

12주간의 수영운동프로그램이 뇌성마비 아동들의 렙틴 농도와 혈중지질성분의 변화에 미치는 영향

이장규^{1*}, 장석암¹

¹단국대학교 운동처방재활학과

Effect of 12-Weeks' Swimming Exercise on Leptin and Plasma Lipids Profile in Cerebral Palsy

Jang-Kyu, Lee^{1*} and Suk-Am, Zhang¹

¹Department of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University

요 약 이 연구의 목적은 운동기능 및 신체활동에 제약이 있는 뇌성마비 아동들을 대상으로, 12주간의 수영운동프로그램이 렙틴과 지질성분에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였다. 수영프로그램은 일일 60분씩, 주당 4회 이상 12주간의 수영프로그램을 실시하였으며, 물과 영법에 적응하게 되면 점진적으로 보다 높은 단계의 수준으로 프로그램이 향상 조정되었다. 이 연구의 결과에서 뇌성마비 아동들의 체중 및 BMI와 혈중 총콜레스테롤, LDL, 렙틴의 농도는 감소되는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 HDL의 농도는 변화가 없었다. 그러나 혈중 중성지방의 농도는 유의하게 증가되었으며($p<.05$), 혈중 유리지방산의 농도는 유의하게 감소되었다($p<.001$). 이러한 결과는 12주간의 규칙적 수영운동프로그램이 뇌성마비 아동들의 혈중 지질성분과 렙틴 농도의 개선에 효과가 있는 것으로 생각되며 이는 신체활동이 부족한 뇌성마비 아동들의 비만관련 대사적질환의 예방을 위한 효과적 방법이라 사료된다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the effects of 12-weeks' swimming training on BMI, leptin and plasma lipid profiles in limited exercise function and physical activity with cerebral palsy. Swimming training program is scheduled to perform for 12-week and 1h each 4 or more times per week. The results of the this study were as follows; First, Body weight, BMI, total cholesterol, LDL and leptin were slightly decreased trend, although these did not reach statistical significance. HDL was not changed in before vs. after training. Second, in the concentration of plasma triglyceride, after training was significantly higher than before training($p<.05$) and free fatty acid level was significantly lower at the after training($p<.001$). These results suggest that the 12 weeks' regular swimming program has effect of improving plasma lipid and leptin levels in cerebral palsy. Therefore, we consider that it have effect on prevention of obese-related metabolic diseases in cerebral palsy.

Key Words : Cerebral palsy, Leptin, Total cholesterol, Triglyceride, HDL, LDL, Free fatty acid

1. 서론

뇌성마비(cerebral palsy)는 정확한 원인은 알 수 없지만 태아기 또는 유아기 시절에 뇌의 장애로 인하여 움직임과 자세와 같은 신체적 활동의 발달 장애와 감각, 인지, 의사소통, 이해, 행동 그리고 발작 등의 장애를 동반하기

도 하는 것으로 알려져 있다[1]. 뇌성마비는 일반적으로 미성숙한 뇌의 손상으로 야기되는 모든 문제를 포함하고 있으며, 운동기능 및 인지기능의 장애와 하지의 정형외과적 문제를 동반하고[2], 운동기능의 손상으로 인해 일상적인 신체활동의 감소와 신체활동 기능의 저하를 초래한다고 보고되고 있다[3]. 현재까지 척수장애인을 위한 신

*Corresponding Author : Jang-Kyu Lee(Dankook Univ.)

Tel: +82-41-550-3816 email: kyu1216@hanmail.net

Received April 30, 2013

Revised (1st May 27, 2013, 2nd June 3, 2013)

Accepted July 11, 2013

경학적 치료가 많은 발전을 거듭해 왔음에도 불구하고 아직도 비장애인에 비해 척수장애인의 사망률은 1.4~2배 이상 높게 나타나고 있으며, 주된 사망 원인으로서는 척수손상과는 관련성이 없는 암이나 심혈관질환으로 보고되고 있다[4]. 이러한 현상은 척수장애인의 경우, 좌업생활습관으로 인한 심장허혈의 부담이 높아지면서 관상동맥질환의 발병이 쉽게 나타나기 때문이다[5].

심혈관질환 및 대사적 증후군의 발병을 증가시키는 위험인자로는 복부비만, 고지혈증, 혈압 및 혈당 등을 들 수가 있으며[6,7] 낮은 신체활동과 장시간의 좌업활동 또한 체내 지방의 축적과 혈중지질성분의 변화에 중요한 요인으로 보고되고 있다[8-10]. 이는 일반적으로 낮은 신체활동과 비활동에 노출되어 있는 뇌성마비 아동들이 혈중지질 성분의 변화와 이로 인한 비만과 관련된 대사적 질환의 발병 위험성이 높을 것으로 생각된다.

렙틴은 뇌의 시상하부에서 분비되어 체지방량을 조절하며 인체의 에너지 항상성과 식욕 등을 조절하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다[11]. 렙틴에 대한 수영운동의 효과를 연구한 홍성찬 등[12]은 12주간의 수영운동 후, 렙틴의 농도가 유의하게 감소되었다고 보고하였으며 성봉주 등[13]의 연구에서는 8주간의 수영운동 후 렙틴농도가 감소되는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고 하였다. 또한 Baltaci 등[14]과 김덕중 등[15], 장석암[16]의 연구에서는 수영운동이 렙틴농도의 변화에 영향을 주지 않았다고 보고하였다. 이밖의 다른 선행연구에서 Ryan & Elahi[17]는 유산소성 운동 후 렙틴의 농도가 유의하게 감소되었으며, 여러 선행연구에서도 감소한다는 일치된 결과를 보고하였다[18-21]. 그러나 Schmid 등[22]의 연구에서는 훈련 후에 렙틴의 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, Schmid 등[23]의 또 다른 연구에서도 지구성 훈련 후 혈중 렙틴의 농도가 증가되었다는 상반된 결과를 보고하였다. 또한 Hickey 등[24]과 Racette 등[25]의 연구에서는 운동 후 혈중 렙틴농도의 변화가 없는 것으로 보고하였다. 이처럼 운동으로 인한 렙틴농도 변화에 대한 선행연구의 결과는 많은 연구자들 사이에서 불일치하는 결과를 보이고 있으며, 여러 선행연구의 대상자들은 대부분 운동 선수 또는 정상인, 비만자, 당뇨병환자 등을 대상으로 하고 있고 뇌성마비 아동들을 대상으로 한 연구는 미비한 실정이다.

이상의 선행연구 결과에서 보듯이 뇌성마비 아동들의 체력수준이 낮은 것은 운동기능의 감소와 일상생활에서의 움직임이 어렵기 때문이다. 이러한 어려움은 성인시기 까지 이어져 신체적 비활동은 더욱 더 악화되는 경향을 나타낼 것이며 지속적인 운동기능의 감소와 비활동의 증

가는 비만과 혈중지질성분, 식이조절관련 호르몬 그리고 대사적 질환 등에 부정적 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 이 연구의 목적은 운동기능 및 신체활동에 제약이 있는 뇌성마비 아동들을 대상으로, 12주간의 수영운동프로그램이 혈중 렙틴 및 지질성분에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고, 뇌성마비 아동들의 비만관련 대사적질환 예방을 위한 운동프로그램 작성의 기초자료를 제공하고자 하는데 있다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상

실험대상자는 K시 소재 장애인 재활학교의 중·고등학교 10명을 대상으로 하였으며, 이들은 뇌성마비이외의 기타 질환을 수반하지 않고 규칙적 운동을 하지 않았다. 실험대상자의 신체적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다.

[Table 1] The characteristics of subjects

	age(yr)	height(cm)	weight(kg)	BMI(kg/m ²)
N=10	16.50±0.50	167.11±1.11	68.74±11.86	24.65±4.25

Values are means ± S.E.M.

2.2 실험 방법

2.2.1 수영프로그램

수영프로그램은 S재활센터의 수영장(25m×5)에서 실시하였으며, 수심은 1.3~1.5m이고 약간의 경사를 이루고 있으며 수온은 28~29℃를 유지하였다. 실험대상자는 일일 60분씩, 주당 4회 이상 12주간의 수영프로그램을 실시하였으며, 물과 영법에 적응하게 되면 점진적으로 보다 높은 단계의 수준으로 프로그램이 항상 조정되었다. 구체적인 수영프로그램은 Table 2에서 보는 바와 같다.

2.2.2 체격측정

실험대상자의 체격측정은 Inbody 3.0(biospace, Korea)를 이용하여 신장과 체중을 측정하였으며, 이를 이용하여 신체질량지수(BMI)를 산출하였다.

2.2.3 혈액 채혈 및 분석

채혈은 12주간의 수영운동프로그램 실시 전·후에 각각 실시하였으며, 실험대상자들은 실험실에 도착하여 30분간 안정을 취한 후, 상완의 주전정맥(antecubital vein)에서 10mL을 채혈하였다. 혈액은 채혈 직후 3000rpm으로

[Table 2] swimming program for 12 weeks

week	goal	exercise program
1 week	· safety regulation · water adaptation	-enter the water & come out the water -walking, breathing, holding breath in water -float & stand wearing a life jacket
2 week	· backstroke(basic skills)	-kick practice on pole side -kick & arm movement practice wearing a life jacket
3-4 week	· backstroke mastery(basic skills)	-practices of horizontal position & backstroke basic skills (wearing a helper) -after turning right arm, turn repeat left arm(holding horizontal)
5-6 week	· backstroke mastery	-after turning right arm, turn repeat left arm(holding horizontal) -turn right arm & left arm(repeat practice)
7 week	· freestyle(horizontal float) · freestyle kick	-horizontal float -kick(horizontal float) -kick(no assistance)
8 week	· freestyle(basic skills)	-arm turn(hold the wall & dip the head in water) -arm turn(hold a kickboard & walk)
9-10 week	· freestyle mastery	-right arm turn to the front breath and left arm turn -right arm turn to the side breath and left arm turn
11-12 week	· backstroke & freestyle mastery	-repeat practice for mastery

15분간 원심분리하여 혈장을 추출하였으며 분석 시 까지 냉동(-70℃) 보관하였다. 지질성분 및 렙틴의 분석방법은 Table 3에서 보는 바와 같다.

[Table 3] analysis of lipids and leptin

	analyzer	reagent	method
total cholesterol	ADVIA1650 (Japan)	Cholesterol reagent(USA)	Enzymatic Assay
TG	Hitachi747 (Japan)	T.G. Boehringer Mannheim(German)	Enzymatic Assay
FFA	Hitachi747 (Japan)	EIKEN(Japan)	Enzymatic Assay
HDL	ADVIA1650 (Japan)	HDL-Cholesterol II reagent(USA)	Enzymatic Assay
LDL	Hitachi747 (Japan)	LDL-Cholesterol II reagent(USA)	Enzymatic Assay
leptin	r-counter (USA)	Human Leptin RIA kit (USA)	RIA

2.3 자료 처리

이 연구에서 얻어진 모든 자료는 윈도우용SPSS/PC 13.0 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준오차를 산출하였고 측정시기별로 변화된 수준을 비교하기 위해 paired t-test를 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

3. 결과

3.1 체중 및 BMI의 변화

체중과 BMI는 12주간의 수영운동프로그램 전·후에 통계적으로 유의한 변화가 없었으나 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 실험대상자의 체중 및 BMI의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같다.

[Table 4] changes of body weight and BMI

	pre	post	p-value
weight(kg)	68.74±11.86	65.63±12.35	p=.099
BMI(kg/m ²)	24.65±4.25	23.53±4.43	p=.101

Values are Means ± SEM. BMI, Body Mass Index.

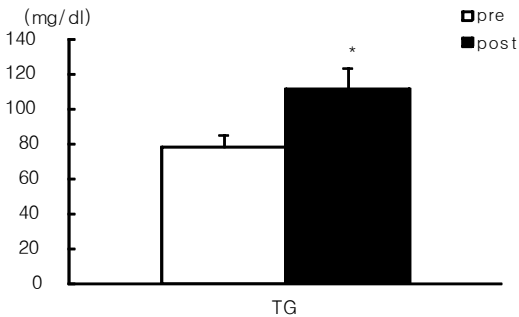
3.2 혈중 지질성분 및 렙틴의 변화

12주간의 수영운동프로그램 후 혈중 지질성분의 변화는 Table 5에서 보는 바와 같이 total cholesterol, HDL, LDL, 그리고 렙틴의 농도는 운동 전·후에 유의한 변화를 나타내지 않았지만, HDL을 제외하고 약간씩 감소하는 경향을 보였다. 그러나 유리지방산은 운동 전과 비교하여 운동 후에 유의하게 감소되었으며($p<0.001$, 352.63 ± 44.80 vs. 161.43 ± 8.45 , Fig. 1), 중성지방의 경우에는 운동 전에 비해 운동 후에 유의하게 증가된 것으로 나타났다($p<0.05$, 77.90 ± 6.85 vs. 110.89 ± 12.57 , Fig. 2).

[Table 5] changes of lipids and leptin

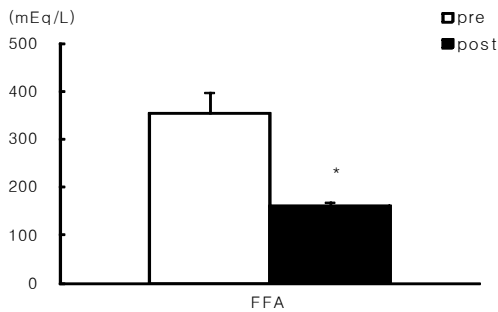
	pre	post	p-value
total cholesterol	151.20±3.25	141.44±4.96	p=.112
HDL	38.00±1.85	38.44±3.16	p=.905
LDL	85.50±3.12	73.56±5.91	p=.085
leptin	11.79±2.01	8.89±1.39	p=.261

Values are Means ± SEM. HDL, High Density Lipoprotein; LDL, Low Density Lipoprotein.



[Fig. 1] change of triglyceride(TG)

Value are Means ± SEM. * p<.05



[Fig. 2] change of free fatty acid(FFA)

Value are Means ± SEM. * p<.001

4. 논의

뇌성마비(cerebral palsy)의 정확한 원인은 알 수 없지만 태아기 또는 유아기 시절의 미성숙한 뇌의 손상으로 인하여 운동기능 및 인지기능의 장애와 하지의 정형외과적 문제를 동반하며 운동기능의 손상으로 인한 일상적인 신체활동의 감소와 신체활동 기능의 저하를 초래하는 것으로 알려져 있다[1-3]. 뇌성마비 아동들은 신체활동 감소 및 기능의 저하로 인하여 정상적으로 발달하는 동년배 아동들과 비교하여 유·무산소성 능력과[26-28], 근육

량[26,29], 근력[30-32] 등이 매우 낮은 것으로 보고되고 있다. 이러한 선행연구의 결과들은 운동기능의 손상으로 인한 신체기능과 신체활동의 감소가 뇌성마비 아동들의 운동능력 및 체력수준을 정상아동들보다 현저히 떨어뜨리는 원인으로 보고하고 있다. 또한 일반적으로 낮은 일상적 신체활동과 비활동에 노출되어 있는 뇌성마비 아동들은 비만과 비만관련 대사적 질환의 발병 위험성이 매우 높으며 이는 많은 선행연구의 결과에서 낮은 신체활동과 장시간의 좌업활동이 비만을 유발하는 중요한 요인 [8-10]이라고 주장하고 있기 때문이다. 또한 Garshick 등 [4]의 연구에서 척수장애인들의 주된 사망 원인이 암이나 심혈관질환이라고 보고하고 있어 이 주장을 뒷받침하고 있다.

뇌성마비 아동들의 운동기능 장애는 여러 가지 운동능력과 일상생활에서의 활동을 제한하고 있으며 이러한 장애를 극복하기 위하여 조깅, 수영, 댄스, 승마, 휠체어운동 등의 운동프로그램의 필요성이 강조되고 있다. 특히나 Kalakian & Eichstaedt[33]의 연구에서는 뇌성마비 아동들에게 수영훈련을 시켰을 때, 호흡조절 및 유연성, 협응력, 근력, 심폐지구력, 조정력 등의 체력요인과 언어의 형성능력과 표현기능을 향상시킨다고 보고하여 수중운동이 뇌성마비 아동들의 인지적·신체적 기능발달에 효과가 있음을 주장하였다. 또한 다른 선행연구들에서 뇌성마비 아동들에게 운동으로 인한 경직 또는 비정상적인 움직임 등과 같은 부정적인 효과는 나타나지 않았다고 보고하고 있으며[34-36], 어린 시절의 규칙적인 운동은 사회적 관계와 장기간의 신체적·정신적 건강에 영향을 미친다고 하였다[37,38]. 그러므로 뇌성마비 아동들에게 어린 시절 규칙적인 신체활동에 대한 습관을 심어주는 것은 성인이 되어서도 지속적인 신체적 활동을 해 나갈 수 있게 하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

운동은 많은 선행연구를 통해 비만예방과 운동능력의 향상에 대한 긍정적인 효과를 보고하고 있으며 체지방량의 감소와 신체조성의 변화를 위한 효과적인 방법으로 널리 권장되고 있다[39-43]. 건강한 남성을 대상으로 연구한 Leon 등[44]의 연구에서는 12주간의 운동이 혈중 중성지방 농도를 유의하게 감소시켰으며 혈중 HDL의 농도는 유의하게 증가시켰다고 보고하였다. 또한 Nieman 등[45]의 연구에서도 운동 후에 혈중 콜레스테롤과 중성지방의 농도가 유의하게 감소되었다고 보고하였으며 이 밖에 많은 선행연구에서 운동 후에 지질성분의 농도가 개선되었다고 보고하고 있다[46-48]. 그러나 Kaplan 등 [49]의 연구에서는 HDL의 농도가 운동 후에 통계집단과 운동집단에서 차이가 없었다고 보고하였으며 Hinkleman 등[50]의 연구에서도 혈중 중성지방, 총콜레스테롤, LDL

등의 농도가 운동 후에 변화가 없었다고 보고하였고 HDL의 농도는 운동집단에서 오히려 약간 감소하는 경향을 보였다고 하였다. 이처럼 운동 후 혈중 지질성분 농도의 변화에 대한 선행연구의 결과들은 일치하지 않고 있다.

이 연구의 결과에서 12주간의 수영운동 후에 혈중중성지방의 농도가 유의하게 높게 나타났으며($p < .05$) 이외의 총콜레스테롤과 LDL의 농도는 감소하는 경향을 보였지만 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다. 또한 혈중 유리지방산의 농도는 운동 후에 유의하게 감소되었으며($p < .001$) HDL의 농도는 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 운동 후에 혈중 유리지방산과 콜레스테롤, LDL 농도가 감소한다는 선행연구들의 결과와 유사하게 나타났으며 특히나 혈중에서 순환하며 직접적인 에너지원으로 사용되고 지방산화의 증가에 민감하게 반응하는 유리지방산은 운동에 의한 지방산화의 증가로 인해 유의하게 감소된 것으로 생각된다[51]. 혈중의 중성지방이 유의하게 증가된 것 또한 지속적인 운동으로 인하여 지방산화가 상승되어, 에너지원으로써 사용되기 위해 지방세포와 근육세포에서 혈중으로 유출이 증가된 것으로 사료된다[52,53]. 그러나 HDL의 농도는 많은 선행연구에서 운동 후에 증가하는 것으로 보고되고 있지만 이 연구에서는 변화가 없는 것으로 나타나 뇌성마비 아동들의 운동 강도나 시간이 HDL의 발현을 자극하기 위한 수준까지 도달하지 못한 것으로 생각된다.

렙틴은 지방세포에서 분비되어 식욕억제와 에너지 항상성 등을 조절하는 호르몬으로서 체중을 유지하는 동안에는 체지방과 깊은 관계가 있으며 체중이 감소되는 기간에는 혈중의 렙틴이 감소되어 식욕이 증가되고 에너지 소비가 감소된다고 알려져 있다[54].

많은 선행연구에서 운동 후 렙틴의 농도가 감소되었다는 결과를 보고하였으며, Okazaki 등[55]의 연구에서 12주간의 유산소운동을 실시한 결과, 렙틴의 농도와 체지방, BMI가 모두 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Tuominen 등[56]의 연구에서도 운동 후, 렙틴의 농도가 감소되었다고 보고하였다. 이밖에 많은 선행연구에서 운동 후에 렙틴의 농도가 감소하였다는 일치된 결과를 보고하고 있다[57-62]. 그러나 Fisher 등[63]의 연구에서는 운동 후, 오히려 렙틴의 농도는 증가되었다고 보고하였으며, Schmid 등[22]과 Schmid 등[23]의 연구에서도 훈련 후에 렙틴의 농도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또 다른 결과를 보고한 Racette 등[25]의 연구와 Houmard 등[64]의 연구에서는 운동 후, 혈중 렙틴 농도의 변화가 없었다고 보고하였으며, 이외의 여러 연구에서 동일한 결과를 보고하였다[24,25,65-70].

뇌성마비 아동들을 대상으로 한 Yakut 등[71]의 연구

에서 뇌성마비 아동들의 렙틴 수준이 통제군보다 낮은 것으로 나타났으며, 그러나 Tomoum 등[72]의 연구에서는 뇌성마비 아동들과 통제군 사이에 렙틴의 농도가 유의한 차이가 없었다고 보고하여 서로 불일치하는 결과를 보고 하였다. 이 연구자들은 렙틴의 수준 차이가 뇌성마비 아동들의 영양적 장애에 관여하고 있다고 주장하였다.

이상의 선행연구에서 보고된 렙틴에 대한 운동의 효과는 일치하지 않지만 대부분의 연구에서 운동 후에 감소되거나 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과의 불일치는 실험대상자들의 특성 및 체지방량과 특히 측정평가방법 등의 차이에 의한 것으로 생각된다. 몇몇 연구자들은 순환하는 렙틴의 농도 감소는 일주기(circadian rhythm)에 큰 영향을 받거나 에너지 항상성의 불균형(energy imbalance)에 의한 것이며[73], 증가의 원인은 혈액의 농축에 의한 것이라고 주장한다[74]. 또한 이 연구의 결과에서도 12주간의 수영운동 후 혈중 렙틴의 농도는 감소하는 경향을 보여주고 있지만 통계적으로 유의하지는 않아 운동 후 변화가 없었다는 선행연구와 일치된 결과를 보여주고 있다. 이러한 연구결과는 렙틴의 수준이 뇌성마비 아동들의 영양적 장애에 관여하고 있다는 선행연구자들의 주장에 반하여 수영운동이 뇌성마비 아동들의 렙틴의 농도를 안정적으로 유지시키고 렙틴저항성의 위험도를 감소시켜 일정한 체중을 유지할 수 있도록 하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 실험대상자가 적어 연구의 결과를 일반화 하기는 비록 어렵지만 연구대상자의 희소성을 감안한다면, 수영운동이 뇌성마비 아동들의 인지적·신체적 기능의 향상과 비만관련 대사적질환의 위험성을 감소시키는 효과적인 방법으로 사료된다.

5. 결론

12주간의 수영운동프로그램이 뇌성마비 아동들의 혈중 렙틴농도와 혈중지질성분에 어떠한 영향을 미치는지를 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

뇌성마비 아동들의 체중과 BMI는 운동 전·후에 유의한 변화가 없었으며, 혈중 중성지방의 농도는 유의하게 증가되었고($p < .05$), 혈중 유리지방산의 농도는 유의하게 감소되었다($p < .001$). 그러나 혈중 총콜레스테롤, LDL, 렙틴의 농도는 감소되는 경향을 보였지만 통계적으로 유의하지 못하였으며, HDL의 농도는 변화가 없었다.

이 연구의 결과에서 12주간의 수영운동프로그램이 뇌성마비 아동들의 혈중 지질성분의 개선과 렙틴의 농도를 유지하는 효과가 있는 것으로 사료되며 이는 뇌성마비

아동들의 비만관련 대사적질환을 예방하는 차원에서 효과적이라 생각된다.

Reference

- [1] Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N, Dan B, Jacobsson B, Damiano D, "Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005; Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy", *Dev Med Child Neurol*, 47, no 8:571-6, Aug, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S001216220500112X>
- [2] Jones E. T, Knapp D. R, "Assessment and management of the lower extremity in cerebral palsy", *Orthop Clin North Am*, 18, no 4:725-38, Oct, 1987.
- [3] Hutzler Y, Chacham A, Bergman U, Szeinberg A, "Effects of a movement and swimming program on vital capacity and water orientation skills of children with cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*, 40, no 3:176-81, Mar, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb15443.x>
- [4] Garshick E, Kelley A, Cohen S. A, Garriss A, Tun C. G, Gagnon D, Brown R, "A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury", *Spinal Cord*, 43:408-416, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.sc.3101729>
- [5] Myers J, Lee M, Kiratli J, "Cardiovascular disease in spinal cord injury an overview of prevalence, risk, evaluation and management", *Am. J. Phys. Med Rehabil.*, 86, no 2:142-152, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/PHM.0b013e31802f0247>
- [6] Alberti K. G, Zimmet P, Shaw J, "The metabolic syndrome : a new worldwide definition : IDF Epidemiology Task Force Consensus Group", *Lancet*, 24-30;366(9491):1059-62, Sep, 2005.
- [7] Dutheil F, Lesourd B, Courteix D, Chapier R, Doré E, Lac G, "Blood lipids and adipokines concentrations during a 6-month nutritional and physical activity intervention for metabolic syndrome treatment", *Lipids Health Dis*, 31;9:148, Dec, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1476-511X-9-148>
- [8] Maffeis C, Zaffanello M, Schutz Y, "Relationship between physical inactivity and adiposity in prepubertal boys", *J Pediatr*, 131, no 2:288-92, Aug, 1997. Erratum in: *J Pediatr*, 132(4):747, Apr, 1998.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3476\(97\)70168-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3476(97)70168-9)
- [9] Sallis J. F, "Age-related decline in physical activity: a synthesis of human and animal studies", *Med Sci Sports Exerc*, 32, no 9:1598-600, Sep, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200009000-00012>
- [10] van Mechelen W, Twisk J. W, Post G. B, Snel J, Kemper H. C, "Physical activity of young people: the Amsterdam Longitudinal Growth and Health Study", *Med Sci Sports Exerc*, 32, no 9:1610-6, Sep, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200009000-00014>
- [11] Campfield L.A, Smith F. J, Guisez Y, Devos R, Burn P, "Recombinant mouse OB protein: evidence for a peripheral signal linking adiposity and central neural networks", *Science*, 28, 269(5223) :546-9, Jul, 1995.
- [12] Hong S. C, Lee J. Y, Youm J. W, "The effect of long term swimming training on body composition and leptin hormone in obese middle-aged women", *Korean Journal of Nutrition*, 6, 2:157-161, 2002.
- [13] Sung B. J, Kim C. K, "The effect of swimming exercise on body composition and hormone of obese adolescents", *Exercise Science*, 8, 3:447-459, 1999.
- [14] Baltaci A. K, Vurucu N, Uzun A, Mogulkoc R, Kilic M, "The effect of acute swimming exercise on plasma leptin in rats", *Bratisl Lek Listy*, 113, no 10:592-4, 2012.
- [15] Kim D. J, Kim C. K, "The effect of swimming training on leptin and antioxidant enzymes", *The Korea Journal of Sports Science*, 40, no 4:821-828, 2001.
- [16] Zhang S. A, "Effect of aerobic training and detraining on leptin, aerobic capacity, blood components and body composition in cerebral palsy", Korea national sport university, doctoral dissertation, 2000.
- [17] Ryan A. S, Elahi D, "The effects of acute hyperglycemia and hyperinsulinemia on plasma leptin levels: its relationships with body fat, visceral adiposity, and age in women", *J Clin Endocrinol Metab*, 81, no 12:4433-8, Dec, 1996.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1210/jc.81.12.4433>
- [18] Friedman J. E, Ferrara C. M, Aulak K. S, Hatzoglou M, McCune S. A, Park S, Sherman W. M, "Exercise training down-regulates ob gene expression in the genetically obese SHHF/Mcc-fa (cp) rat", *Horm Metab Res*, 29 no 5:214-9, May, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-979024>
- [19] Koistinen H. A, Tuominen J. A, Ebeling P, Heiman M. L, Stephens T. W, Koivisto V. A, "The effect of exercise on leptin concentration in healthy men and in type 1 diabetic patients", *Med Sci Sports Exerc*, 30, no 6:805-10, Jun, 1998.

- DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199806000-00005>
- [20] Pasman W. J, Westerterp-Plantenga M. S, Saris W. H, "The effect of exercise training on leptin levels in obese males", *Am J Physiol*, 274(2Pt1):E280-6, Feb, 1998.
- [21] Zachwieja J. J, Hendry S. L, Smith S. R, Harris R. B, "Voluntary wheel running decreases adipose tissue mass and expression of leptin mRNA in Osborne-Mendel rats", *Diabetes*, 46, no 7:1159-66, Jul, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/diabetes.46.7.1159>
- [22] Schmid A, Baum M, Weib M, Pridzun L, Liesen H, "Plasma leptin levels before and after a training camp of elite hockey players", *International Journal of Sports Medicine*, 19:S50, 1998b.
- [23] Schmid A, Baum M, Weib M, Pridzun L, Liesen H, "Influence of moderate exercise on serum leptin levels", *International Journal of Sports Medicine*, 19:S51, 1998a.
- [24] Hickey M. S, Considine R. V, Israel R. G, Mahar T. L, McCammon M. R, Tyndall G. L, Houmard J. A, Caro J. F, "Leptin is related to body fat content in male distance runners", *Am J Physiol*. 271(5Pt1):E938-40, Nov, 1996.
- [25] Racette S. B, Coppack S. W, Landt M, Klein S, "Leptin production during moderate-intensity aerobic exercise", *J Clin Endocrinol Metab*, 82, no 7:2275-7. Jul, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1210/jc.82.7.2275>
- [26] Lundberg A, "Maximal aerobic capacity of young people with spastic cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*, 20, no 2:205-10, Apr, 1978.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1978.tb15205.x>
- [27] Lundberg A, "Longitudinal study of physical working capacity of young people with spastic cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*, 26 no 3:328-34, Jun, 1984.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1984.tb04449.x>
- [28] Parker D. F, Carriere L, Hebestreit H, Bar-Or O, "Anaerobic endurance and peak muscle power in children with spastic cerebral palsy", *Am J Dis Child*, 146, no 9:1069-73, Sep, 1992.
- [29] Stallings V. A, Cronk C. E, Zemel B. S, Charmey E. B, "Body composition in children with spastic cerebral palsy", *Journal of pediatrics*, 126(5 pt 1):833-839, 1995.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3476\(95\)70424-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3476(95)70424-8)
- [30] Damiano D. L, Vaughan C. L, Abel M. F, "Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*. 37 no 8:731-9, Aug, 1995a.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1995.tb15019.x>
- [31] Wiley M. E, Damiano D. L, "Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*. 40 no 2:100-7, Feb, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb15369.x>
- [32] van den Berg-Emons R. J, van Baak M. A, de Barbanson D. C, Speth L, Saris W. H, "Reliability of tests to determine peak aerobic power, anaerobic power and isokinetic muscle strength in children with spastic cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*, 38, no 12:1117-25, Dec, 1996.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1996.tb15075.x>
- [33] Kalakian R. H, Eichstaedt C. B, "Developmental /adapted Physical Education", *Burgess*, 274-308, 1982.
- [34] Damiano D. L, Kelly L. E, Vaughn C. L, "Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia", *Phys Ther*, 75, no 8:658-71, Aug, 1995b
- [35] Fowler E. G, Ho T. W, Nwigwe A. I, Dorey F. J, "The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy", *Phys Ther*, 81, no 6:1215-23, Jun, 2001.
- [36] MacPhail H. E, Kramer J. F, "Effect of isokinetic strength-training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy", *Dev Med Child Neurol*, 37 no 9:763-75, Sep, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1995.tb12060.x>
- [37] Larson R. W, Verma S, "How children and adolescents spend time across the world: work, play, and developmental opportunities", *Psychol Bull*. 125, no 6:701-36, Nov, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.125.6.701>
- [38] Simeonsson R. J, Carlson D, Huntington G. S, McMillen J. S, Brent J. L, "Students with disabilities: a national survey of participation in school activities", *Disabil Rehabil*, 20, no 23(2):49-63, Jan, 2001.
- [39] Booth F. W, Baldwin K. M, Muscle plasticity: energy demanding and *supply processes*. IN Handbook of Physiology, section 12, Regulation and Integration of Multiple Systems(Rowell, L. B., and Shephard, J. T., eds), 1075-1123, Oxford University Press(New York). 1997.
- [40] Chi M. M, Hintz C. S, Coyle E. F, Martin W. H 3rd, Ivy J. L, Nemeth P. M, Holloszy J. O, Lowry O. H, "Effects of detraining on enzymes of energy metabolism in individual human muscle fibers", *Am. J. Physiol. Cell*, 244:C276-C287, 1983.
- [41] Holloszy J. O, "Biochemical adaptations in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle", *J Biol*

- Chem*, 242, no 9:2278-82, 1967.
- [42] Oscai L. B, Holloszy J. O, "Biochemical adaptations in muscle. II. Response of mitochondrial adenosine triphosphatase, creatine phosphokinase, and adenylate kinase activities in skeletal muscle to exercise", *J Biol Chem*, 246, no 22:6968-72, 1971.
- [43] Yan Z, Salmons S, Jarvis J, Booth F. W, "Increased muscle carnitine palmitoyltransferase II mRNA after increased contractile activity", *Am. J. Physiol*, 268:E277-E281, 1995.
- [44] Leon A. S, Casal D, Jacobs D Jr, "Effects of 2,000 kcal per week of walking and stair climbing on physical fitness and risk factors for coronary heart disease", *J Cardiopulm Rehabil*, 16, no 3:183-92, May-Jun, 1996. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00008483-199605000-00006>
- [45] Nieman D. C, Brock D. W, Butterworth D, Utter A. C, Nieman C. C, "Reducing diet and/or exercise training decreases the lipid and lipoprotein risk factors of moderately obese women". *J Am Coll Nutr*, 21, no 4:344-50, Aug, 2002.
- [46] Kraus W. E, Houmard J. A, Duscha B. D, Knetzger K. J, Wharton M. B, McCartney J. S, Bales C. W, Henes S, Samsa G. P, Otvos J. D, Kulkarni K. R, Slentz C. A, "Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins", *N Engl J Med*, 7, no 347(19) :1483-92, Nov, 2002.
- [47] Ligtenberg P. C, Hoekstra J. B, Bol E, Zonderland M. L, Erkelens D. W, "Effects of physical training on metabolic control in elderly type 2 diabetes mellitus patients", *Clin Sci (Lond)*, 93, no 2:127-35, Aug, 1997.
- [48] Kodama S, Tanaka S, Saito K, Shu M, Sone Y, Onitake F, Suzuki E, Shimano H, Yamamoto S, Kondo K, Ohashi Y, Yamada N, Sone H, "Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta -analysis", *Arch Intern Med*, 28, no 167(10) :999-1008, May, 2007.
- [49] Kaplan R. M, Wilson D. K, Hartwell S. L, Merino K. L, Wallace J. P, "Prospective evaluation of HDL cholesterol changes after diet and physical conditioning programs for patients with type II diabetes mellitus", *Diabetes Care*, 8, 4:343-8, Jul-Aug, 1985. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.8.4.343>
- [50] Hinkleman L. L, Nieman D. C, "The effects of a walking program on body composition and serum lipids and lipoproteins in overweight women", *J Sports Med Phys Fitness*, 33, no 1:49-58, Mar, 1993.
- [51] Coyle E. F, "Substrate utilization during exercise in active people", *Am J Clin Nutr*, 61(4Suppl):968S -979S, Apr, 1995.
- [52] Saltin B, Astrand P. O, "Free fatty acids and exercise", *Am J Clin Nutr*, 57(5 Suppl):752S -757S; discussion 757S-758S, May, 1993.
- [53] van der Vusse G. J, Reneman R. S, *Lipid metabolism in muscle*, In: Rowell LB, Shepherd JT, eds, Handbook of physiology, section 12: exercise: regulation and integration of multiple systems, 952-94, Oxford press(New York), 1996.
- [54] Murer S. B, Knöpfli B. H, Aeberli I, Jung A, Wildhaber J, Wildhaber-Brooks J, Zimmermann M. B, "Baseline leptin and leptin reduction predict improvements in metabolic variables and long-term fat loss in obese children and adolescents: a prospective study of an inpatient weight-loss program", *Am J Clin Nutr*, 93, no 4:695-702, Apr, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.1110.002212>
- [55] Okazaki T, Himeno E, Nanri H, Ogata H, Ikeda M, "Effects of mild aerobic exercise and a mild hypocaloric diet on plasma leptin in sedentary women", *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 26, no 5-6:415-20, May-Jun, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-1681.1999.03044.x>
- [56] Tuominen J. A, Ebeling P, Laquier F. W, Heiman M. L, Stephens T, Koivisto V. A, "Serum leptin concentration and fuel homeostasis in healthy man", *Eur J Clin Invest*, 27, no 3:206-11, Mar, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2362.1997.940642.x>
- [57] Elias A. N, Pandian M. R, Wang L, Suarez E, James N, Wilson A. F, "Leptin and IGF-I levels in unconditioned male volunteers after short-term exercise", *Psychoneuroendocrinology*, 25, 5:453-61, Jul, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0306-4530\(99\)00070-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0306-4530(99)00070-0)
- [58] Essig D. A, Alderson N. L, Ferguson M. A, Bartoli W. P, Durstine J. L, "Delayed effects of exercise on the plasma leptin concentration", *Metabolism*, 49, no 3:395-9, Mar, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0026-0495\(00\)90396-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0026-0495(00)90396-2)
- [59] Karamouzis I, Karamouzis M, Vrabas I. S, Christoulas K, Kyriazis N, Giannoulis E, Mandroukas K, "The effects of marathon swimming on serum leptin and plasma neuropeptide Y levels", *Clin Chem Lab Med*, 40, 2:132-6, Feb, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/CCLM.2002.023>
- [60] Nindl B. C, Kraemer W. J, Arciero P. J, Samatallee N, Leone C. D, Mayo M. F, Hafeman D. L, "Leptin concentrations experience a delayed reduction after resistance exercise in men", *Med Sci Sports Exerc*, 34, no 4:608-13, Apr, 2002.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200204000-00008>

[61] Olive J. L., Miller G. D., "Differential effects of maximal- and moderate-intensity runs on plasma leptin in healthy trained subjects", *Nutrition*, 17 no 5:365-9, May, 2001.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0899-9007\(01\)00522-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0899-9007(01)00522-6)

[62] Ryan A. S., Pratley R. E., Elahi D., Goldberg A. P., "Changes in plasma leptin and insulin action with resistive training in postmenopausal women", *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24 no1:27-32, Jan, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ijo.0801080>

[63] Fisher J. S., Van Pelt R. E., Zinder O., Landt M., Kohrt W. M., "Acute exercise effect on postabsorptive serum leptin", *J Appl Physiol*, 91, no 2:680-6, Aug, 2001.

[64] Houmard J. A., Cox J. H., MacLean P. S., Barakat H. A., "Effect of short-term exercise training on leptin and insulin action", *Metabolism*, 49, no 7:858-61, Jul, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/meta.2000.6751>

[65] Dirlewanger M., Di Vetta V., Giusti V., Schneiter P., Jéquier E., Tappy L., "Effect of moderate physical activity on plasma leptin concentration in humans", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79, no 4:331-5, Mar, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s004210050516>

[66] Kraemer R. R., Acevedo E. O., Synovitz L. B., Hebert E. P., Gimpel T., Castracane V. D., "Leptin and steroid hormone responses to exercise in adolescent female runners over a 7-week season", *Eur J Appl Physiol*, 86, no 1:85-91, Nov, 2001.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s004210100500>

[67] Kraemer R. R., Kraemer G. R., Acevedo E. O., Hebert E. P., Temple E., Bates M., Etie A., Haltom R., Quinn S., Castracane V. D., "Effects of aerobic exercise on serum leptin levels in obese women", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 80, no 2:154-8, Jul, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s004210050572>

[68] Pérusse L., Collier G., Gagnon J., Leon A. S., Rao D. C., Skinner J. S., Wilmore J. H., Nadeau A., Zimmet P. Z., Bouchard C., "Acute and chronic effects of exercise on leptin levels in humans", *J Appl Physiol*, 83, no 1:5-10, Jul, 1997.

[69] Torjman M. C., Zafeiridis A., Paolone A. M., Wilkerson C., Considine R. V., "Serum leptin during recovery following maximal incremental and prolonged exercise", *Int J Sports Med*, 20, no 7:444-50, Oct, 1999.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-1999-8830>

[70] Weltman A., Pritzlaff C. J., Wideman L., Considine R. V., Fryburg D. A., Gutgesell M. E., Hartman M. L., Veldhuis J. D., "Intensity of acute exercise does not

affect serum leptin concentrations in young men", *Med Sci Sports Exerc*, 32, no 9:1556-61, Sep, 2000.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200009000-00005>

[71] Yakut A., Dinleyici E. C., Idem S., Yazar C., Dogruel N., Colak O., "Serum leptin levels in children with cerebral palsy: relationship with growth and nutritional status", *Neuro Endocrinol Lett*, 27, no 4:507-12, Aug, 2006.

[72] Tomoum H. Y., Badawy N. B., Hassan N. E., Alian K. M., "Anthropometry and body composition analysis in children with cerebral palsy", *Clin Nutr*, 29, no 4:477-81, Aug, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2009.10.009>

[73] Hilton L. K., Loucks A. B., "Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women", *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 278, no 1:E43-9, Jan, 2000.

[74] Kraemer R. R., Chu H., Castracane V. D., "Leptin and exercise", *Exp Biol Med (Maywood)*, 227, no 9:701-8, Oct, 2002.

장 석 암 (Seok-Am Zhang)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국체육대학교 대학원 스포츠의학전공 (이학 박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방재활학과 교수

<관심분야>
의생명공학, 스포츠의학

이 장 규 (Jang-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국체육대학교 대학원 운동생리학전공 (이학 박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 운동처방재활학과 강사

<관심분야>
의생명공학, 스포츠의학, 운동생리학