한국전문물리치료학회지 제9권 제1호
KAUTPT Vol. 9 No. 1 2002.

건강한 아동이 걸을 때에 생리학적 소비지수

이향숙
충남대학교병원 재활의학과 작업치료실
김봉옥
충남대학교 의과대학 재활의학교실

Abstract

Physiological Cost Index of Walking in Healthy Children

Lee Hyang-sook, M.P.H., P.T., O.T.
Dept. of Occupational Therapy & Rehabilitation Medicine
Chungnam National University Hospital
Kim Bong-ok, M.D., Ph.D.
Dept. of Rehabilitation Medicine, College of Medicine
Chungnam National University

Physiological Cost Index (PCI) of walking has been widely used to predict oxygen consumption in healthy subjects or patients. The purpose of this study was to evaluate the predictability of physiological cost index of walking for the amount of exercise and cardiac function. Walking exercise was conducted in 67 healthy children (age 4-12) with a self-selected comfortable walking speed on the level surface. Walking speed was calculated, and heart rate was measured before and immediately after the walking. PCI was calculated for statistical analysis. The results were as follows; 1) The walking speed tends to increase and PCI of walking tends to decrease with age. There was significant difference in walking speed and PCI of walking among three age groups ($p<.05$). The change of walking heart rate tends to decrease with age, however, there was no significant difference among three age groups. 2) Linear regression equation between walking speed and age was 'Y (walking speed) = 2.124X (age) + 48.286' (R^2=.337), (p=.00). 3) The walking heart rate tends to decrease with age. Linear regression equation between walking heart rate and age was 'Y (walking heart rate) = 143.346 - 2.63X (age)' (R^2=.3425), (p=.00). 4) The walking heart rate decreased as body surface area (BSA) increased. Linear regression equation between walking heart rate and BSA was 'Y (walking heart rate) = 149.830 - 27.115X (BSA)' (R^2=.3066), (p=.00). In conclusion, these equations and PCI could be useful to quantify the variation of energy expenditure of children with pathological gait when compared with age-matched healthy children.

Key Words: Comfortable walking speed; Healthy children; Physiological Cost Index (PCI); Walking heart rate.

Ⅰ. 서론

운동강도에 따른 에너지 소모량의 측정은 산소 소모율(oxygen consumption rate, VO_2)로 표현되는데 전신의 산소 소모를 반영한다. 산소 소모는 보행 시 에너지 소모를 평가하는데 이용되지만 기구 장착 등의 어려움으로 임상영역에서는 이용하기에 어려움이 많다. 반면 심박수는 비교적 쉽게 측정이 가능한 변수(parameter)로써 최대 이하의 운동강도(submaximal work)에서는 에너지 소모를 쉽게 예측할 수 있으며(McCardle 등, 1976) 많은 연구를 통하여 산소 소모와 심박수간의 선형관계가 있다고 보고하였다(김봉옥 등, 1996; 윤승호 등, 1994; Boyd 등, 1999; Rose 등, 1991, Vokac 등, 1975).

생리학적 소비지수 (Physiological Cost Index: PCI) 에너지 소비지수(Energy Expenditure Index: EEI)는 측정이 쉬운 변수인 심박수와 보행속도를 이용하여 에너지 소모를 보다 쉽게 구할 수 있는 방법이다. 생리학적 소비지수는 보행 시 심박수에서 안정시 심박수를 뺀 값을 보행속도로 나눈 값으로 구할 수 있다. 심박수와 보행속도를 이용한 에너지 소모의 측정은 정상성인과 척수손상, 절단 환자, 뇌졸중환자 등에서 이용하고 있으며 정상아동과 장애아동에서도 보행에 따른 산소 소모와 심박수와의 선형관계를 보고(Rose 등, 1990; Rose 등, 1991)하여 이것이 운동프로그램에 대한 적합성과 적응성을 결정하는 가치 있는 척도라 할 수 있다.

경직형 뇌성마비아는 비장애아보다 많은 에너지를 소모한다(Rose 등, 1989; Rose 등, 1990). 에너지 소모는 장애(disability)의 정도를 정하기 위하여 환자를 평가하고 치료의 평가를 하는데 사용한다. 그 동안 뇌성마비아의 에너지 소모량에 대한 연구는 보행중의 에너지 소모량에 대한 연구가 주로 되어 왔다. 보행 동안의 에너지 소모량은 보행장애를 가진 환자를 평가할 때, 이동 보조장구나 물리치료, 수술 등 치료 중재의 효과를 객관적으로 평가할 때 도움을 준다.

본 연구의 목적은 건강한 아동에서 보행 후 심박수, 휴식 시의 심박수, 보행속도를 측정하여 에너지 소모지수인 생리학적 소비지수를 구하여 장애아동의 평가와 치료에 기준 자료를 제공하고자 한다. 또한 성별, 나이, 키, 몸무게, 다리길이, 체표면적(body surface area: BSA)등의 변수와 심박수, 보행속도, 생리학적 소비지수의 상관성을 알아보고자 실시하였다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 67명의 아동으로, 연령은 만 4세에서 만 12세로 신경근·골격계 및 심폐계의 과거병력이 없는 아동으로 하였다. 연구대상은 나이에 따라 3군으로 나누었다. 제 1군은 만 4세에서 만 6세의 아동으로 23명, 제 2군은 만 7세에서 만 9세의 아동으로 22명, 제 3군은 만 10세에서 만 12세의 아동으로 22명이었다.

2. 자료수집

자료수집은 각각 대상자에게 연구방법에 대해 설명하고 아동의 키, 몸무게, 다리길이(전상장골극에서 발목의 내측 복사뼈까지)를 측정하였다. 심박수 측정 방법은 심박수 측정기(Pacer heart rate moniter)[1]를 사용하여 측정하였다. 심박수 측정기는 신호 전달자(coded transmitter), 탄력끈(elastic strap) 그리고 손목 수신기(wrist receiver)로 구성되어 있으며 착용방법은 상품명이 앞으로 오게 하여 가슴 아래쪽으로 둘러 고정시키고, 손목에 보통시계를 찰 때와 동일하게 손목 수신기를 착용하였다.

1) POLAR®, Polary Electro Oy, Finland

실험의 순서는 먼저 안정시의 심박수를 측정하고 아동이 스스로 선택한 속도로 걷게 하였다. 안정시의 심박수는 앉은 자세로 조용히 5분 쉰 후 심박수를 구하였다. 모든 심박수는 마지막 15초 동안에 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

60 m의 거리를 아동이 선택한 편안한 보통걸음으로 걷게 하고 보행시간과 보행거리, 보행 후 심박수를 측정하여 기록하였다. 보행속도는 보행거리를 보행시간으로 나누어 구하고 보행 후 PCI를 계산하여 기록하였으며 보행시간은 최소한 2분 이상으로 하였다.

보행의 운동에 대한 신뢰도(reliability)는 4명의 대상자를 선정하여 3개월이 지난 후 재검사를 실시하고, 두개의 독립적인 검사를 함께 비교하였다.

3. 조작적 용어 정의

가. 생리학적 소비지수(PCI): 대상자가 선택한 편안한 보행으로 보행 후 심박수에서 안정시의 심박수를 뺀 값을 보행속도로 나눈 값을 나타낸다.

$$\text{PCI (beats/m)} = \frac{\text{보행후 심박수} - \text{안정시 심박수(beats/min)}}{\text{보행속도(m/min)}}$$

나. 편안한 보행; 대상자가 스스로 선택한 습관적인 보통걸음으로 한다.

다. 체표면적 계산은 다음과 같은 공식을 사용하였다.

$$\text{체표면적}(m^2) = \sqrt{\frac{\text{키}(cm)\times\text{몸무게}(kg)}{3600}}$$

4. 통계분석 방법

수집된 자료에서 각 변수별 분포는 세 군으로 나누어 평균과 표준편차를 구하였고, 대상자의 각 변수의 집단간의 차이는 ANOVA를 통해 분석하였으며 성별의 차이는 χ^2 분석을 사용하였다. 키, 나이, 몸무게, 다리길이, 체표면적(BSA) 등의 변수와 에너지 소모량과 어떠한 상관을 보이는지 선형회귀분석(linear regression analysis)으로 분석하였다. 통계분석은 SPSS/PC 통계 프로그램을 이용하였다.

Ⅲ. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

대상자 67명의 평균나이는 8.14세이며 제1, 2, 3군은 각각 5.52, 8.16, 10.86세였다. 성별로는 남자 36명, 여자 31명이었다(표 1). 나이, 체중, 키, 다리길이가 각 군간에 유의한 차이가 있었으며(p<.01) 나이가 증가함에 따라 각 요인들이 증가하였다. 안정 시 심박수는 각

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

	제 1군	제 2군	제 3군
성별(남자/여자)	13/10	14/8	9/13
나이(세)	5.52±.88[a]	8.16±.72	10.86±.81*
키(㎝)	112.22±7.54	127.00±7.65	143.89±6.74*
몸무게(㎏)	21.67±5.44	29.32±5.81	40.27±6.04*
다리 길이(㎝)	56.00±5.35	65.45±4.54	77.73±3.97*
안정시 심박수(beats/min)	99.09±7.57	90.50±8.92	87.55±6.91*

제 1군: 4~6세, 제 2군: 7~9세, 제 3군: 10~12세
*p<.01 [a]평균±표준편차

표 2. 보행속도, 보행 전·후 심박수의 변화, 생리학적 소비지수 비교

	제 1군	제 2군	제 3군
보행속도(m/min)	58.98±5.61[a]	66.67±7.84	71.37±7.43*
보행 전·후심박수 변화(beats/min)	30.83±7.64	30.09±7.65	27.41±8.73
생리학적 소비지수(beats/m)	.52±.12	.45±.13	.38±.11*

보행 전·후 심박수의 변화: 보행 동안 심박수 변화 (보행후 심박수-휴식시 심박수)
*p<.05 [a]평균±표준편차

표 3. 보행 속도, 생리학적 소비지수, 보행 전·후 심박수의 변화의 성별 비교

성별	보행속도(m/min)	생리학적 소비지수	보행 전·후 심박수의 변화(beats/min)
남자	64.63±8.27	.44±.13	28.08±8.08
여자	66.67±9.02	.46±.13	31.06±7.79
계	65.58±8.62	.45±.13	29.46±8.03

군 간에 유의한 차이가 있었으며(p<.01) 나이가 증가함에 따라 감소하였다. 성별 구성비에서는 각 군간에 유의한 차이가 없었다.

2. 보행속도, 보행 전·후 심박수의 변화, 보행 PCI의 각 군간의 비교

평균 보행속도는 65.58±5.61 m/min이었다. 제1, 제2, 제3군은 각각 58.98±5.61, 66.67±7.84, 71.37±7.43 m/min으로 연령이 증가할수록 유의하게 증가하였다(p=.00). 사후검정 결과 1-2, 2-3, 1-3군간에 유의한 차이가 있었다.

보행 전·후 심박수의 평균 변화는 29.46±8.03 beats/min이다. 제1, 제2, 제3군은 각각 30.83±7.64, 30.09±7.65, 27.41±8.73 beats/min으로 연령이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

평균 생리학적 소비지수는 .45±.13 beats/m이었다. 제1, 제2, 제3군은 각각 .52±.12, .45±.13, .38±.11 beats/m으로 연령이 증가함에 따라 유의하게 감소하였다(p=.02). 사후검정 결과 1-3군에서만 유의한 차이가 있었다(표 2).

3. 보행속도, 보행 전·후 심박수의 변화, 생리학적 소비지수의 성별 비교

보행속도, 생리학적 소비지수, 보행 전·후 심박수의 변화의 성별 비교에서 여자가 남자보다 높은 경향을 보였지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 3).

4. 보행속도와 연령과의 관계

보행속도는 대상자의 연령이 증가함에 따라 증가하였다. 연령에 따른 보행속도의 단순회귀식은 Y(보행속도) = 2.124X(연령) + 48.286이고 설명력을 나타내는 R^2=.337이었다(p=.00),(그림 1).

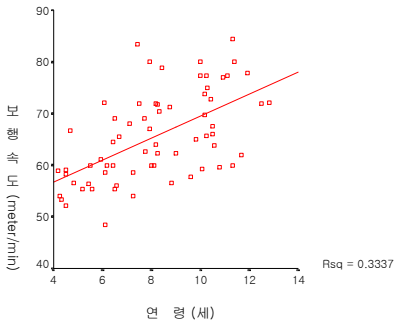

그림 1. 보행속도와 연령과의 단순회귀식

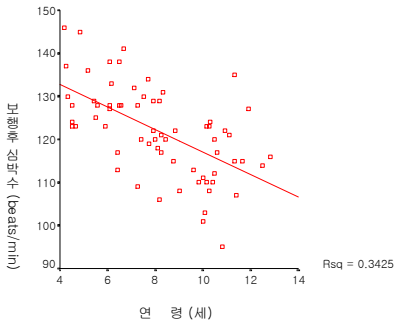

그림 2. 보행 후 심박수와 연령과의 단순회귀식

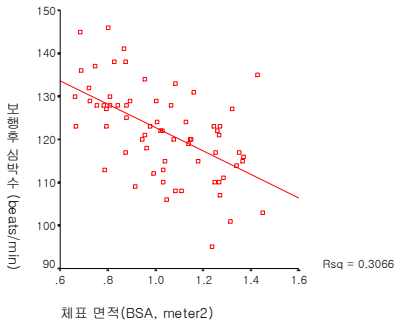

그림3. 보행 후 심박수와 체표면의 단순회귀식

5. 보행 후 심박수와 연령과의 관계

보행 후 심박수는 대상자의 연령이 증가함에 따라 감소하였다. 연령에 따른 보행 후 심박수의 단순회귀식은 Y(보행 후 심박수) = 143.346 - 2.63X(연령)이고 설명력은 34.25%이었다(p=.00),(그림 2).

6. 보행 후 심박수와 체표면적과의 관계

보행 후 심박수는 대상자의 체표면적이 증가함에 따라 감소하였다. 체표면적에 따른 보행 후 심박수의 단순회귀식은 Y(보행 후 심박수) = 149.830 - 27.115X(체표면적)이고 설명력은 30.66%이었다(p=.00),(그림 3).

Ⅳ. 고찰

실험실에서 운동 강도에 따른 에너지 소모는 호기시의 산소를 측정하여 산소 소모율로 나타낸다. 이는 정확하게 평가되지만 기구가 고가이고 기구장착의 어려움 등으로 임상적으로는 에너지 소모를 측정하는데 사용하기가 어렵다. 반면에 심박수는 어느 장소에서나 쉽게 측정할 수가 있으며 이는 이전의 연구에서 성인, 아동, 장애아동의 에너지 소모에서 신뢰성을 보여준다.

정상성인에서는 트레드밀 검사를 통하여 심박수와 산소 소모량과의 회귀방정식을 구하여 심박수 만으로 간단히 산소 소모량을 산출 할 수 있게 되었고(윤승호 등, 1994), 트레드밀 속도와 등속성 상하지 운동 측력계의 일률만으로도 산소 소모량, 체중당 산소 소모량, 주관적인 척도인 Rating of Perceived Exertion (RPE), 심박수를 예측 할 수 있는 의미 있는 회귀직선식이 보고되었다(한태륜 등, 1994).

생리학적 소비지수는 측정이 쉬운 변수인 심박수와 보행속도를 이용하여 에너지 소모를 보다 쉽게 구할 수 있으며 다양한 질환에서 에너지 소모를 구하기 위하여 이용하였다.

Waters 등(1983)은 정상아동(6세~12세)과 청소년(13세~19세)의 보행에 관한 에너지 소모에서 단위거리당 보행에서 산소 소모는 청소년 대상자에서 보다 아동에서 높았고, 이는 심박수와 평행하게 나타났으며 아동의 분당 심박수는 청소년 대상자의 평균값보다 유의하게 높게 나타났다고 보고하였다. Rose 등(1991)은 산소 소모량과 단위보행 거리당 심박수를 뇌성마비아와 정상 소아에서 트레드밀(treadmill) 검사를 통하여 단위보행 거리당 산소 소모량과 심박수에 의한 도표곡선(curve)이 유사함을 보고하였다.

정상인과 편마비 환자에서 보행 중 에너지 소모와 생리적 소비지수간에 유의한 상관관계를 보여 생리학적 소비지수가 운동량과 심기능과의 관계를 손쉽게 예측할 수 있는 도

구로 이용될 수 있음이 보고되었다.(김봉옥 등, 1996). 하지마비 환자에서 사용되는 보장구의 에너지 소모를 비교하여 보고하였으며(Harvey 등, 1998), 뇌성마비의 보행형태를 양쪽 네발지팡이 사용과 바퀴 달린 워커 사용에 따른 에너지 소모지수를 구하여 낮은 지수를 나타내는 이동 보조장구를 치료에서 고려하도록 제언하였다(Rose 등, 1985). 또한 수술 전과 수술 후의 산소 소모량을 구하여 수술후의 감소된 에너지소모량으로 수술효과를 증명하였고(Dahlback, 1985), 수술한 18명의 경직형 양마비(spastic diplegia)의 보행 향상을 평가할 때 생리학적 소비지수를 사용하여 보고되었다(Nene 등, 1993).

Rose 등(1991)의 연구에서 느린 보행, 편안한 보행, 빠른 보행에서의 에너지 소모 비교에서 편안한 보행에서 에너지 소모지수가 감소하여 가장 경제적인 속도임이 보고되어 있어 본 연구에서는 보행 시 아동이 스스로 선택한 편안한 보행속도(보통 걸음속도)로 하였다. 나이, 키, 몸무게가 비슷한 연구에서의 대상자와 비교할 때 보행속도는 본 연구의 대상자가 제 2군이 66±7.8 m/min, 제 3군이 71±7.4 m/min이며 Rose의 연구에서는 65±8.4 m/min과 70±11.1 m/min으로 비슷하며 Waters 등(1983, 1988)의 연구에서도 비슷한 결과를 보였다.

대상자들의 휴식 시 심박수는 나이가 증가함에 따라 감소함을 보였다. Rose등(1991)의 비슷한 연령군과 비교하였을 때 본 연구에서 약간 높게 나타났다. 또한 대상 아동이 만 4세부터 만 12세로 휴식 시 심박수나 보행 후 심박수의 변화가 아동의 나이에 따라 차이가 있으므로 보행 전·후의 심박수의 변화를 보았다. 보행 전·후 심박수 변화에서는 나이가 증가함에 따라 감소하였으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

보행에 따른 생리학적 소비지수는 본 연구와 Rose 등(1991)의 연구에서 .45±.13 beats/m과 .47±.13 beats/m으로 비슷하였다. 보행 후 생리학적 소비지수는 연령이 증가될 수록 감소하였으며, 이는 보행 전·후 심박수가 큰 차이가 없는 반면에 보행속도는 연령이 증가함에 따라 증가하여 보행속도에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 정상 보행 시나 편마비 환자의 보행 시 산소 소모나 심박수에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 보행속도가 보고되고(김진호 등, 1995; Waters 등, 1988) 보행의 변수들이 나이와 성별에 많이 의존하고 산소 소모율이 나이가 어릴수록 유의하게 높다고 보고되고 있다(Waters 등, 1983). Rose 등(1991)은 에너지 소모와 보행속도 사이의 관계는 포물선 모양을 보이고 매우 낮은 속도와 빠른 속도에서 에너지 소모가 높은 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 보행속도와 보행 후 심박수나 보행 전·후 심박수의 변화 사이에는 통계학적으로 유의한 관계를 보이지 않았다. 이는 대상자가 스스로 선택한 보행속도는 그 아동들의 가장 경제적인 속도에 가까우므로 이는 에너지 소모곡선에서 가장 최소의 위치에 해당한다고 볼 수 있다. 그러므로 스스로 선택한 속도에서는 에너지 소모에 유의한 변화를 보이지 않았고, 이는 Brown 등(1998)의 연구에서도 같은 결과를 보인다. 또한 Waters(1983)는 남녀간에 유의한 차이로 여자가 남자보다 높다고 보고하였으나 본 연구에서는 남녀간에 통계학적으로 의의있는 에너지소비의 차이를 볼 수 없었다.

대상자의 신체적인 특성과 심박수의 관계를 알아보기 위해 대상자의 키와 몸무게를 이용하여 체표면적을 계산하였다. 체표면적의 계산식은 0~14세 아동(Lam과 Leung, 1988)과 청소년과 성인에서 타당성이 인정되어 있다(Mosteller, 1987). Washington 등(1988)은 7~13세 사이의 아동에서 에르고미터로 운동 시 체표면적과 VO_2 사이의 관계가 없음을 보고하였으며, Brown 등(1998)은 역 체표면

적(IBSA)과 VO_2 사이에 강한 선형적인 관계를 보여주고 있다. Brown 등(1998)은 이런 차이를 에르고미터보다는 보행이 성장과 성숙에 보다 예민하기 때문이라고 설명하였다. 본 연구에서는 보행 후 심박수는 대상자의 체표면적이 증가함에 따라 감소하였으며, 단순회귀식은 Y(보행 후 심박수) = 149.830 - 27.115X(체표면적)이고 설명력은 30.66%이었다(p=.00),(r=.55). 이는 Brown(1998)의 역 체표면적(IBSA)과 VO_2의 r=.758보다는 낮은 상관성을 보였다. 이에 관해서는 앞으로 체표면적과 심박수와 VO_2 의 상관성에 대한 더 많은 자료와 연구가 필요하다.

연령에 따른 보행속도의 변화를 예측할 수 있는지를 알아보기 위하여 단순회귀분석을 한 결과 연령에 따른 보행속도의 단순회귀식은 Y(보행속도) = 2.124X(연령) + 48.286이고 설명력을 나타내는 R^2=.337이며 통계학적으로 유의하였다(p=.00).

생리학적 소비지수에 대한 신뢰도 검사는 4명의 아동을 선택하여 3개월 간격으로 검사-재검사(test-retest)를 통하여 신뢰도 분석(reliability analysis) 을 하였다. α=.92로 상관성이 높았다.

에너지 소모의 반복측정검사를 5명 아동과 4명의 성인을 대상으로 Cosmed K4 (Cosmed, Rome, Italy)를 이용하여 측정 시 변화를 정밀하게 하는 능력을 생리학적 소비지수와 비교하여 성인과 아동에서 모두 생리학적 소비지수의 표준편차가 6~72%로 나타나 PCI의 타당도에 의문을 제기하기도 하였다(Boyd 등, 1999). 하지만 cosmed K4는 매우 고가이고 검사비용도 높아 일반 치료실이나 임상적으로 사용하는 것이 매우 어렵다. 대신에 심박수를 통한 에너지 소모량의 평가는 쉽게 할 수 있고 보행에 따른 생리학적 소비지수의 평가는 임상에서 환자를 치료하는 물리치료사에게는 환자의 평가에 적은 시간을 투자하여 보다 객관적인 평가를 할 수 있어 매우 유용하다고 할 수 있다. 본 연구와 이전의 많은 연구들을 볼 때 보행의 변수들이 나이, 몸무게, 키 등에 많이 의존하고 어릴수록 에너지 소모가 많으므로 장애아동의 보행에 적용하여 비교할 때는 나이, 키, 몸무게의 관계를 고려하여 비교해야 할 것이다.

본 연구에서는 자발적으로 연구에 참여한 아동 67명을 대상으로 하였기 때문에 정상아동 전체에 일반화하기 어렵다는 제한점이 있다. 그러나 앞으로 보행장애가 있는 우리나라 아동의 기능을 평가할 때, 또는 치료적 중재의 효과를 판정하고자 할 때 본 연구에서 얻은 자료들이 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

Ⅴ. 결론

정상아동 67명(4세~12세)을 대상으로 보행을 통한 생리학적 소비지수를 측정하고 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 보행속도는 연령의 증가에 따라 유의하게 증가하였고, 생리학적 소비지수는 연령의 증가함에 따라 감소하였으며 각 군간에 유의한 차이가 있었다(p<.05). 보행 전·후 심박수의 변화에서는 연령이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였지만 통계학적으로 유의하지는 않았다.
2. 생리학적 소비지수(PCI)는 성별간에는 여자가 남자보다 약간 높지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.
3. 연령에 따른 보행속도의 단순회귀식은 Y(보행속도) = 2.124X(연령) + 48.286이고 설명력은 33.70이었다(p=.00).
4. 보행 후 심박수는 대상자의 연령이 증가함에 따라 감소하였다. 연령에 따른 보행 후 심박수의 단순회귀식은 Y(보행 후 심박수) = 143.346 - 2.63X(연령)이고 설명력은 34.25%이었다(p=.00).

5. 보행 후 심박수는 대상자의 체표면적이 증가함에 따라 감소하였다. 체표면적에 따른 보행 후 심박수의 단순회귀식은 Y(보행 후 심박수) = 149.830 - 27.115X (체표면적)이고 설명력은 30.66% 이었다 (p=.00).

본 연구에서는 건강한 아동이 스스로 선택한 편안한 속도로 걸을 때의 생리학적 소비지수를 이용한 에너지 소모를 구하였다. 건강한 아동에서 보행 후 심박수가 연령, 키, 몸무게 등과 관계가 있었으며, 이는 장애아동의 보행과 비교할 때는 대상자의 연령과 일반적인 특성을 고려하여 비교해야 할 것이다. 생리학적 소비지수를 운동량과 심장 기능과의 관계를 예측할 수 있는 보편적인 도구로 일반화시키기 위해서는 앞으로 산소 소모비와의 비교 연구와 다양한 특성을 가진 연구대상에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

인용문헌

김봉옥, 홍주형, 윤승호. 편마비환자에서 보행중 에너지 소모-Physiological Cost Index-의 유용성. 대한재활의학회지. 1996;20(1):39-44.

김진호, 한태륜, 권용욱. 편마비 환자의 일상생활동작 수행중 산소소모량에 대한 연구. 대한재활의학회지. 1995;19(3):553-558.

윤승호, 변정현. 체위변화 및 운동강도에 따른 심폐기능의 변화. 충남의대잡지. 1994;21(2):361-368.

한태륜, 김진호, 방문석 등. 운동종류와 강도에 따른 운동지표에 대한 연구. 대한재활의학회지. 1994;18(2):256-262.

Boyd R, Fatone S, Rodda J, et al. High-or low-technology measurements of energy expenditure in clinical gait analysis? Dev Med Child Neurol. 1999;41:676-682.

Brown TR, Cooley SR, Castagno PW, et al. A method for normalization of oxygen cost and consumption in normal children while walking. J Pediatr Orthop. 1998;18(5):589-593.

Dahlback GO, Norlin R. The effect of corrective surgery on energy expenditure during ambulation in children with cerebral palsy. Eur J Appl Physiol. 1985;54(1):67-70.

Harvey LA, Davis GM, Smith MB, et al. Energy expenditure during gait using the walkabout and isocentric reciprocal gait orthosis in paraplegia. Arch Phys Med Rehabil. 1998;79:945-949.

Lam TK, Leung DL. More on simplified calculation of body surface area [letter]. N Engl Med. 1988;318:1130.

McCardle WD, Magel JR, Lesmes GR, et al. Metabolic and cadiovascular adjustment to work in air and water at 18°, 25°, and 33°. J Appl Physiol. 1976;40:85.

Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area [letter]. N Engl J Med. 1987;317:1098.

Nene AV, Evans GA, Patrick JH. Simultaneous multiple operations for spastic diplegia: Outcome and funtional assessment of walking in 18 patients. J Bone Joint Surg BR. 1993;75(3):488-494.

Rose J, Medeiros JM, Parker R. Energy cost index as an estimate of energy expenditure of cerebral-palsied children during assisted ambulation. Dev Med Child Neurol. 1985;27:485-490.

Rose J, Gamble JG, Burgos A, et al. Energy cost of walking in normal

children and in those cerebral palsy: Comparison of heart rate and oxygen uptake. J Pediatr Orthop. 1989;9(3): 276-279.

Rose J, Gamble JG, Burgos A, et al. Energy Expenditure Index of walking normal children and for children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1990;32(4):333-340.

Rose J, Gamble JG, Burgos A, et al. The energy expenditure index: A method to quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. J Ped Orthop. 1991;11:571-578.

Vokac Z, Bell H, Bautz-Holter E, et al. Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. J Appl Physiol. 1975;39(1): 54-59.

Washington R, van Gundy J, Cohen C, et al. Normal aerobic and anaerobic exercise data for North American school-age children. J Pediatr. 1988; 112:223-233.

Waters RL, Hislop HJ, Thomas L, et al. Energy cost of walking in normal children and teenagers. Dev Med Child Neurol. 1983;25:184-188.

Waters RL, Lunsford BR, Perry J, et al. Energy-speed relationship of walking: Standard tables. J Orthop Res. 1988; 6(2):215-222.