

## 줄넘기와 스위스볼 운동이 취학 전 유아의 골형성 지표에 미치는 영향

김태운 · 이경희\* · 전재영 · 정성인

부산대학교 체육교육과

Received December 6, 2008 / Accepted January 23, 2009

**The Effects of Rope Jumping and Swiss Ball Exercise on Young Children's Bone Formation Markers.** Kim, Tae-Un, Lee, kyung-hee\*, Jeon, Jae-Young and Jeong, Seong-in. *Department of Physical Education, Pusan National University, Busan 609-735, Korea* - The purpose of this study was to elucidate the effects of 12 weeks rope jumping and Swiss ball exercise (55 to 75% HRR: 3 times a week) on body composition and bone formation markers in young children. Forty eight participants were divided into two groups, the exercise group (n=24) and the control group (n=24). All items were assessed before and after exercise program. The results of this study are as follows; 1. Body composition: In the comparison of mean changes before and after exercise program execution on body composition within each group, the exercise group showed significant increases in height, weight, fat mass and %fat. The control group showed significant increases in all items. The interaction effect between groups and time didn't appear a significant difference. 2. Osteocalcin: In the comparison of mean changes before and after exercise program execution in osteocalcin within each group, the exercise group didn't appear a significant change and the control group were significantly decreased in girl children. The interaction effect between groups and time didn't appear a significant difference. 3. Alkaline phosphatase: In the comparison of mean changes before and after exercise program in Alkaline phosphatase within each group didn't appear a significant difference in exercise group and control group. The interaction effect between groups and time showed a significant difference. In conclusion, for young children in the stage of the formation of bone mineral contents, rope jumping and Swiss ball exercise are positive effect in promoting their growth and bone health, but osteocalcin concentration did not changes. Thus, further research is required to consider intensity and duration of exercise on bone formation markers of young children's.

**Key words :** Body composition, osteocalcin, alkaline phosphatase, Bone Formation Markers

### 서 론

생의 주기에 따른 골의 변화에서 골의 길이 성장은 아동초기와 청소년 후기 사이에 급격히 일어나 청소년기에 대부분 완료되지만, 골량의 축적은 골의 길이 성장이 중단된 이후에도 수년간 계속된다[24].

이처럼 아동초기와 청소년기를 통해 최대 골질량(peak bone mass)에 이르게 되는데, 폐경기 여성과 노년기의 골다공증 유발을 결정하는 중요한 역할을 한다. 따라서 아동기와 청소년기에 최대골질량의 형성을 증가시키는 것이 골다공증으로 인한 골절을 예방하는데 최선책이라고 보고되었다[9,20,21].

골형성 지표에는 오스테오칼신(osteocalcin: OC), 알카리성 포스파타제(alkaline phosphatase: ALP) 등이 있다[4,23].

짧은 기간에 골의 변화를 확인하는 방법은 골대사 지표에 의한 확인이 적절하다고 하였으며, 골대사 지표는 골형성 지

표(bone formation marker)와 골흡수 지표(bone resorption marker)에 관련된 화학적 변화의 총칭이며, 뼈는 일생을 통해 반복되는 골대사 과정을 거치며, 여기에서 파골세포, 조골세포가 관여한다[13,14].

사춘기 이전에는 골밀도와 골피질의 골막이 확장되는 시기이기 때문에 골밀도를 높이는 가장 적절한 시기라고 제안하였으며[1], 아동기에 규칙적인 운동을 하면 골을 자극하여 골 재생을 촉진시킨다고 하였다[22].

성인기의 최대 골량은 아동기 때 골량이 증가 되어지는 것이라 제시하였다. 따라서 근력에 대한 골의 생리학적인 적응력은 사춘기 이전의 어린이들에게는 매우 중요하다[5].

하지만 선행연구에서는 주로 청소년과 성인을 대상으로 골대사 지표에 대한 연구가 이루어져[3,18,26], 골 발육 촉진과 성인의 최대 골질량, 골밀도를 결정하는 골량 형성기인 유아를 대상으로 운동과 관련된 골대사 지표에 관한 연구가 필요하다고 생각된다.

이에 본 연구는 취학 전 유아를 대상으로 운동 프로그램이 신체조성과 골형성 지표에 미치는 효과를 분석함으로써 유아의 신체적 발육과 골 건강 증진에 운동이 미치는 효과 비교 분석하는데 목적이 있다.

#### \*Corresponding author

Tel : +82-51-510-1641, Fax : +82-51-515-1991

E-mail : dance4423@naver.com

재료 및 방법

연구 대상

본 연구의 대상은 B시에 소재한 D병설 유치원에 재원하고 있는 만 6세 유아 60명을 선정하였다. 이들은 전문적 체육교사의 지도 및 움직임 기술의 학습경험이 없고 평소 질환으로 인한 특정한 약물을 복용하지 않는 유아로서 연구시작 전 본 연구의 취지와 프로그램을 안내한 후, 실험에 참가하기를 희망하고 학부모 동의서에 참여 의사를 제출한 유아들로 하였으며, 단순 무선 표집(simple random sampling)을 통해 운동군 30명, 대조군 30명으로 분류 하였다.

실험 중 운동군에서 중도 포기 유아 1명, 채혈검사 거부 의사를 밝힌 유아 3명과 참여율이 낮은 유아 2명 그리고 대조군에서 측정일에 불참한 유아 6명 총 12명을 제외하고, 최종적으로 운동군 24명과 대조군 24명 총 48명(남아 25명, 여아 23명)을 대상으로 하였으며, 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects in each group

Group	n	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)
EG	Man(n=12)	6.43±0.63	116.35±2.53	21.47±2.93
	Woman(n=12)	6.52±0.73	117.53±4.76	22.03±3.48
CG	Man(n=13)	6.56±0.65	118.54±3.63	23.71±3.49
	Woman(n=11)	6.39±0.35	111.96±3.58	19.33±2.14

Values are Mean±Standard deviation.  
EG; exercise group, CG; control group

연구 방법

인체형태 및 신체조성

신체조성의 측정은 부위별 직접다주파수 측정법(direct segmental multi-frequency bioelectrical impedance analysis method: DSM-BIA 방식)과 3가지 주파수대역에서 각각 5가지 부위별(오른팔, 왼팔, 몸통, 오른다리, 왼다리)로 15가지 임피던스 측정 및 4극 8점 터치식 전극법(8-point tactile electrode method) 등 혁신적으로 개선된 침단 방식인 아동용 체성분 분석기(InBody J10)로 신장, 체중, 체지방량, 체지방량, 체지방률, 체지방지수를 측정하였다.

혈액 분석

모든 검사 항목은 사전, 사후 동일한 방법과 조건으로, 검사를 위해 전날 20:00 부터 12시간 이상 물과 음식을 제한한 공복 상태를 유지하도록 통제하여 다음날 오전 09시~10시에 실시 하였다.

채혈은 B시에 소재한 I 대학병원 간호사 2인이 유치원을 방문하여 아동이 앉은 자세에서 약 10 ml를 전완주정맥(cubital vein)에서 채취하였으며, 이때 항응고제(ethyl diamine tetra acetate: EDTA)로 처리한 진공 채혈관 튜브를 사용 하였으며, 혈액 분석은 S의료제단에 의뢰하였다.

운동 프로그램

운동 프로그램으로 줄넘기 운동과 스위스 볼 운동을 12주 동안 주 3회(월, 수, 금)로 구성하여, 1회 총 운동시간은 준비운동 5분, 본 운동 35분(줄넘기 25분, 스위스 볼 10분), 정리운동 5분으로 설정하였으며, 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. 12weeks rope-jumping and swiss ball exercise program

Order	Contents	Period	Time	Intensity
Warm-up	Stretching	1-12 wk	5 min	
Main exercise	Swiss ball (10 min)		Rope-jumping (25 min)	
	① sitting balance			
	② airplane arms	1-4 weeks	non rope-jumping	55~64% HRR
	③ touchdown	(①~⑤)×2	rope-walking	or
	④ right and left raise		1-4 weeks	11~12 RPE
	⑤ swimmer's stroke			
	⑥ egg beater			
	⑦ heel taps	5-8 weeks		35 min
	⑧ toe taps	(①~⑩)×2		
	⑨ leg extensions			
	⑩ baby bounces			65~75% HRR
	⑪ super kids		rope-jumping	or
	⑫ back extensions		5-12 weeks	13~15 RPE
	⑬ forward	9-12 weeks		
	⑭ backward	(①~⑮)×2		
⑮ side by side				
Cool-down	Stretching	1-12 wk	5 min	

줄넘기 운동

유산소성 운동인 줄넘기를 1주일간의 적응기간을 통해 바른 자세, 공간 확보 등을 숙지하도록 지도하였으며, 무선심박수 측정기인 X-trainer (Polar. Co. Finland)를 이용하여 목표 심박수 범위 내에서 줄넘기를 할 수 있도록 하였다.

1일 줄넘기는 25분을 총 12주간 실시하였다. 1~4주는 55~64% HRR에 해당하는 운동, 5~12주는 65~75% HRR의 운동 프로그램으로 점증적 과부하 원리를 적용하여 실시하였다.

운동 강도 설정은 운동 강도의 수준에 해당하는 줄넘기 회전수를 파악하여 대상자들에게 제시하였으며, 운동시간은 약 1분 50초, 휴식시간 30초간으로 유아 동요 10곡을 편집하여 실시하였다.

스위스 볼 운동

스위스 볼 운동은 유아 신장에 따른 앉은 자세에 맞는 공의 크기인 노란색 공을 이용하였고[10], 운동시간은 한 동작 당 10초를 유지하고 1세트를 2회 실시하였다.

운동 빈도는 주 3회(월, 수, 금)로 하여 1일 볼 운동 10분을

총 12주간 실시하였다. 스위스 볼 운동[28]의 운동 강도는 1~4주에는 저강도, 5~12주에는 중강도로 적용하여 실시하였다.

자료 처리

모든 자료는 SPSS Ver. 12.0 프로그램을 이용하여 본 연구 결과치의 정규분포검증은 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov)를 실시한 후 측정항목의 평균과 표준편차를 산출하여 다음과 같이 통계 처리하였다.

각 집단 내의 운동 전·후 차이검증은 paired t-test, 각 집단과 시기 간에 따른 상호작용효과와 집단간의 차이검증은 반복측정분산분석법(Two-way repeated measures ANOVA)으로 분석하였다. 통계적 모든 유의 수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

인체 형태 및 신체 조성의 변화

12주 운동 프로그램에 따른 체격 및 신체조성의 변화를 비교한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Changes of body shape, body composition in pre and post 12 weeks program

Variables	Group	Pre	Post	t	F	
Height (cm)	EG	Man	116.35±2.53	117.68±2.48	10.92***	G: 1.358 T: 273.490 <sup>†††</sup> G×T: .758
		Woman	117.53±4.76	118.87±5.02	8.47***	
		Total	116.94±3.78	118.27±3.92	13.67***	
	CG	Man	118.54±3.63	119.74±3.97	6.70***	
		Woman	111.96±3.53	113.16±3.36	7.66***	
		Total	115.53±4.86	116.73±4.93	-10.16***	
Weight (Kg)	EG	Man	21.47±2.93	22.58±3.15	-9.267***	G: 0.023 T: 165.205 <sup>†††</sup> G×T: 1.297
		Woman	22.03±3.48	23.43±3.57	-6.086***	
		Total	21.75±3.16	23.00±3.32	-9.560***	
	CG	Man	23.71±3.49	24.88±3.62	-8.239***	
		Woman	19.33±2.14	20.23±2.07	-4.401**	
		Total	21.70±3.65	22.75±3.78	-8.594***	
Fat mass (Kg)	EG	Man	3.85±2.14	4.51±2.33	4.772**	G: 0.337 T: 63.644 <sup>†††</sup> G×T: 1.141
		Woman	4.54±1.80	5.80±1.92	7.610***	
		Total	4.20±1.97	5.15±2.19	-7.82***	
	CG	Man	4.83±1.61	6.48±2.17	4.006**	
		Woman	3.84±1.77	4.62±1.65	4.706**	
		Total	4.38±1.72	5.63±2.13	-5.042***	
% fat (%)	EG	Man	17.24±6.88	19.23±7.12	3.579**	G: 1.075 T: 74.438 <sup>†††</sup> G×T: 1.991
		Woman	20.13±4.59	24.31±4.86	8.124***	
		Total	18.69±5.90	21.77±2.19	-7.07***	
	CG	Man	20.20±5.17	25.55±5.39	4.472**	
		Woman	19.35±6.45	22.38±5.83	4.863**	
		Total	19.81±5.68	24.10±5.70	-5.832***	

Values are Mean±Standard deviation.

\*: Significant difference within group in paired t-test, \*\*:  $p<0.01$ , \*\*\*:  $p<0.001$

†: Significant difference of interaction effect between group and time in 2-way repeated ANOVA, †:  $p<0.05$ , †††:  $p<0.001$

EG: exercise group, CG: control group

G: group, T: time, G×T: interaction

12주 운동 프로그램 실시 후 집단 내 인체형태 및 신체조성의 변화는 운동군과 대조군 모두 신장, 체중, 체지방량 및 체지방률이 모두 유의하게 증가하였다( $p < 0.01$ ). 집단과 시기를 요인으로 분산분석을 실시한 결과 집단 간 유의한 차이가 없었으며, 시기 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ). 집단과 시기간의 상호작용효과는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

**오스테오칼신**

오스테오칼신을 분석한 결과는 Table 4~5와 같다.

12주 운동 프로그램 실시 후 집단내 오스테오칼신의 변화는 운동군에서 남아의 경우 사전 10.34±5.63 ng/ml에서 사후 7.67±3.51 ng/ml로 -2.67 ng/ml 감소하였고, 여아의 경우 사전 9.35±3.31 ng/ml에서 사후 7.68±3.82로 -1.67 ng/ml 감소하였으나 유의한 차이가 없었으며, 남녀 합계(n=24)에서는 유의한( $p < 0.05$ ) 차이가 나타났다. 대조군은 여아의 경우에만 사전 10.44±6.55 ng/ml에서 사후 6.63±2.65로 -1.96 ng/ml 유의하게( $p < 0.05$ ) 감소하였다.

오스테오칼신을 집단과 시기를 요인으로 분산분석을 실시한 결과 집단 간 유의한 차이( $p < 0.001$ )가 나타났으며, 시기 간에도 유의한 차이( $p < 0.01$ )가 있는 것으로 나타났다. 집단과 시기간의 상호작용효과는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

**알카리성 포스파타제**

알카리성 포스파타제를 분석한 결과는 Table 6~7과 같다. 12주 운동 프로그램 실시 후 집단내 알카리성 포스파타제의

Table 4. Changes of osteocalcin in pre and post 12 weeks program (ng/ml)

Group	Pre	Post	t	p
Man (n=12)	10.34±5.63	7.67±3.51	1.62	0.224
EG Woman (n=12)	9.35±3.31	7.68±3.82	1.29	0.133
Total (n=24)	9.84±4.54	7.67±3.59	2.107	0.046
Man (n=13)	6.63±4.53	6.21±2.83	0.419	0.683
CG Woman (n=11)	10.44±6.55	6.63±2.65	2.27	0.046
Total (n=24)	8.37±5.75	6.41±2.69	2.005	0.057

Values are Mean±Standard deviation.  
EG: exercise group, CG: control group

Table 5. Results of two-way ANOVA test for changes in osteocalcin

Source	SS	df	MS	F	p
Group	6257.964	1	6257.964	252.704	0.000
Time	102.983	1	102.983	8.459	0.006
Group×Time	0.251	1	0.251	0.021	0.886
Error	560.018	46	12.174		

Table 6. Changes of alkaline phosphatase in pre and post 12 weeks program (ng/ml)

Group	Pre	Post	t	p
Man (n=12)	474.83±86.04	508.00±111.15	1.77	0.602
EG Woman (n=12)	554.50±100.56	569.42±108.46	0.536	0.104
Total (n=24)	514.67±100.16	538.71±111.89	1.46	0.159
Man (n=13)	560.15±89.80	518.15±109.16	1.70	0.114
CG Woman (n=11)	596.91±137.74	580.45±151.42	0.675	0.515
Total (n=24)	577.00±113.16	546.71±131.12	1.756	0.092

Values are Mean±Standard deviation.  
EG: exercise group, CG: control group

Table 7. Results of two-way ANOVA test for changes in alkaline phosphatase

Source	SS	df	MS	F	p
Group	29680.667	1	29680.667	1244.237	0.000
Time	234.375	1	234.375	0.069	0.795
Group×Time	17712.667	1	17712.667	5.181	0.028
Error	157254.000	46	3418.564		

변화는 운동군에서 남아의 경우 사전 474.83±86.04 ng/ml에서 사후 508.00±111.15 ng/ml로 33.17 ng/ml 증가하였고, 여아의 경우 사전 554.50±100.56 ng/ml에서 사후 569.42±108.46로 14.92 ng/ml 증가하였으나 남, 여 모두 유의한 차이는 나타나지 않았다. 대조군은 남아의 경우 사전 560.15±89.80 ng/ml에서 사후 518.15±109.16 ng/ml로 -42 ng/ml 감소하였으며, 여아의 경우 사전 596.91±137.74 ng/ml에서 사후 580.45±151.42 -16.46 ng/ml 감소하였고 유의한 차이는 나타나지 않았다.

알카리성 포스파타제를 집단과 시기를 요인으로 분산분석을 실시한 결과 집단 간 유의한 차이( $p < 0.001$ )가 나타났으며, 시기 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 집단과 시기간의 상호작용효과는 유의한 차이( $p < 0.05$ )가 있는 것으로 나타났다.

**결과 및 고찰**

12주간 운동프로그램에 따른 인체형태 및 신체조성의 집단 내 평균 변화량을 비교한 결과 신장, 체지방량, 체지방률은 운동군과 대조군 모두 유의한 증가를 보였으며, 집단과 시기 간 상호작용효과가 나타나지 않아 시기에 따른 집단간 차이가 없었다. 이러한 결과는 성장기에 있는 유아들은 신장의 증가와 함께 지방세포수가 현저하게 증가하는 시기여서 체지방, 체지방률이 증가하였기 때문이라고 생각된다[14,25].

12주간 운동프로그램에 따른 오스테오칼신의 집단 내 평균 변화량을 비교한 결과 운동군은 유의하게 감소하였다. 운동군과 대조군의 집단과 시기에 따른 상호작용효과를 분석한 결과 상호작용효과는 나타나지 않았다. 이는 시기에 따른 집단 간 차이가 없음을 나타낸다.

골은 신체를 지지하고, 끊임없이 골흡수와 골형성이 반복적으로 일어나는 활발한 대사작용을 한다고 보고하였다[17]. 그 대사과정은 먼저 파골세포가 골 표면에 나타나 2주 동안 역할을 하고, 다음은 조골세포가 골격의 용해된 빈 공간을 채우기 위하여, 우선 콜라겐 매트릭스를 형성한 후 석회화를 촉진시키는데 여기에는 4개월 이상이 소요된다고 한다[7,8]. 실제로 오스테오칼신은 골기질의 무기질화 과정 마지막 단계에서 조골세포로부터 분비되어지며, 이러한 대사적 활성의 변화를 나타냄으로써 오스테오칼신이 혈액순환계에 명확하게 나타나는 데는 보다 더 긴 시일이 요구된다고 보고하였다[23].

운동이 오스테오칼신의 농도에 미치는 영향에 관한 연구를 살펴보면 쥐를 대상으로 저항운동을 실시한 후 오스테오칼신이 저항운동군에서 유의하게 증가하였다는 보고[24]와 쥐를 대상으로 4주간 주 5일, 1일 20분간 20~30 cm의 점프 운동을 시킨 결과 혈중 오스테오칼신 농도가 증가하였다는 보고가 있다[13].

반면, 본 연구결과와 유사한 선행연구를 보면 초등학교 남학생을 대상으로 유산소성 운동과 저항성운동 실시 후 오스테오칼신은 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았으며[11], 아마추어 마라톤 동호회를 대상으로 6개월간 주 1회 60분, 10 km 달리기를 한 결과 오스테오칼신은 현저히 감소하였다고 하였다[10].

골형성과 관련된 연구들을 살펴보면 운동 강도에 따른 저항성운동은 유의한 효과를 나타낸다고 보고되고 있고[2,3,24], 대부분의 저항운동은 골형성 지표 변화를 통해 오스테오칼신의 증가를 긍정적으로 보고하였다. 또한 사춘기 초기 소녀들에게 높은 충격을 주는 형태의 Circuit Training에 기초를 둔 점핑 프로그램은 엉덩이와 척추골의 골 미네랄 함유량(Bone mineral content)을 증가시켰으며 중강도로 진행되면서 많은 골량의 획득이 발생하고, 골 손실과 골절 위험을 방지해 주는 중요한 요인이라고 보고하였다[15].

선행연구의 결과[2,3,15,24]를 살펴본 결과 저항운동과 점핑 운동이 오스테오칼신 농도의 증가에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 하지만 본 연구에서는 시기에 따른 집단 간 차이가 나타나지 않아 골대사 지표에 긍정적인 효과를 나타내기에 운동강도가 약한 것으로 생각된다. 따라서 골형성 지표에 긍정적인 변화를 위해서 저항운동의 적절한 운동강도 설정이 필요하다고 생각된다. 또한 장기간의 지속적인 운동실시와 종단적 연구는 더욱 의의 있는 실험결과를 낼 것이라 사료된다.

알카리성 포스파타제는 조골세포에서 분비되는 당단백질로 임상에서 가장 흔히 이용 되는 골형성 지표이다[4]. 본 연구에서 12주간 운동프로그램에 따른 알카리성 포스파타제의 집단 내 평균 변화량을 비교한 결과 운동군은 증가하였으며, 대조군은 감소하였지만 유의한 차이는 없었다. 집단과 시기 간 상호작용효과는 유의한 차이가 있었다. 이는 시기에 따른 집단 간 차이가 있는 것으로 12주간의 줄넘기 및 스쿼트 운동

이 알카리성 포스파타제 농도를 증가시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

성장기 아동의 뼈에 가해지는 부하가 최소한의 효과적 강도 이하일 경우 골성장을 억제시키지만, 최소한의 효과적 강도 이상의 부하는 골대사를 촉진시켜 골형성과 골성장을 향상시킨다고 보고하였고[6], 운동의 시작 연령이 낮을수록 골밀도의 상승효과를 크게 기대할 수 있는데 이는 골격구조가 완성된 이후보다 골량이 형성되는 시기에 기계적 자극을 가할 때 골 반응도가 크기 때문이라 보고하였다[12].

알카리성 포스파타제는 신장, 체중과 긍정적인 상호관련성을 보고하면서 연령에 대한 신장과 체중에 상당한 골형성을 시사하였으며, 뿐만 아니라 유아와 사춘기에 혈중농도가 일반적으로 더 높은 것을 볼 수 있는데 이러한 결과는 골형성과 골흡수가 빠르게 진행되는 것을 나타낸다고 보고하였다[21]. 본 연구에서도 신장과 체중의 증가와 함께 알카리성 포스파타제 농도의 증가가 나타나 상호작용효과에 대한 선행 연구의 결과를 지지하는 것으로 생각된다.

아동기 초기에 골대사가 활발하게 일어나 모든 골대사 지표들이 증가한다는 보고[5]와 같이 낮은 연령에서의 운동 실시는 골형성 호르몬의 변화에 많은 영향을 미쳐 긍정적인 효과가 나타난 것이라 사료된다.

따라서 골 성장의 향상을 위해 취학 전 아동기 때부터 운동을 통한 골량의 증가는 성인기에 골다공증에 의한 골절을 예방 하는데 있어서 중요하다고 하겠다.

## 요 약

취학 전 유아를 대상으로 12주간 줄넘기운동과 스쿼트 운동 병행한 운동 프로그램을 실시한 결과 결론은 다음과 같다.

### 신체조성의 변화

각 집단 내 운동 효과에 대한 신체조성의 변화에서 운동군과 대조군 모두 신장, 체중, 체지방량 및 체지방률이 모두 유의하게 증가하였다. 시기에 따른 집단 간 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

### 오스테오칼신

각 집단 내 운동 효과에 대한 오스테오칼신의 변화에서 운동군은 남아, 여아 모두 유의성이 나타나지 않았고, 대조군은 여아의 경우만 유의하게 감소하였다. 시기에 따른 집단 간 상호작용효과도 나타나지 않았다.

### 알카리성 포스파타제

각 집단 내 운동효과에 대한 알카리성 포스파타제의 변화에서 운동군과 대조군 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시

기에 따른 집단 간 상호작용효과는 있는 것으로 나타났다. 이상의 연구결과에서 줄넘기 및 스위스 볼 운동이 취학전 유아의 시기에 따른 집단 간 상호작용효과는 나타내지 못했지만 집단 내 변화에서 대조군 보다 긍정적인 변화를 나타내었으며, 알카리성 포스파타제의 변인에서 상호작용 효과가 나타나 골량의 형성기인 유아들에게 줄넘기 및 스위스 볼 운동의 적용이 발육 향상과 골 건강 증진에 긍정적인 변화를 나타내었다. 하지만 오스테오칼신 농도의 변화에는 영향을 미치지 못하였다. 따라서, 향후 운동강도와 운동기간 등을 고려한 연구가 요구된다.

### 감사의 글

이 과정은 부산대학교 교수해외 장기과건 지원비에 의하여 연구되었음.

### References

- Boss, S. L. 2000. The prepubertal years: A uniquely opportunity stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise? *Sports Medicine* **30**, 73-78.
- Choi, J. H., J. H. Yang and W. I. Park. 2006. Effects of Pilates Matwork Method on Health-Related Fitness and Muscular Band System in the Middle-Aged Women's. *The Korean Journal of Physical Education* **45**, 515-526.
- Consitt, L. A., J. L. Copeland and M. S. Tremblay. 2002. Endogenous Anabolic Hormone Responses to Endurance Versus Resistance Exercise and Training in Women. *Sport Med* **32**, 1-22.
- Delmas, P. D. 1995. Biological markers of bone metabolism. *Press Med* **22**, 263-268.
- Foley, S., S. Quinn, T. Dwyer, A. Venn and G. Jones. 2008. Measures of Childhood Fitness and Body Mass Index are Associated with Bone Mass in Adulthood: A 20 Year Prospective Study. *J. Bone Miner. Res.* **26**.
- Frost, H. M. 1987. Bone "mass" and the "mechanostat": A proposal. *Anat. Rec.* **219**, 1-9.
- Gordon, S. E., W. J. Kraemer, N. H. Vos, J. M. Lynch and H. G. Knuttren. 1994. Effect of acid-base balance on the growth hormone response to acute high-intensity cycle exercise. *J. Appl. Physiol.* **76**, 821-829.
- Harold, M. F. 2001. From Wolff's Law to the Utah Paradigm: Insights About Bone Physiology and It's Clinical Applications. *The anatomical record* **262**, 398-419.
- Hanen, M. A., K. R. Overgaard, B. J. Riis and C. Christiansen. 1991. Role of peak bone mass and bone loss in postmenopausal osteoporosis: 12 year study. *Br. Med J.* **303**, 961-964.
- Jang, S. D., M. Y. Hong, S. J. Moon, J. H. Kim and Y. J. Kim. 2004. The effect of 10km running for a long term on the bone metabolism. *The Korean Journal of Physical Education* **43**, 559-565.
- Kim, D. H., D. S. Kim, H. Y. Lee, H. W. Kim, S. H. Shin, S. W. Jang and K. Y. Baek. 2008. The effects of aerobic and resistance exercise on body composition, height development, and biochemical bone markers of elementary male students. *Korean Society of exercise Physiology* **17**, 59-68.
- Kim, J. S., M. H. Kim and J. S. Sin. 2004. Effects of Weight-Bearing Exercise on Bone Metabolism in College Women. *J. Korean Acad Nurs.* **34**, 760-770.
- Kodama, Y., Y. Umemura, S. Nagasawa., W. G. Beamer, L. R. Donahue, C. R. Rosen D. J. Baylink and J. R. Farley. 2000. Exercise and mechanical loading increase periosteal bone formation and whole bone strength in C57BL/6J mice but not in C3H mice. *Calcif. Tissue Int.* **66**, 298-306.
- Malina, R. M., C. Bouchard and O. Bar-Or. 2004. *Growth, Maturation, and Physical Activity* Human Kinetics.
- McKelvie, K. J., K. M. Khan, M. A. Petit, P. A. Janssen and H. A. MacKay. 2003. A school-based exercise intervention elicits substantial bone health benefits: a 2-year randomized controlled trial in girls. *Journal of Pediatric* **112**, 447.
- Merle, L., J. Steven and Keteyian. 1998. *Fox's Physiological Basis for Exercise and sport*, 6th eds. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mundy, G. R. 1999. Bone Remodeling In Favuc M. J. (Ed). *Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism* 30-38, Lippincott Williams and Wilkins.
- Ott, S. M. 1990. Attainment of peak bone mass (Editorial). *J. Clinol. Metab* **71**, 1082.
- Park, J. N., K. G. Kim and S. H. Lee. 2004. A Study of Factors Affecting Bone Mineral Density in Children: Anthropometric Measurements, Socioeconomic Factors, Family History, and Other Environmental Factors. *Department of Food and Nutrition* **37**, 52-60.
- Pocock, N., J. Eisman and T. Gwinn. 1989. Muscle strength, physical fitness and weight but no age predict femoral neck bone mass. *J. Bone Miner. Res.* **4**, 441-448.
- Rauchenzauner, M., A. Schmid. E. P. Heinz, K. Kapelari, G. Falkensammer, A. Griesmacher, G. Finkenstedt and W. Hogler. 2007. Sex-and Age-Specific Reference Curves for Serum Markers of Bone Turnover in Healthy Children from 2 months to 18 years. *J. Clin. End Met.* **92**, 443-449.
- Recker, R. R., K. M. Davies, S. M. Hinders, R. P. Heaney, M. R. Stegman and D. B. Kimmei. 1992. Bone gain in young adult women. *JAMA* **268**, 2403-2408.
- Seibel, M, J., R. Eastell, C. M. Cundberg, R. Hannon and H. A. P. Pols. 2002. Biochemical markers of bone metabolism. *Principles of Bone Biology* **2**, 1543-1571.
- Smith, M. Z., B. M. Goettsch, R. D. Van Ramshorst, J. A. O'brien, S. V. Jaque and K. D. Sumida. 2007. Resistance Training and Bone Mineral Density during Growth. *Int. J. Sports Med* **18**.
- Soriguer, F. J., A. L. Esteva, F. J. Tinahone and A. Parej. 1996. Adipose tissue fatty acids and size and number of fat cells from birth to 9 tears of age-a cross-sectional study in 96 boys. *Metabolism* **45**, 1395-1401.
- Stephen, J. V. 2005. *Active start for healthy kids*. pp. 104-108. The information leader in physical activity, Champaign, IL: Human Kinetics.