

편마비 환자에서 플라스틱 단하지 보조기가 보행에 미치는 영향

아주대학교 의과대학 재활의학교실, ¹원진녹색병원 재활의학과,
²순천향대학교 의과대학 재활의학교실

나은우 · 양정인¹ · 이일영 · 박형구 · 박상일²
임선희 · 문혜원 · 조자룡

= Abstract =

Effects of Plastic Ankle-Foot Orthosis on Hemiplegic Ambulation

Ueon Woo Rah, M.D., Jung In Yang, M.D.¹, Il Yung Lee, M.D.,
Hyoung Koo Park, M.D., Sang Il Park, M.D.², Seon Hee Im, M.D.,
Hae Won Moon, M.D. and Ja Ryong Cho, M.D.

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Ajou University School of Medicine,

¹*Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Wonjin Green Hospital,*

²*Department of Rehabilitation Medicine, Suncunheang University College of Medicine*

Objective: This study was performed to investigate the energy expenditure at self-selected comfortable and fast walking speeds with or without plastic ankle-foot orthosis in hemiplegic patients.

Method: Objects of this study were 10 ambulatory hemiplegic patients. To estimate oxygen consumption, we used K2 machine and measured gait speed, stride length, stride frequency, and heart rate energy expenditure index (EEI) with or without plastic ankle-foot orthosis.

Results: Stride length and gait speed of the hemiplegic patients with plastic ankle-foot orthosis significantly increased at their comfortable walking speed pattern. Oxygen consumption, oxygen cost and EEI significantly decreased in hemiplegic patients with plastic ankle-foot orthosis whether their gait speed pattern.

Conclusion: The plastic ankle-foot orthosis is useful for the hemiplegic patients to increase walking speed and to reduce energy expenditure.

Key Words: Hemiplegia, Plastic ankle-foot orthosis, Gait speed, Energy expenditure

서 론

뇌졸중이나 외상성 뇌손상으로 인한 편마비 환자

접수일: 2001년 3월 15일, 게재승인일: 2001년 8월 30일

교신저자: 양정인

의 대부분은 보행 능력의 저하가 동반된다. 편마비 환자의 보행 패턴은 비장애인에 비해 보행 속도가 느리고 마비측은 경직과 더불어 협응력이 떨어지므로 건축의 보상작용이 더욱 요구된다.^{11,13)} 편마비 환자의 보행 능력에 관여하는 요인으로는 지지 수행 능력, 서 있거나 앉은 자세에서의 균형 능력, 관절

구축, 마비측 하지의 수의적 조절 능력, 관절의 위치 감각, 공간 지남력과 인지 능력, 경직의 정도, 단하지 보조기 사용 여부 등^{2,4,6,8,9)}이 있다.

플라스틱 단하지 보조기는 비골근이 약화된 근이 영양증 환자가 발목 관절의 불안정으로 인해 넘어지지 않도록 하기 위해 처음 고안되었으며 현재에는 편마비 환자를 포함하여 말초신경병증, 비골신경손상 등의 환자에게 널리 사용되고 있다.¹³⁾ 편마비 환자에게 플라스틱 단하지 보조기를 착용하였을 경우 보행 중 발뒤축 접지를 유도하고 입각기 중 안정성을 제공하며 진출(push-off)을 도와주고 유각기 중 발가락 끝립을 방지함으로써 보폭을 증가시킬 수 있다.¹⁴⁾ 효과적인 재활 프로그램은 운동과 재활 훈련을 통해 환자가 일을 수행할 수 있는 능력을 증대시키고, 동시에 보조기나 환경 조작을 통해 일상 생활에서 요구되어지는 일(work)의 양을 감소시켜야 한다.¹²⁾ 보행 또한 단순히 걷는 것뿐만 아니라 적은 에너지로 걸을 수 있도록 하는 것이 중요한데¹²⁾ 플라스틱 단하지 보조기의 사용은 보행시 안정성을 제공해줄 뿐만 아니라 편마비 환자의 보행에서 에너지 소모를 감소시키는데 기여할 것으로 예상된다.

플라스틱 단하지 보조기의 유용성에 대한 연구^{3,10,13,14)}로서 보행 속도나 보행 패턴의 변화에 대한 연구들은 많이 이루어졌으나 에너지 소모량 측정을 이용한 연구는 비교적 적었다. 해외 연구에서는 플라스틱 단하지 보조기를 이용하면 편마비 환자의 보행속도를 15% 증가시키고 에너지 소모를 감소시킨다는 보

고¹⁰⁾가 있으나 체격 조건 및 보행 속도가 다른 국내인을 대상으로 한 연구는 미미한 상태이다. 따라서 본 연구에서 뇌졸중이나 외상성 뇌손상으로 인한 편마비로 아주대학교병원 재활의학과에 입원하거나 외래 치료 중인 환자를 대상으로 플라스틱 단하지 보조기(posterior leaf spring type)가 보행 중 에너지 소모 및 보행 속도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

연구대상은 뇌졸중이나 외상성 뇌손상으로 인한 편마비 환자 중 (1) 플라스틱 단하지 보조기가 필요할 정도의 신경학적 손상이 있고, (2) 3분간 보행이 가능하며, (3) 심혈관계, 호흡계, 혹은 근골격계에 활동성 질환이 없으며, (4) 안정시 맥박수가 분당 100회 이하이고, (5) 안정시 혈압이 150/90 mmHg 이하, (6) 마비된 하지에 동맥 부전증이 없고, (7) 검사 방법을 이해하고 협조가 가능한 총 10명을 대상으로 하였다. 대상 환자 중 9명은 뇌졸중이었고 1명이 외상성 뇌손상에 의한 편마비 환자이었다. 편마비 환자 중 6명이 우측 편마비였으며 나머지 4명이 좌측 편마비였다. 대상 환자의 평균 나이는 45.2세이었으며, 유병 기간은 14.2개월이었고, 보조기를 사용한 기간은 평균 12.6개월이었다. 보행시 7명이 지팡이를 이용하였고, 3명은 지팡이 없이 보행하였다. 대상 환자 모두는 Brunnstrom's stage 3이었다(Table 1).

Table 1. Characteristics of Patients

No.	Age	Sex	Cause	Hemiplegia	Duration (months)	A/C ¹⁾	Spasiticty	Duration using PLS (months)	Walking device
1	53	M	stroke	Rt	14	-	G1	13	monocane
2	45	M	stroke	Rt	22	+	G2	21	monocane
3	52	M	stroke	Rt	11	-	G1	10	monocane
4	33	M	stroke	Lt	6.5	+	G1	6	independent
5	51	M	stroke	Lt	7.5	-	G1	7	monocane
6	41	M	stroke	Rt	12	-	G1	1.5	monocane
7	52	M	stroke	Lt	10	-	G1	9	monocane
8	21	F	trauma	Lt	23	-	G1	23	independent
9	57	M	stroke	Rt	14	+	G1	14	monocane
10	47	M	stroke	Rt	22	+	G2	21	independent

1. A/C: Ankle clonus

2) 연구방법

(1) 에너지 소모량 측정: 연구대상자들은 검사 전 최소한 1주일 이상 플라스틱 단하지 보조기를 착용하도록 하였다.⁴⁾ 에너지 소모의 측정은 이동식 산소 소모량 측정기인 K2 (COSMED, Rome, Italy)를 이용하여 산소소모량을 측정하였다.

안정기 에너지 소모는 환자가 5분간 조용히 앉아 있는 후 K2를 착용하고 3분간 측정하였다. 걸을 때의 에너지 소모는 실내 평지에서 환자가 스스로 선택한 편안한 속도와 최대한 빠른 속도로 보조기를 착용한 상태와 착용하지 않은 상태에서 각각 3분간 걷게 하였다. 이 때 처음 2분간은 적응기¹²⁾이고 다음 1분간의 값으로 에너지 소모와 stride length를 측정하였다. 각 검사 사이에는 적어도 5분 동안 쉬고 분당 심박수가 검사 전 심박수 ± 5 가 되면 다음 검사를 시행하였다.⁴⁾ 단하지 보조기의 착용 후 검사 시 같은 신발을 착용하는 것을 원칙으로 하였으나 필요에 따라 보조기를 신은 부위는 다른 크기의 신발을 착용할 수 있도록 하되 같은 종류의 신발을 신도록 하였다.

산소 소모율(oxygen consumption rate)은 1분간 걷는데 소모되는 몸무게 1 kg당 산소 소모량을 의미하고, 산소 소모비(oxygen cost)는 1미터를 걷는데 소모되는 몸무게 1 kg당 산소 소모량을 의미한다.¹²⁾ Stride length는 마지막 1분간 걸은 거리를 stride frequency로 나누어 계산하였다.¹²⁾

(2) 심혈관계 반응 및 에너지 소모지수(energy expenditure index, EEI): 심박수는 K2에 부착된 heart rate sensor를 이용하여 측정하였으며, 에너지 소모지

수(EEI)는 걸을 때와 안정기의 심박동수의 차이를 보행 속도로 나눈 값으로 구하였다.¹⁷⁾

$$\text{에너지 소모지수} = \frac{\text{보행 주 심박수} - \text{안정기 심박수}}{\text{보행 속도}}$$

3) 통계 분석

편마비 환자에서 플라스틱 단하지 보조기의 착용 여부에 따른 보행 속도 및 에너지 소모를 비교하기 위하여 SPSS (statistical package for the social sciences) 통계 프로그램 중 Mann-Whitney test를 이용하여 보조기 착용 여부에 따른 편안한 보행 속도와 최대 보행 속도 사이의 (1) 보폭 및 보행 속도의 비교, (2) 산소 소모율 및 산소 소모비 비교, (3) 심박수 및 에너지 소모지수를 비교하였다.

결 과

1) 보조기 착용에 따른 보행 패턴의 변화

(1) Stride length는 편안한 속도에서는 평균 81 cm에서 93 cm으로 의미있게 증가하였고($p < 0.05$), 최대 보행속도에서는 평균 109 cm에서 114 cm로 증가하였으나 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다.

(2) Stride frequency는 각 속도에서 보조기 착용 여부에 따른 차이를 보이지 않았다.

(3) 보행 속도는 환자가 선택한 편안한 보행 속도에서는 단하지 보조기 착용 후 평균 29.3 m/min에서 34.8 m/min로 의미있게 증가하였다($p < 0.05$). 최대 속도 보행에서는 단하지 보조기 착용 후 평균 49.4 m/sec에서 52.2 m/sec로 증가하였으나 통계적으로 의

Table 2. Comparison of Gait Parameters of according to Walking Speed and Wearing of PLS¹⁾

	Comfortable walking speed		Maximum walking speed	
	Without	PLS ¹⁾	Without	PLS ¹⁾
Stride length (m)	0.81 \pm 0.18*	0.93 \pm 0.32*	1.09 \pm 0.41	1.14 \pm 0.47
Stride frequency (number/min)	36.1 \pm 10.75	37.4 \pm 11.0	45.3 \pm 15.1	45.8 \pm 14.6
Speed (m/min)	29.3 \pm 8.2*	34.8 \pm 7.1*	49.4 \pm 14.8	52.2 \pm 13.6

Values are mean \pm standard deviation.

1. PLS: Posterior leaf spring type ankle-foot orthosis.

* $p < 0.05$

Table 3. Comparison of Parameters of Cardiovascular Response on Comfortable and Maximal Walking Speeds

	Comfortable walking speed		Maximum walking speed	
	Without	PLS	Without	PLS
O ₂ consumption rate (mL/kg/min)	9.70±2.67*	7.74±2.08*	14.8±4.50*	12.0±5.1*
O ₂ cost (mL/kg/m)	0.33±0.27*	0.22±0.28*	0.29±0.09*	0.19±0.04*

Values are mean±standard deviation.
*p<0.05

Table 4. Comparison of Parameters of Cardiovascular Response on Comfortable and Maximal Walking Speeds

	Comfortable walking speed		Maximum walking speed	
	Without	PLS	Without	PLS
EEI	0.97±0.90*	0.77±0.69*	0.88±0.72*	0.74±0.41*
HR ¹⁾	92.1±17.5	89.7±15.4	117.2±10.4*	105.1±7.6*

Values are mean±standard deviation.
1. HR: Heart rate (beat/min).
*p<0.05

미있는 차이를 보이지 않았다(Table 2).

2) 보조기 착용에 따른 에너지 소모량의 변화

(1) 산소 소모율(O₂ consumption)은 안정시 평균 3.89 O₂ ml/kg.min이었고, 편안한 속도에서 보조기 착용시 평균 9.70 O₂ ml/kg.min에서 7.74 O₂ ml/kg.min로 통계적으로 의미있게 감소하였다(p<0.05). 최대 속도 보행의 경우 보조기 착용 후 보행시에 산소 소모율의 평균값은 14.8 O₂ ml/kg.min에서 12.0 O₂ ml/kg.min로 통계적으로 의미있게 감소하였다(p<0.05).

(2) 산소 소모비(O₂ cost)는 편안한 속도에서는 평균 0.33 O₂ ml/kg.m에서 0.22 O₂ ml/kg.m로 의미있는 감소를 보였으며(p<0.05) 최대 보행 속도시에도 산소 소모비의 평균값은 0.29 O₂ ml/kg.m에서 0.19 O₂ ml/kg.m로 통계적으로 의미있는 감소를 보였다(p<0.05)(Table 3).

3) 심혈관계 반응 및 에너지 소모지수

(1) 심박수는 보조기 착용 후 편안한 속도에서 분당 92.1에서 89.7로 감소하였으나 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다. 그러나 최대 보행속도에

서 심박수는 보조기 착용 후 117.2에서 105.1로 통계적으로 의미있는 감소를 보였다(p<0.05).

(2) 에너지 소모지수(단위: beat/min)는 보조기 착용 후 보행할 때 편안한 속도에서는 0.97에서 0.77로, 최대보행속도에서는 0.88에서 0.74로 각각 의미있는 감소를 보였다(p<0.05)(Table 4).

고 찰

뇌졸중이나 외상성 뇌손상으로 인한 편마비 환자에서는 운동 장애, 인지 및 지각 기능 장애, 언어 장애 등으로 인해 일상 생활에 많은 장애가 나타난다.⁶⁾ 이 중에서도 보행 능력의 소실이 편마비 환자가 갖게 되는 최대 상실감이라 할 수 있으며¹⁵⁾ 재활 치료 시 보행을 그 첫째 목표로 지적하기도 하였다.⁸⁾

Corcoran 등¹⁰⁾은 편마비 환자에서 편안한 보행의 속도는 45 m/min로 정상인의 83 m/min보다 46% 정도 느린 것으로 보고하였다. 본 연구에서 보조기를 착용하지 않은 상태에서 편마비 환자의 편안한 보행의 속도는 29.3 m/min로, Corcoran 등의 연구결과보다는 보행속도가 느리게 관찰되었지만 국내의 다른 연

구 결과인 27.6 m/min,¹⁾ 27.4 m/min⁴⁾과 거의 일치하는 결과를 보였다. 이러한 차이는 아마도 우리 나라 사람이 서양인에 비해 신장이 작고 신장에 비하여 다리 길이가 짧기 때문인 것으로 보인다.^{1,4)}

단하지 보조기의 역할은 발뒤축 접지를 유도하고 입각기 중 안정성을 제공하며 진출을 도모하고 유각기 중 발끝림을 방지함으로써 보폭을 증가시키는 것이다.¹⁴⁾ 플라스틱 단하지 보조기는 신발과 함께 사용하였을 때 내번과 외번운동을 방지하고 족배굴곡 또는 족저굴곡을 방지하여 발목관절에 안정성을 제공하여 준다.¹³⁾ 또한 경골을 10도 앞으로 경사를 주어서 발뒤축의 접지 후 무릎 관절의 정상 굴곡력을 증진시키고 입각기에 무릎관절의 과신전(genu recurvatum)을 방지하도록 제작된다.¹³⁾ 족부와 보조기의 전면에 작용하는 지면 반발력은 벨크로 스트랩(velcro strap)을 통하여 경골 근위부의 전면에 작용하여 입각기 중간에 무릎을 신전상태로 유지하는데 도움을 준다.¹³⁾

플라스틱 단하지 보조기의 유용성에 대한 연구^{3,10,13,14)}는 보행 속도나 보행 패턴의 변화에 대하여 많은 연구가 이루어졌으나 에너지 소모량 측정을 이용한 연구는 비교적 적었다. 단하지 보조기의 유용성에 대한 연구를 살펴보면 편마비 환자에서 단하지 보조기 착용 후 평지 보행시 15%의 속도 증가를, 계단 오르기에서 19%, 계단 내려오기에서 23%의 속도 증가를 보인다고 하였다.¹⁰⁾ 본 연구의 결과는 편안한 속도의 보행시 단하지 보조기 착용 후 보행속도가 의미있게 증가하여 이전의 연구와 일치하였다($p < 0.05$). 그러나, 최대 빠른 보행의 속도에서는 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았는데 더 많은 환자를 대상으로 한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 편안한 속도와 최대로 빠른 속도로 보행했을 때 산소 소모비와 에너지 소모지수가 감소하였는데 이는 Corcoran 등¹⁰⁾의 결과와 일치하는 것이었다.

일반적으로 환자가 스스로 선택한 편안한 속도가 에너지 효율면에서 가장 효율적인 속도로 알려져 있다.^{1,4)} 그러나 본 연구 결과는 환자가 빠른 속도로 보행할 때보다 편안하게 걸었을 때 오히려 산소 소모비와 에너지 소모지수가 높게 나타났다. 또한 편마비 환자가 편안한 속도로 걸을 때는 안정기보다 에너지 소모가 약 3~4배 증가한다고 하였는데^{17,16)} 본 연구에서는 편안한 속도로 걸을 때의 산소소모량

이 안정시의 산소소모량의 약 2.44배로 다른 연구자들의 결과보다는 다소 적게 나타났다. 이러한 결과는 본 연구대상자들의 경우 편안한 보행속도는 에너지 소모가 가장 적은 효율적인 보행 속도가 아님을 시사한다. 국내의 연구 중에도 신경학적 회복 상태가 아주 좋은 몇몇 환자에서 비슷한 결과를 보였는데 이는 발생 초기에 신체적 안전을 지키기 위해서 천천히 걷던 습관이 지속되면서 에너지 소모면에서 효율적이지 못한 보행 패턴이 고착된 경우로 보행 형태의 이상만 없다면 좀더 빠른 속도로 걷도록 훈련하는 것이 좋다고 하였다.⁴⁾

보행과 같은 활동에서는 에너지가 주로 호기성 대사 과정(aerobic metabolic pathway)을 통해 공급되어지기 때문에 이러한 활동에서의 에너지 측정 방법으로 산소 소모량을 가장 흔히 사용한다. 일정하게 최대하(submaximal) 수준으로 약 2분 동안 일을 한 후 몸은 항정 상태에 도달하게 되고 그 이후 산소 소모량 수준(level of oxygen consumption)은 조직의 요구량과 일치하고, 심박수와 호흡수가 일정해진다. 이러한 항정 상태에서의 산소 소모량 수준이 실제 에너지 소모비를 반영한다고 한다.¹²⁾ 보행상의 대사 소모량을 측정할 때는, 특히 다른 보조기구들로 인한 에너지 소모량의 증감정도를 비교분석 하고자 할 때에는 보행 속도를 정확하게 조절하는 것이 중요하다.¹⁰⁾ 본 연구에서는 일정한 속도로 걷게 할 수 있는 treadmill을 이용하지 않았고 평지 보행을 선택하였는데 그 이유는 편마비 환자는 보행이 대칭적이지 않고 treadmill에서는 지팡이를 사용하기 어렵고 환자에게 불안감을 증대시켜 에너지 소비를 증대시킬 수 있기 때문이었다.^{4,10)}

에너지 소모지수와 심박수는 에너지 소모량을 타당하게 반영하는 비침습적 지표이다.¹⁷⁾ 에너지 소모지수의 경우 보조기 착용 전후를 비교할 때 편안한 속도와 최대 보행 속도 모두에서 의미있는 감소를 보였지만 심박수의 경우 편안한 속도에서는 통계학적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다. 심박수는 적은 양의 일을 할 때는 에너지 소모량보다는 감정, 피로, 식사, 자세, 체지방에 더 영향을 받는다고 하였으므로 느린 속도의 보행에서는 심박수가 일량을 정확하게 반영한다고 볼 수 없다.⁴⁾ 다른 연구에서도 심박수가 에너지 소모비를 정확하게 반영하지 않는다고 하였다.¹¹⁾ 그러므로 보행의 에너지소모에 대한

측정 지표로서 심박수보다는 에너지 소모지수(EEI)가 더 의미 있다고 할 수 있다.

효과적인 재활 프로그램은 운동과 재활 훈련을 통해 환자가 일을 수행할 수 있는 능력을 증대시키고, 동시에 보조기나 환경 조작을 통해 요구되어지는 일의 양을 감소시켜야 한다.¹⁰⁾ 보행의 효과적인 재활이란 단순히 걷는 것뿐만 아니라 적은 에너지로 걸을 수 있는 것을 의미한다. 플라스틱 단하지 보조기를 비롯한 보조기의 효과를 연구하는데 산소 소모율 및 에너지 소모지수의 측정은 정량적 평가를 가능하게 함으로써 향후 보다 효율적인 보행 재활 프로그램의 기초자료로 이용할 수 있다고 사료된다.

결 론

아주대학교병원 재활의학과에서 입원 혹은 외래 치료 중인 편마비 환자 10명을 대상으로 보행 패턴 및 에너지 소모를 측정하여 산소 소모율, 산소 소모비, stride length, 보행 속도, 에너지 소모지수 등을 비교한 결과 편마비 환자에서 단하지 보조기의 착용은 에너지 소모를 줄이고 보행 속도를 증진시키는 효과가 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 김봉욱, 홍주형, 윤승호: 편마비 환자에서 보행 중 에너지 소모와 physiological cost index의 유용성. 대한재활 의학회지 1996; 20: 39-44
- 2) 김유철, 장순자, 박미연, 박시운: 뇌졸중 환자의 보행에 영향을 미치는 인자. 대한재활의학회지 1992; 16: 443-451
- 3) 백남중, 이종민, 김창원: 편마비 보행시 단하지 보조기의 보정 효과. 대한 재활의학회지 1997; 21(4): 658-668
- 4) 이윤경: 뇌졸중 환자에서 보행 중 에너지 소모. 연대석 사논문, 1998
- 5) 조경자: 보행과 에너지 소모. 대한재활의학회지 1979; 3: 1-4
- 6) Anderson TP: Rehabilitation of patient with complete

- stroke. In: Kottke FJ, Lehmann JF, eds. Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation, 4th ed, Philadelphia; WB Saunder's Company, 1990, pp 656-678
- 7) Bard G: Energy expenditure of hemiplegic subjects during ambulation. Arch Phys Med Rehabil 1963; 44: 368-370
- 8) Bohannon RW: Gait performance of hemiparetic stroke patients: selected variables. Arch Phys Med Rehabil 1987; 68: 777-781
- 9) Brandstater ME, DeBruin H, Gowland C, Clarj BM: Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. Arch Phys Med Rehabil 1983; 64: 583-587
- 10) Corcoran PJ, Jebsen RH, Bregnelmann 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
- 11) Fowler PT, Botte MJ, Mathewson JW, Speth SR, Byrne TP, Sutherland DH: Energy cost of ambulation with different methods of foot and ankle immobilization. J Orthop Res 1993; 11: 416-421
- 12) Gonzalez EG, Corcoran PJ: Energy expenditure during ambulation. In: Downey JA, Myers SJ, Gonzalez EG, Lieberman JS, editors. The physiological basis of rehabilitation medicine, 2nd ed, Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1944, pp413-433
- 13) Jebsen RH, Simons BC, Corcoran PJ: Experimental plastic short leg brace. Arch Phys Med Rehabil 1968; 49: 108-109
- 14) Lehman JF, Condon SM, Price R, deLateur B: Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle foot orthoses. Arch Phys Med Rehabil 1987; 72: 763-771
- 15) Mumma CM: Perceived losses following stroke. Rehabil Nursing 1986; 11: 19-24
- 16) Ralston HJ: Energy-speed correlation and optimal speed during level walking. Int Angrew Physiol 1958; 17: 277-283
- 17) Rose J, Gamble JG, Lee J, Lee R, Haskell WL: The energy expenditure index: a method the quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. J Pediatr Orthop 1991; 11: 571-578