kim BO. Plastic ankle-foot orthosis (afo) for hemiplegic ambulation. *J Korean Acad Rehabil Med.* 1984;8:50-54
 - 17) Yamamoto S, Ebina M, Kubo S, Kawai H, Hayashi T, Iwasaki M, Kubota T, Miyazaki S. Quantification of the effect of dorsi-/ plantarflexibility of ankle-foot orthoses on hemiplegic gait: a preliminary report. *J Prosthet Orthot.* 1993;5:88-94
 - 18) Chen CC, Hong WH, Wang CM, Chen CK, Wu KP, Kang CF, Tang SF. Kinematic features of rear-foot motion using anterior and posterior ankle-foot orthoses in stroke patients with hemiplegic gait. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91:1862-1868
 - 19) Danielsson A, Sunnerhagen KS. Energy expenditure in stroke subjects walking with a carbon composite ankle foot orthosis. *J Rehabil Med.* 2004;36:165-168
 - 20) de Wit DC, Buurke JH, Nijlant JM, Ijzerman MJ, Hermens HJ. The effect of an ankle-foot orthosis on walking ability in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2004;18:550-557
 - 21) Erel S, Uygur F, Engin Simsek I, Yakut Y. The effects of dynamic ankle-foot orthoses in chronic stroke patients at three-month follow-up: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25:515-523
 - 22) Franceschini M, Massucci M, Ferrari L, Agosti M, Paroli C. Effects of an ankle-foot orthosis on spatiotemporal parameters and energy cost of hemiparetic gait. *Clin Rehabil.* 2003;17:368-372
 - 23) Gok H, Kucukdeveci A, Altinkaynak H, Yavuzer G, Ergin S. Effects of ankle-foot orthoses on hemiparetic gait. *Clin Rehabil.* 2003;17:137-139
 - 24) Hesse S, Werner C, Matthias K, Stephen K, Bertheanu M. Non-velocity-related effects of a rigid double-stopped ankle-foot orthosis on gait and lower limb muscle activity of hemiparetic subjects with an equinovarus deformity. *Stroke.* 1999; 30:1855-1861
 - 25) Pohl M, Mehrholz J. Immediate effects of an individually designed functional ankle-foot orthosis on stance and gait in hemiparetic patients. *Clin Rehabil.* 2006;20:324-330
 - 26) Thijssen DH, Paulus R, van Uden CJ, Kooloos JG, Hopman MT. Decreased energy cost and improved gait pattern using a new orthosis in persons with long-term stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88:181-186
 - 27) Tyson SF, Thornton HA. The effect of a hinged ankle foot orthosis on hemiplegic gait: Objective measures and users' opinions. *Clin Rehabil.* 2001;15:53-58
 - 28) Yamamoto S, Fuchi M, Yasui T. Change of rocker function in the gait of stroke patients using an ankle foot orthosis with an oil damper: Immediate changes and the short-term effects. *Prosthet Orthot Int.* 2011;35:350-359
 - 29) Chon JS, Chun SI, Kim DA, Yoon TJ, Seo CH, Seok H, Ohn SH, Chang YC. Comparison of gait analysis and energy consumption between various types of plastic ankle foot orthoses in hemiplegic patients. *J Korean Acad Rehabil Med.* 2000;24:1046-1054
 - 30) Jang SJ, Kim BJ, Kim CW, Kang MJ, Kim BS. Effect of plastic ankle foot orthosis and functional electrical stimulation on hemiplegic gait. *J Korean Acad Rehabil Med.* 1999;23:853-860
 - 31) Rah UW, Yang JI, Lee IY, Park HK, Park SI, Im SH, Moon HW, Cho JR. Effects of plastic ankle-foot orthosis on hemiplegic ambulation. *J Korean Acad Rehabil Med.* 2001;25: 836-841