

12주간 복합운동이 여성 노인의 신체수행능력, 골밀도 및 부갑상선호르몬에 미치는 영향

김정숙^{1*} · 김지현¹ · 하수민¹ · 현수진¹ · 윤병곤² · 김도연^{1†}

¹부산대학교 체육교육과

²동의대학교 체육학과

(2018년 5월 31일 접수: 2018년 6월 28일 수정: 2018년 6월 28일 채택)

Effects of 12-week Combined Exercise Program on Short Physical Performance Battery, Bone Mineral Density and Parathyroid Hormone in the Elderly Women

Kim, Jung-Sook^{1*} · Kim, Ji-Hyeon¹ · Ha, Soo-Min¹ · Hynn, Su-Jin¹
Yoon, Byeong-Kon² · Kim, Do-Yeon^{1†}

¹Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

²Department of Physical Education, Dong Eui University, Busan, Korea

(Received May 31, 2018; Revised June 28, 2018; Accepted June 28, 2018)

요약 : 본 연구는 여성노인을 대상으로 라인댄스와 저항성운동을 적용한 복합운동프로그램이 신체수행능력, 골밀도 및 부갑상선호르몬에 미치는 영향을 구명하기 위하여, 만65세~75세 여성노인을 대상으로 운동군 11명, 대조군 11명으로 분류하여 회당 60분씩 주 2회 라인댄스, 1회 저항성운동을 12주간 실시하였다. 운동 수행강도는 운동자각도(RPE)를 이용하여 '가볍다'에서 '약간 힘들다' 정도인 11~14 사이를 유지하였다. 라인댄스와 저항성운동 전·후에 측정된 자료의 그룹 내 차이 비교를 위해 대응표본 T검정, 그룹 간 차이는 운동 전·후의 변화량을 산출하여 독립표본 T검정을 실시하였고, 측정변인들에 대한 그룹 및 시기간 상호작용을 검증하기 위해 이원배치 반복측정 분산분석으로 하였으며, 각 항목별 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다. 그 결과, 운동군이 신체수행능력 중 균형속도($p < .05$), 보행속도($p < .01$), 의자에서 일어서기($p < .001$), SPPB 종합점수($p < .001$)가 증가하였으며, 골밀도는 요추(L2~L4)골밀도에서 운동군이 유의하게 증가하였고($p < .05$), T-score점수는 운동군이 유의한 증가를 보였으나($p < .01$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. PTH수준은 운동군이 유의하게 감소하였고($p < .05$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과 규칙적이고 지속적인 신체활동은 여성노인의 신체수행능력, 골밀도 및 부갑상선 호르몬의 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

주제어 : 복합운동, 신체수행능력평가, 골밀도, 부갑상선호르몬

[†]Corresponding author

(E-mail: kdy4955@pusan.ac.kr)

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of combined exercise program on short physical performance battery, bone mineral density and parathyroid hormone levels in elderly women. This study subjects were 22 elderly female volunteers, aged 65-75 years and they divided into the combined exercise group(n=11) and the "no exercise" control group(n=11). The combined exercise included the line dance program performed twice per week for 60 minutes and the resistance exercise program performed once per week during 12 weeks. Exercise intensity was progressively increased from RPE "fairly light" to "slightly hard" (from 11 to 14). The findings of this study were as follows: Short physical performance battery(Balance test, gait speed, and rising from a chair five times) and bone mineral density (lumbar spine L2~L4 bone densities, and the T-score) were significantly increased after 12 weeks in the exercise group compared to the baseline. The PTH level was significantly decreased in the exercise group compared to the baseline. In conclusion, regular and continuous physical activity was effective for improving short physical performance and had a positive effect on bone mineral density and parathyroid hormone. With aging, women have decreased muscle strength and bone density and therefore, it is strongly recommended that women need to carry out continuous physical activity to prevent disease and ensure a healthy retirement.

Keywords : combined exercise, short physical performance battery, bone mineral density, parathyroid hormone

1. 서론

고령자 수의 증가는 전 세계적인 현상으로, 2017년과 2050년 사이 거의 모든 국가에서 60세 이상의 인구가 크게 증가할 것으로 예상된다[1]. 우리나라 역시 급속한 인구 고령화에 직면하고 있으며[2], 2017년 전체 인구 중 13.8%가 65세 이상 고령자이고, 그 중 여성노인이 남성노인보다 15% 높은 비중을 차지하고 있다[3]. 연령증가에 따른 노화의 진행은 건강상의 문제와 의료비 증가 등 사회적, 경제적 손실에 큰 영향을 미칠 수 있으며[4], 신체활동 감소와 운동량 부족으로 인체의 전반적인 기능이 저하되고, 각종 질환의 유발과 사망위험률이 증가하는 등 노년기 삶의 질을 저하시킨다[5].

신체활동은 골격근의 수축에 의해서 발생하는 신체의 모든 움직임을 말하는 것으로 노화에 따른 생리적 변화를 지연시킬 수 있고, 신체적 장애위험률 경감과 수명연장의 이점이 있으며[6], 노인들의 육체적 활동수준은 삶의 질과 관련성이 높은 것으로 보고되고 있어 신체활동의 중요성이 강조되고 있다[7]. 노인의 주기적인 신체활동 참여는 작업생활이나 운동참여가 없는 노인에게 비해 일상생활수행능력이 높은 것으로 나타났으며[8], 노화 및 신체활동의 부족은 노인들의 근 손실과

함께 근 위축현상을 가속화시켜, 전반적인 기능 저하와 독립적인 일상생활에 필요한 움직임에 많은 영향을 미친다[9].

노인건강증진을 위한 운동요법으로 복합운동이 권장되고 있으며, 단일형태의 운동보다 두 가지 운동의 유형을 함께 실시함으로써 유산소성운동의 장점과 저항성운동의 장점을 극대화시켜 체지방량의 증가 및 근력의 향상에 효과적인 운동중재 방법이다[10-12]. 노인에게 복합운동의 적용은 낙상위험 예방과 운동기능 및 근감소증 개선, 요추골밀도 및 균형능력을 향상시키고, 노인들의 전반적인 체력의 향상과 항 노화호르몬의 긍정적인 변화를 가져와, 노년기 삶의 질이 높아지고 건강한 노년을 맞이할 수 있다[13-17].

신체수행능력검사도구(Short Physical Performance Battery: SPPB)는 노인의 신체기능 측정방법으로 균형감, 보행속도, 의자에서 일어나는 속도를 12점 만점으로 평가한다[18]. 특히 걷기와 의자에서 일어나기 등과 같은 일상생활의 활동에 필요한 근력, 평형성 및 유연성은 노인에게 있어 매우 중요하며[19], 연령 증가에 따른 근력 약화와 감소된 균형감각에 의한 낙상 예방을 위해 노인에게 효과적인 운동프로그램이 필요하다[20]. 노년기의 활동제약과 부동에 따른 움직임의 제한은 골다공증으로 인한 골절의 위험을 증

가시킴과, 정신적, 경제적으로 많은 손실을 불러 오며, 골밀도가 낮을수록 골절의 위험이 크다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다[21]. 여성은 폐경 후 5년 동안 칼슘이 빠르게 상실되고, 노화에 따른 골밀도의 상실은 제지방량의 상실과 함께 나타난다[22]. 2013년 기준으로 인구 10만명당 골다공증 환자 중, 여성이 남성보다 전 연령대에서 높게 나타났고, 50대 이후 급격한 증가가 나타났다[23].

운동을 통한 수의적 신체움직임은 저항을 이겨냄으로써 뼈의 강성을 증가시킬 수 있으며[24], 복합운동프로그램은 균형감각을 향상시켜 낙상의 위험을 줄이고 노화에 따른 골밀도 감소를 억제하는데 효과적이다[25]. 여성노인의 레크리에이션 운동 참여는 골밀도 유지, 악력 및 유연성의 증가를 가져오며[26], 밴드를 이용한 저항성운동은 여성노인의 골밀도 수치 및 건강증진행위에 긍정적인 결과를 나타냈다[27]. 유산소성운동 중재 후 여성노인의 근력, 평형성, 유연성 향상과 골절에 대한 위험도를 낮추고, 골격근량과 T-score 수준에서 긍정적인 변화를 나타냈다[28]. 노화 진행에 따른 하지근력 감소와 골다공증의 발생은 높은 상관성이 있으며, 골다공증 예방을 위한 신체활동 및 운동프로그램이 중요하다[29].

부갑상선호르몬(parathyroid hormone: PTH)은 골형성 자극에 작용을 하는데[30], 노년층에서 증가된 PTH 분비는 골의 교체율과 골다공증성 골절을 증가시킨다[31]. PTH는 파골세포가 뼈 미네랄이 재흡수를 하도록 자극하여 혈액 내 칼슘 항상성 유지에 있어서 중요한 역할을 하며[32], 낮은 칼슘 섭취는 혈액의 높은 PTH 수준과 관련이 있어 골절에 대한 위험 요인으로 나타났다[33]. 운동 중재로 인한 PTH의 감소는 뼈의 재흡수 억제 및 혈중 칼슘 농도를 증가시켜 골밀도 향상에 긍정적인 효과라고 볼 수 있다[34].

노인에게 있어 운동에 대한 궁극적 효과는 체

력 향상에서 멈추는 것이 아니라, 일상생활에서의 편리하고 안전한 생활능력을 가지며 건강증진 및 삶의 질 향상에 도움을 준다[35]. 하지만 노인의 운동참여율은 실질적으로 매우 낮으며, 이로 인한 신체활동의 감소는 체력 저하로 나타나 골 질환을 발생시킨다. 특히 활동량이 적은 여성의 유병률이 남성보다 높은 실정이다[36].

따라서 본 연구는 12주간 복합운동프로그램에 참여한 여성노인들의 신체수행능력, 골밀도 및 부갑상선호르몬의 변화를 비교·분석하여 운동이 골밀도에 미치는 영향을 구명하고, 골다공증성 골절 및 낙상예방을 위한 운동방법을 제시할 필요성이 있어 실시하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상자는 B광역시 N구에 거주하는 만 65세~75세 여성노인으로 본 연구의 내용과 목적에 대해 충분히 설명하였고, 동의서에 자필서명을 받은자로, 골대사에 영향을 미칠 수 있는 만성질환 및 약물을 복용하고 있는 사람은 대상자에서 제외 되었으며, 규칙적으로 운동에 참여하지 않는 여성노인 22명을 대상으로 운동군 11명, 대조군 11명으로 무선 배정하였다. 연구대상자의 신체적인 특성은 <Table 1>과 같다.

2.2. 측정항목 및 방법

모든 검사항목은 동일한 방법과 조건으로 신체수행능력, 골밀도 및 부갑상선호르몬을 측정하였으며, 운동군은 1차(12주 전 안정 시), 2차(12주 복합운동 실시 후)로 나누어 총 2회, 대조군은 1차(12주 전 안정 시), 2차(12주 후 안정 시)로 총 2회 실시하였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

variable Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	%Body fat (%)
EG(n=11)	71.00±4.40	157.00±5.45	58.80±5.40	33.62±5.29
CG(n=11)	73.00±2.90	154.50±3.13	59.27±7.23	35.76±4.98

Values are M±SD

EG: exercise group

CG: control group

2.2.1. 신체수행능력

신체수행능력검사(SPPB)는 노인을 위해 신체기능을 간편하게 평가하고, 유용하면서 쉽게 측정할 수 있는 하지 기능검사로써 장애, 공공시설수용, 사망률을 예측하는데 널리 알려진 검사로[6]. 균형 검사, 보행 속도, 의자에서 일어서기 검사를 실시하여, 측정된 수치를 점수(총 12점)로 환산하여 신체수행능력을 평가하였다[18].

균형 검사는 일반 자세(side-by-side stance), 일렬 자세(tandem stance), 반 일렬 자세(semi-tandem stance)로 측정하였다. 일반 자세는 상지를 편하게 체간에 붙이고 다리를 어깨넓이로 벌리고 선 자세이며, 일렬 자세는 일반 자세에서 다리를 일렬로 붙이고 선 자세이고, 반 일렬 자세는 한쪽 발이 반반 겹치게 붙이고 선 자세이다. 각 검사의 평가기준은 10초 이상 유지할 수 있느냐로 평가하는데, 일반 자세와 반 일렬 자세를 10초 이상 유지할 경우는 각각 1점씩, 일렬 자세는 3초 이상 유지하면 1점, 10초를 유지하면 2점을 주어 총 4점으로 하였다. 보행 속도 검사는 선 자세에서 평상시 걷는 속도로 4 m를 걸어가는 시간(초)을 측정하여, 수행하지 못 하였을 경우는 0점, 8.7초 초과인 경우 1점, 6.21~8.7초는 2점, 4.82~6.20초는 3점, 4.82초 미만인 경우는 4점으로 평가하였으며, 2회 실시 중 좋은 기록을 0.1초 단위로 기록하였다. 의자에서 일어서기 검사는 가슴에 팔짱을 끼고, 일어서고 앉기를 가능한 빠르게 5회 반복하는 시간을 측정하였고, 평가는 60초 이상 소요되거나 하지 못하면 0점, 16.7초 이상이면 1점, 13.7~16.69초면 2점, 11.2~13.69초면 3점, 11.19초 이내에 시행하면 4점으로 하였다[18].

2.2.2. 골밀도

이중에너지 X선 흡수계측기(dual energy X-ray absorptionmetry, DEXA)를 통해 골다공증에 의한 골절이 빈번하고 유병률 및 사망률에 가장 큰 영향을 미치는 제2번~4번 요추의 골밀도를 측정하였다. T-score를 환산하여 적용하면 정상은 -1.0 이내, 골결핍 혹은 낮은 골밀도군은 -1.0에서 -2.5이내, 골다공증은 -2.5 이하, 심한 골다공증은 -2.5 이하 및 한 부위 이상의 비외상성 골절(fragility fracture)이 동반될 때를 나타낸다[37].

2.2.3. 부갑상선호르몬

운동 전·후의 혈액채취를 위해 채혈 전날 오후 9시 이후부터 공복을 유지하도록 하여, 당일 오전 9~10시에 진공 채혈관과 바늘을 이용하여 전완정맥에서 각 10 mL 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 원심분리기 Combi-514R(Hanil, Korea)을 이용하여 3,000 rpm으로 15분간 원심분리하고 혈청을 분리한 후 ECLIA (Electrochemiluminescence immunoassay)를 사용하여 intact PTH를 분석하였으며, 정상 참고 범위는 15~65 pg/mL이다.

2.3. 복합운동프로그램

본 연구에서 복합운동프로그램은 <Table 2>에 나타난 바와 같으며, 유산소성운동과 저항성운동을 포함한 복합운동프로그램으로 구성하였다. 유산소성운동 프로그램은 노인들이 쉽게 따라 할 수 있고 경쾌한 음악에 맞추어 스텝을 밟으며 춤을 추는 라인댄스 동작들로 구성하였고, 저항성운동 프로그램은 대한노인건강운동협회(2015)와 ACSM(2013)의 노인을 위한 저항성운동 프로그램을 참고하여 주당 라인댄스 2회 저항성운동 1회, 1회당 60분씩 총 12주간 실시하였다. 운동강도는 1-RM 40~60%로 Borg의 운동자각도(Rating of Perceived Exertion: RPE)를 이용하여, '가볍다'에서 '약간 힘들다' 정도인 11~14 사이를 유지하여[6], 운동기간이 진행됨에 따라 점진적으로 운동 강도를 상향 조정하였고, 운동 전, 중, 후에 갈증을 느끼지 않도록 자유롭게 수시로 수분섭취를 하도록 하였다.

2.4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS/PC⁺ version 23.0을 이용하여 측정항목에 대한 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출하여, 그룹 내 전·후의 차이는 paired *t*-test, 그룹 간 차이는 independent *t*-test를 실시하였고, 측정변인들에 대한 그룹 및 시기 간 상호작용을 검증하기 위하여 two-way repeated measures ANOVA로 분석하였으며, 각 항목별 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

Table 2. Combined exercise program

Type	Week	Exercise	Intensity	Frequency
Aerobic exercise	1-12	Everybody Give It To Me yeah Cowboy Boogie Cut A Rug	RPE 11-14	2 day/week
	1-4	biceps curl, shoulder press seated row, ankle dorsiflexion biceps femoris dead lift hip-joint abduction hip-joint flexion, extension sit down a moving-up	12 laps/1 sets 1-RM 40% (RPE 11-12)	
Resistance exercise	5-8	chair squat, wall squat forward lunge, stair step-up reverse fly with dumbbells seated shoulder press with-a dumbbells	12 laps/2 sets 1-RM 50% (RPE 12-13)	1 day/week
	9-12	wall push-up side lateral raise with dumbbells overhead triceps extension with- a dumbbells biceps curls with dumbbells	15 laps/2 sets 1-RM 60% (RPE 13-14)	

3. 연구결과

3.1. 신체수행능력

12주간 여성노인에게 복합운동을 실시한 후, 각 집단의 신체수행능력의 변화를 알아보기 위하여 균형 검사, 보행 속도, 의자에서 일어서기, Total Short Physical Performance Battery(Total SPPB)점수를 측정, 평가하였으며, 각 검사에 대한 운동 전·후와 집단 내, 집단 간 변화와 상호작용을 비교·분석한 결과는 <Table 3>과 같다.

균형 검사의 그룹 내 시기별 변화는 운동군($p < .05$)이 유의하게 증가하였고, 그룹 간 차이는 12주 운동 후($p < .05$) 및 변화량($p < .01$)에서 운동군이 대조군보다 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 상호작용 효과($p < .001$)가 나타났다. 보행 속도 검사의 그룹 내 시기별 변화는 운동군($p < .01$)이 유의하게 증가하였고, 그룹 간 차이는 12주 후 운동군이 대조군 보다 유의하게 높은 것으로 나타났($p < .05$). 의자에서 일어서기 검사의 그룹 내 시기별 변화는 운동군이 유의하게 증가하였고($p < .001$), 그룹 간 차이는 12주 후 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 변화량에서는 운동군이 대조군 보다 유의하게 높게 나타났으며($p < .05$), 시

기 간 주 효과($p < .01$)와 상호작용 효과($p < .05$)가 나타났다.

Total SPPB의 그룹 내 시기별 변화는 운동군이 유의하게 증가하였고($p < .001$), 그룹 간 차이는 12주 후($p < .01$)와 변화량($p < .001$)에서 운동군이 대조군보다 유의하게 높게 나타났으며, 시기 간 주 효과($p < .01$)와 상호작용 효과($p < .01$)가 나타났다.

3.2. 골밀도

각 집단의 골밀도의 변화를 알아보기 위하여 요추(L2~L4) 부위에서 측정한 골밀도와 골다공증 진단기준인 T-score를 운동 전·후 집단 내와 집단 간 비교·분석하고, 각 시기와 그룹간의 상호작용을 검증한 결과는 <Table 4>에 나타난 바와 같다.

요추 골밀도의 그룹 내 시기별 변화는 운동군이 유의하게 증가하였고($p < .05$), 그룹 간 차이는 변화량에서 운동군이 대조군 보다 높은 것으로 나타났으며($p < .05$), 상호작용효과($p < .05$)가 나타났다. T-score의 그룹 내 시기별 변화는 운동군이 유의하게 증가하였고($p < .01$), 그룹 간 차이는 12주 후($p < .05$) 및 변화량($p < .01$)에서 운동군이

Table 3. Changes in short physical performance battery after 12-week combined exercise

Variables	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
Balance (score)	EG(n=11)	3.45±0.52	3.91±0.30	0.45±0.52	-2.887*	Time 0.083
	CG(n=11)	3.64±0.50	3.27±0.65	-0.36±0.67	1.789	Group 1.096
	<i>t</i> -value	-0.830	2.958*	3.182**		T×G 20.250***
Gait speed (score)	EG(n=11)	3.09±0.70	3.82±0.40	0.73±0.65	-3.730**	Time 3.063
	CG(n=11)	3.00±0.63	2.91±1.22	-0.09±1.38	0.219	Group 4.583
	<i>t</i> -value	-0.319	2.344*	1.786		T×G 2.328
Rising from a chair 5 times (score)	EG(n=11)	2.27±0.79	3.55±0.52	1.27±0.90	-4.667***	Time 17.840**
	CG(n=11)	2.55±1.29	2.82±1.08	0.27±0.90	-1.000	Group 0.486
	<i>t</i> -value	-0.598	2.013	2.593*		T×G 6.111*
Total SPPB (score)	EG(n=11)	8.91±1.30	11.00±0.89	2.09±1.38	-5.043***	Time 12.971**
	CG(n=11)	9.18±1.83	9.00±1.90	-0.18±1.17	0.516	Group 1.801
	<i>t</i> -value	-0.402	3.162**	4.178***		T×G 16.622**

Values are M±SD

p*<.05, *p*<.01, ****p*<.001

Table 4. Changes in lumber spine after 12-week combined exercise

Variables	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
Lumber spine (g/cm ²)	EG(n=11)	0.97±0.12	1.02±0.09	0.05±0.07	-2.666*	Time 0.332
	CG(n=11)	0.97±0.18	0.93±0.15	-0.03±0.08	1.304	Group 0.472
	<i>t</i> -value	-0.011	1.588	2.669*		T×G 8.226*
T-score	EG(n=11)	-1.44±1.13	-1.15±1.04	0.29±0.24	-3.975**	Time 0.066
	CG(n=11)	-1.80±0.90	-2.05±0.90	-0.25±0.41	2.006	Group 1.724
	<i>t</i> -value	0.837	2.161*	3.762**		T×G 30.860***

Values are M±SD

p*<.05, *p*<.01, ****p*<.001

대조군 보다 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 상호작용 효과(*p*<.001)가 나타났다.

3.3. 부갑상선호르몬

각 집단의 부갑상선호르몬의 변화를 알아보기 위하여 운동 전·후와 집단 내, 집단 간 부갑상선호르몬을 비교·분석하고, 각 시기와 그룹간의 상호작용을 검증한 결과는 <Table 5>와 같다. 그룹 내 시기별 변화에서 운동군이 유의하게 감소하였고(*p*<.05), 시기 간, 그룹 간 유의한 차이가 없었으며, 상호작용이 나타나지 않았다.

4. 논 의

4.1. 신체수행능력

연령의 증가에 따른 노인들의 신체기능 저하와 근육량의 감소는 노인들이 독립적으로 일상생활을 영위하는데 큰 영향을 미치므로 체력향상과 신체기능의 관리가 필요하다. 신체의 전반적인 기능저하가 나타나는 노인들의 경우 체력의 감소와 근위축 및 골밀도의 감소가 나타나며[38], 특히, 노인에게 있어 걷기와 의자에서 일어서기 등과 같은 일상생활의 활동에 필요한 근력은 일상생활 수행력과 자립능력을 유지하는데 큰 영향을 미친다[39].

Table 5. Changes in parathyroid hormone after 12-week combined exercise

Variables	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
Parathyroid hormone (pg/ml)	EG(n=11)	35.74±7.57	30.85±9.29	-4.88±6.70	2.417*	Time
	CG(n=11)	36.18±12.26	35.49±11.76	-0.69±5.32	0.431	Group
	<i>t</i> -value	-0.103	-1.026	-1.661		T×G

Values are M±SD

**p*<.05

본 연구에서 12주간 여성노인을 대상으로 복합 운동을 실시한 결과, 운동군이 균형, 보행속도에서 유의한 차이를 나타냈다. SPPB 전체 점수에서도 운동군이 대조군보다 유의하게 높게 나타났다. 유산소성운동과 저항성운동을 포함한 복합운동프로그램은 여성노인의 체력과 심혈관질환 요인에 긍정적인 변화와 근력 및 근지구력이 향상되었다 [40].

따라서 노인들의 신체적 활동은 정신적인 안정과도 관련되므로, 신체기능의 관리는 삶의 질 향상을 위해 매우 중요하고[41], 노인의 삶에 질을 평가하는 도구인 SWB(Subjective well being)의 점수와 SPPB 점수는 높은 상관관계를 나타내어 노인들을 위한 신체검사도구의 중요성이 강조된다[42]. 고령자의 지속적인 운동프로그램 또는 신체활동의 참여는 노인의 독립적인 일상생활 수행을 위한 균형능력을 위해 권장된다[8]. 여성노인을 대상으로 12주간 복합운동프로그램 적용 후 근력, 근지구력, 평형성, 심폐지구력 등의 체력요인이 유의하게 증가하였고[43], 70세 이상 여성 노인에게 저항성운동 실시 후 평형능력 및 신체수행능력이 향상되었다[44].

본 연구에서 운동군의 SPPB점수가 유의한 차이가 나타난 것으로 보아, 유산소성운동과 저항성운동을 포함한 복합운동을 통해 체중을 지지하는 반복적인 움직임은 여성노인의 하지근력을 향상 시킴으로써, 노인의 체력 중 근지구력, 심폐지구력의 향상과 함께 협응력, 균형감 등의 신체능력을 길러주어, 노인들의 신체기능과 균형, 보행능력개선에 긍정적인 결과를 나타낸 것으로 보인다.

4.2. 골밀도

뼈의 골질을 유지하기 위해서는 적절한 자극이 주어져야 하며, 그 중 가장 좋은 방법은 운동이다[23]. 지속적인 신체활동은 노화로 인한 근육량

과 근력의 감소를 지연시킬 수 있으며[45], 사회적 활동과 운동을 통한 신체의 움직임은 골다공증과 골절로 인한 합병증 등을 예방하여 보다 나은 노후의 삶을 유지할 수 있다[46]. 즉, 골다공증은 고령화로 인한 사회적인 문제로, 환자뿐만 아니라 가족들의 고통을 수반하며, 이로 인한 치료비용의 증가 또한 사회적인 문제가 되고 있다 [47].

본 연구에서 복합운동프로그램 중재 후, 골밀도의 변화를 살펴보면 요추(L2-L4) 골밀도에서 운동군이 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며, 대조군은 감소를 보였다. T-score는 운동군에서 유의한 증가를 보였고, 대조군보다 운동군이 운동 후에 유의하게 증가하는 것으로 나타나 선행연구 [31,48,49]와 유사한 결과를 보임으로써, 복합운동이 골밀도의 변화에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 보인다. 저항도 저항성운동이 여성노인의 골밀도에 미치는 영향에 대한 연구결과, 요골의 골밀도 수치가 증가하였고[50], 여성노인을 대상으로 12주간 탄성밴드를 이용한 근력 강화 운동 후, 요추(L2-L4) 골밀도 수치가 증가하였다[51].

척추는 신체의 중심이 되는 부분으로 외력에 의해 골절 등의 손상이 잘 발생하는 부위로, 12주간 운동프로그램을 통해 여성노인의 균형 감각 향상 및 척추골밀도를 증가시켜 골다공증 진행을 억제할 수 있으며[25], 복합운동을 통해 골다공증 노인의 골반, 척추, 체간의 골밀도 및 T-score가 개선되었다[52].

유산소성운동은 골밀도 수치를 높이고, 골 손실의 방지나 골질량의 유지에 긍정적인 영향을 준다[53]. 12주간의 댄스스포츠가 고령여성의 골밀도와 T-score가 긍정적인 효과를 나타냈으며, 운동을 하지 않는 사람들에 비해 요추의 골밀도 수치의 향상을 보여 유산소성운동이 골밀도와 밀접한 관련성이 있다고 하였다[54]. 유산소성운동

과 저항성운동으로 구성된 복합운동은 여성노인의 골밀도를 유지하고 골 손실 예방에 긍정적인 영향을 미쳐 골다공증의 위험을 낮춘다[31].

여성의 폐경 후 골밀도 감소로 인한 골다공증은 가장 일반적인 골격장애라고 할 수 있으며, 폐경기 여성에게 24주간 일주일에 3회 유산소성 운동 실시 후, 요추(L2-L4) 골밀도가 증가하였다[55]. 또한 습관적인 신체활동을 하는 여성은 좌식생활을 하는 여성들보다 요추(L1-L4) 골밀도가 높고, 중등도 신체활동은 높은 골밀도와 연관된다[49]. 요추골밀도에 대한 체중 부하 운동의 영향을 연구한 결과 중등도 운동을 하는 남성과 여성 모두에서 운동과 골밀도 변화 사이에 높은 정적상관 관계가 있었고, 대조군은 골밀도가 감소한 것으로 나타났으며, 지속적인 체중 부하 운동은 뼈 손실을 예방하기 위해서 필수적이라고 하였다[56].

본 연구에서 저항성운동은 뼈에 물리적인 부하를 지속적으로 가해 골의 밀도에 영향을 주어 혈류량의 증가, 조골세포의 활발한 활동으로 여성노인의 골밀도 수치를 유지하거나 높이고, 유산소성 운동은 반복되는 다양한 스텝동작으로 하지에 계속적인 부하를 가함으로 인해 균형 감각과 근력 향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각된다.

따라서 복합운동의 실시가 여성노인의 골밀도 유지 및 향상에 긍정적인 결과를 나타냈으며, 골다공증의 조기 진단 및 치료의 중요성을 인식하고, 보다 효과적인 골밀도 유지 및 향상을 위해 규칙적이고 지속적인 다양한 운동프로그램의 적용이 필요할 것이라 생각된다.

4.3. 부갑상선호르몬

노년층에서 증가된 PTH는 골의 교체를 증가시키고, 골다공증성 골절을 증가시키는 요인으로 알려져 있으며, 고령자의 PTH증가의 원인으로 비타민 D 부족, 연령증가에 따른 장에서 칼슘흡수의 장애 등의 원인이 있을 수 있다[57].

혈액 속 높은 수준의 PTH는 낮은 골밀도와 연관이 있어 골절에 대한 위험요인으로 나타났으며[33], 골다공증 치료의 목적으로 사용되는 PTH는 간헐적이고, 소량의 농도가 작용함에 따라 골밀도 향상을 위해 활용되기도 한다[47]. 이와 같은 관계는 4개월간의 트레이닝을 실시한 결과 칼슘 농도는 향상된 반면 PTH는 감소했고[32], 유산소성운동 후 PTH 수준이 유의하게 감소하여 유산소성운동이 골감소증 여성의 골밀도와 PTH

간에 유의한 부적상관관계가 있는 것으로 나타났다[28]. 또한 중년 여성의 12주간 걷기와 조깅 운동 실시 후 PTH의 유의한 감소가 있었으며[58], 이처럼 운동을 통한 PTH 수준의 감소는 뼈의 재흡수를 방어하고 혈청 칼슘을 증가시켜 골밀도에 긍정적인 영향을 준다[34].

본 연구에서 운동군에서 PTH 수준이 유의하게 감소하였고, 대조군에서는 유의한 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 운동으로 인한 PTH 수준이 감소한 선행연구의 결과와 유사함을 나타냈다.

PTH는 골대사에 동화작용 및 이화작용의 효과를 미치고 오랜 기간의 운동실시로 PTH의 과분비는 골 손실을 야기 시키며, 혈액 속 간헐적인 PTH 증가는 동화작용으로 골형성이 일어난다[59].

운동을 실시한 결과, PTH가 상승하는 연구결과를 보였으며[28], 최근 혈청 PTH에 대한 운동 회복시간의 영향을 조사한 연구에서 최대산소섭취량 70-85%에서 21분씩 두 번 연속으로 운동 후 PTH농도가 증가하였고, 같은 강도에서 각 21분 운동 사이에 40분의 회복시간을 가진 후 PTH 농도가 감소하였다. 이는 지속적으로 강렬한 운동을 한 후 PTH 농도가 40분의 회복시간을 가진 동일한 양의 운동 후보다 유의하게 더 큰 것으로 나타났으며, PTH 농도가 증가함에 따라 지속적으로 운동을 하는 동안 칼슘의 농도가 감소하고, 회복 24시간 후 증가한다는 것을 보여 주었다[59].

또한, 점진적운동과 중등도 운동 실시 후 PTH 농도가 증가하였고[60], 이러한 차이에 대한 설명은 운동사이의 회복기간이 PTH 농도의 변화를 약화시키며, 서로 다른 운동강도, 운동시간 및 운동시간의 차이를 포함한다고 할 수 있다[59].

이와 같은 결과, 운동의 강도와 시간 등을 달리 적용하고, 골 흡수를 억제시키는 칼시토닌, 혈중 칼슘농도, 조골세포의 활성화와 파골세포의 활동억제 작용을 하는 호르몬인 에스트로겐 등을 분석함으로써 뼈의 대사와 관련된 성분들의 상호작용에 대한 다양한 결과를 나타낼 수 있을 것으로 생각되어 추후 PTH와 골 대사변인과의 연구가 실시되어야 할 것으로 제안된다.

5. 결론

본 연구는 여성노인을 대상으로 12주간 복합운

동프로그램 중재가 신체수행능력, 골밀도 및 부갑상선호르몬에 미치는 영향을 구명하는데 있으며, 이를 위해 여성노인 22명을 대상으로 운동군 11명, 대조군 11명으로 분류하여 12주간 회당 60분씩 주 3회(2회 라인댄스, 1회 저항성운동) 실시하여 측정된 자료를 비교·분석하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

신체수행능력은 운동군이 12주간 운동 전보다 운동 후 SPPB 종합점수가 유의하게 증가하였으며, 대조군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 균형 검사, 보행 속도, 의자에서 일어서기에서 운동군이 유의하게 증가하였고, 대조군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 골밀도는 요추(L2-L4) 골밀도에서 운동군이 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고, T-score 점수는 운동군에서 운동 후 유의한 증가를 보였으나 대조군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. PTH 수준은 운동군이 운동 전보다 운동 후 유의하게 감소하였고, 대조군은 감소가 있었으나 유의한 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 12주간의 복합운동프로그램이 여성노인의 신체수행능력을 증가시키고, 골밀도 및 부갑상선호르몬에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 노화로 인한 근력과 골밀도 감소가 뚜렷한 여성노인에게 규칙적인 신체활동은 신체수행능력과 골밀도 유지 및 증가에 긍정적인 효과가 있는 것으로 생각된다.

References

1. United Nations, *World Population, 2017*, (2017).
2. Korea Centers for Disease Control and Prevention, *Obesity prevalence of in elderly Korean*. (2014).
3. Statistics Korea, *Demographic housing Total Surbey 2016*, (2017).
4. S. R. Lee, S. B. Cho, K. A. Jeong, "Serum Lipid Profiles and Thyroid Function Tests in Elderly Women", *Journal of Menopausal Medicine*, Vol.15 No.3 pp. 186-192, (2009).
5. U. E. Bauer, P. A. Briss, R. A. Goodman, B. A. Bowman, "Prevention of chronic disease in the 21st century: elimination of the leading preventable causes of premature death and disability in the USA", *LANCET* Vol.384 No.9937 pp. 45-52, (2014).
6. American College of Sports Medicine, *Acsm's guidelines for exercise testing and prescription 9th ed.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, (2013).
7. Y. Takata, T. Ansai, I. Soh, S. Awano, Y. Yoshitake, Y. Kimura, K. Sonoki, S. Kagiya, A. Yoshida, I. T. Hamasaki, T. Torisu, K. Toyoshima, T. Takehara, "Quality of life and physical fitness in an 85-year-old population", *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol.50 No.3 pp. 272-276, (2010).
8. K. S. Lee, "Effects of Balance Control on Physical Performance of Elderly Women", *Journal of Korea Society for Neurotherapy*, Vol.16 No.1 pp. 37-43, (2012).
9. S. W. Arnett, J. H. Laity, S. K. Agrawal, M. E. Cress, "Aerobic reserve and physical functional performance in older adults", *Age and ageing*, Vol.37 No.4 pp. 384-389, (2008).
10. C. G. Choi, "The Effects of Aerobic and Resistance Exercise on the Changes of Body Composition, Blood Lipid Profiles in Obese Middle-School Students", *Korea sport research*, Vol.20 No.1 pp. 1787-1797, (2003).
11. E. M. Gorostiaga, K. Hakkinen, J. Ibanez, M. Izquierdo, W. J. Kraemer, & J. L. Larrion, "Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.36 No.3 pp. 435-443, (2004).
12. R. J. Sigal, G. P. Kenney, N. G. Boule, G. A. Wells, D. Prud'homme, M. Fortier, R. D. Reid, H. Tulloch, D. Coly, P. Phillips, A. Jennings, J. Jaffey, "Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Glycemic Control in Type 2 Diabetes", *Annals of Internal Medicine*, Vol.147 No.6 pp. 357-371, (2007).

13. S. G. Baek, H. J. Choi, "The Effect of 12Weeks Complexed Lower Body Muscle-Strengthening Exercise Program on Fall Risk in Elderly women", *Journal of Information Technology Applications & Management*, Vol.13, No.10 pp. 533-539, (2015).
14. H. B. Lee, Y. W. Kim, "A Study on the Influence of Combined Training of Dance Sports and Resistance Exercise on Motor Abilities and Sarcopenia Indicators in Old Women", *The Journal of Korean Dance*, Vol.35 No.4 pp. 321-339, (2017).
15. Y. C. Byun, D. H. Lee, H. S. Yoo, "Effect of Chronic Dance Sports Activity on Ego-resilience, Subjective Happiness and Balance in Elderly Women", *Korean Society of Sports Psychology*, Vol.25 No.1 pp. 39-50, (2014).
16. J. H. Cho, D. J. Kim, "The Effects of Resistance Exercise Programs on Lumbar Extension Strength, Bone Mineral Density and Balance Ability in Sexagenary Woman Patient with Low Back Pain", *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.12 No.4 pp. 33-43, (2010).
17. Y. M. Ko, C. H. Lim, "The Effects of Combined Exercise Program on Physical Fitness and Related Hormone in Elderly Women", *Korean Society of Physical Medicine*, Vol.10 No.1 pp. 53-61, (2015).
18. J. M. Guranlnik, L. Femicci, C. E. Pieper, S. G. Leveille, K. S. Markides, G. V. Ostir, S. Studenski, L. F. Berkman, & R. B. Wallace, "Lower extremity function and subsequent disability: conses across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery", *Journals of Gerontology A Biological Sciences Medical Sciences*, Vol.55 No.4 pp. 221-231, (2000).
19. K. R. Vincent, R. W. Braith, R. A. Feldman, P. S. Magyari, R. B. Cutler, S. A. Persin, S. L. Lennon, A. H. Gabr, "Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83", *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol.50 No.6 pp. 1100-1107, (2002).
20. J. K. Kim, S. M. Yang, "The Study of Whole Body Vibration training Effects with Bio-mechanical Gait Analysis and Short Physical Performance Battery(SPPB) in elderly women", *The Korean Society of Sports Science*, Vol.23 No.1 pp. 1447-1458, (2014).
21. B. S. Kim, H. W. Lim, W. J. Won, H. R. Choi, "Prevalence of Osteoporosis, Related Factors in 66-Year-OldWomen in Korea", *Korean Journal of Health Promotion*, Vol.12 No.3 pp. 109-114, (2012).
22. Korean Association of Geriatric Healthy Exercise, *Guidlines for the Elderly Sports Medicine*, pp. 31-66, Hanmibook, (2015).
23. National Health Insurance Service, *Big Data Analysis for Health Insurance*, (2018).
24. H. M. Frost, "Bone's mechanostat : a 2003 update", *The Anatomical Record*, Vol.275 No.2 pp. 1081-1101, (2003).
25. T. W. Oh, "Effects of 12-Week Exercise Program on Muscle Strength, Balance and Bone Mineral Density in Elderly Women", *Korean Journal of Gerontological Social Welfare*, Vol.73 NO.1 pp. 505-515, (2018).
26. H. N. Han, J. O. Kim, "Effects of Recreation Exercise Program on Bone Mineral Density, Grip Strength and Flexibility of the Elderly Women", *The Korean Journal of Sport*, Vol.14 No.4 pp. 859-865, (2016).
27. J. H. Kim, H. J. Hyun, M. H. Ahn, E. Y. Choi, G. Y. Ko, B. S. Park, "The Effects of the Thera Band Exercise Program on Bone Mineral Density and Health Promotion Behaviors in Elderly Women", *Korean Society of Biological Nursing Science*, Vol.15 No.3 pp. 147-153, (2013).
28. S. j. Kang, "Effect of Aerobic Exercise on Bone Mineral Density, Bone Metabolism

- Related Hormones, and Fitness in Osteopenic and Obese Women”, *Journal of Sport and Leisure Studies*, 2013. Vol.51 pp. 645-655, (2013)
29. J. K. Park, “Relationship of Leg Muscle Strength and Body Fat on Bone Mineral Density in Healthy Women Aged Over 60 to 80 Year”, *Korean Journal of Exercise Rehabilitation*, Vol.7 No.3 pp. 153-163, (2011).
 30. Y. M. Alkhiary, L. C. Gerstenfeld, E. Krall, M. Westmore, M. Sato, B. H. Mitlak, & T. A. Einhorn, “Enhancement of experimental fracture-healing by systemic administration of recombinant human parathyroid hormone(PTH)”, *Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol.87 No.4 pp. 731-741, (2005).
 31. J. K. Byeon, H. J. Kim, S. S. Goong, S. H. Park, J. K. Seo, J. M. Byeon, S. J. Jeong, “Effects of 12-Week Combined Exercise Program on BMD, PTH and IGF-I in Elderly Women”, *Health & Sports Medicine*, Vol.12 No.1 pp. 55-64, (2010).
 32. R. K. Evans, A. J. Antczak, M. Lester, R. Yanovich, E. Israeli, & D. S. Moran, “Effects of a 4-month recruit training program on markers of bone metabolism”, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.40 No.11 pp. 660-670, (2008).
 33. V. V. Valimaki, H. Alfthan, E. Lehmuskallio, E. La'yttyniemi, T. Sahi, H. Suominen, M. J. Valimaki, “Risk factors for clinical stress fractures in male military recruits: a prospective cohort study”, *Bone*, Vol.37 No.2 pp. 267-273, (2005).
 34. M. Moghadasi, S. Siavashpour, “The effect of 12 weeks of resistance training on hormones of bone formation in young sedentary women”, *European Journal of Applied Physiology*, Vol.113 No.1 pp. 25-32, (2012).
 35. Y. S. Park, “The Effect of Combined Program on the Relation between Physical Performance and Gait Variables of Elderly Peoples”, *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.20, No.3 pp. 185-192, (2012).
 36. S. Kirchengast, B. Haslinger, “Gender differences in health-related quality of life among healthy aged and old-aged Austrians Cross-sectional analysis”, *Gender Medicine*, Vol.5 No.3 pp. 270-278, (2008).
 37. Korean society of bone metabolism, *Bone Mineral Density(3th)*, Hanmiook, Seoul, (2006).
 38. L. P. Lustosa, F. M. Coelho, J. P. Silva, D. S. Pereira, A. N. Parentoni, J. M. Dias, R. C. Dias, & L. S. Pereira, “The effects of a muscle resistance program on the functional capacity, knee extensor muscle strength and plasma levels of IL-6 and TNF-alpha in pre-frail elderly women: randomized crossover clinical trial—a study protocol”, *Trials*, Vol.8 pp. 71-82, (2010).
 39. S. C. Sung, S. H. Shin, K. J. Choi, H. S. Kim, “Validation and Normative Standard of Chair Sit-to-stand Test for Evaluating Lower Body Strength in Korean Older Adults”, *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, Vol.22 No.1 pp. 87-92, (2015).
 40. K. T. Kim, J. H. Cho, “The Effect of Elastic Band and Aerobic Exercise on Fitness, Blood Lipids, and Vascular Inflammatory Markers in Elderly Women”, *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.15 No.2 pp. 129-138, (2013).
 41. N. Garatachea, O. Molinero, R. Martínez-García Jiménez-Jiménez, J. González-Gallego, & S. Márquez, “Feelings of well being in elderly people: Relationship to physical activity and physical function”, *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol.48 No.3 pp. 306-312, (2008).
 42. G. Sposito, M. J. Diogo, F. A. Cintra, A. L. Neri, M. E. Guariento, M. L. De

- Sousa, "Relationship between subjective well-being and the functionality of elderly outpatients", *Brazilian Journal of Physical Therapy*, Vol.14 No.1 pp. 81-89, (2010).
43. H. S. Shin, N. J. Kim, J. U. Ko, J. H. Jang, "Changes of Physical Fitness Variables According to Age Ranges in Elderly Women after 12-Week-Combined Exercise Program Application", *Journal of the Korean Gerontological Society*, Vol.33 No.2 pp. 461-474, (2013).
44. S. H. Kim, H. S. Rhyu, C. K. Hong, "The Effects of 12 Weeks Pilates Mat Exercise and Elastic Band Exercise on Blood Lipids and Physical Function Performance in Elderly Women", *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.13 No.1 pp. 103-112, (2011).
45. H. Shin, L. B. Panton, G. R. Dutton, J. Z. Ilich, "Relationship of Physical performance with Body Composition and Bone Mineral Density in Individuals over 60 Years of Age: A Systematic Review", *Journal of Aging Research*, 191896 pp. 14, (2011).
46. H. H. Choi, "The Correlation between Bone Mineral Density, Body Composition and Lower leg strength of old women", *Korean Journal of Sports Science*, Vol.21 No.1 pp. 701-710, (2012).
47. H. J. Oh, "Therapeutic drugs of Osteoporosis; ParathyroidHormone(PTH)", *Korean Journal of Health Education and Promotion*, Vol.8 No.3 pp. 335-338, (2007).
48. N. J. Kim, "Effects of Resistance Exercise Using Water Bottles on BMD and Aging-related Hormone in the Rural Elderly Women", *Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, Vol.25 No.3 pp. 1-10, (2011).
50. J. M. Hagberg, S. D. Zmuda, K. S. McCole, R. E. Rodgers, K. R. Ferrell, K. R. Wilund, G. E. & G. E. Moore, "Moderate physical activity is associated with higher bone mineral density in postmenopausal women", *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol.49 No.11 pp. 1411-1418, (2001).
50. K. S. Shin, B. H. Jang, "The Effect of Lower Weight Training on Bone Mineral Density and Body Composition in Old-Aged Women", *The Korean Society Fisheries And Sciences Education*, Vol.28 No.1 pp. 118-126, (2016).
51. A. Y. Kim, "Effects of Muscle Strengthening Exercise with Elastic Band on Physical Fitness and Bone Mineral Density in the Elderly Women", Korea National Sport University, (2010).
52. P. B. Choi, "Long-term Combined Exercise has Effect on Regional Bone Mineral Density and Cardiovascular Disease Risk Factors of the Elderly with Osteoporosis", *Journal of the Korean Gerontological Society*, Vol.31 No.2 pp. 355-369, (2011).
53. J. Rittweger, "Can exercise prevent osteoporosis?", *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, Vol.6 No.2 pp. 162-166, (2006).
54. H. K. Seo, "Effects of Dance Sport on bone Mineral Density and Hormone of bone Metabolism in Elderly Women", *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, Vol.21 No.1 pp. 11-19, (2007).
55. M. Y. Chien, Y. T. Wu, A. T. Hsu, R. S. Yang, & J. S. Lai, "Efficacy of a 24-Week Aerobic Exercise Program for Osteopenic Postmenopausal Women", *Calcified Tissue International*, Vol.67 No.6 pp. 443-448, (2000).
56. B. A. Michel, N. E. Lane, D. A. Bloch, H. H. Jones, J. F. Fries, "Effect of Changes in Weight-Bearing Exercise on Lumbar Bone Mass after Age Fifty", *Journal Annals of Medicine*, Vol.23 No.4 pp. 397-401, (1991).

57. J. S. So, H. M. Park, "Relationship between Parathyroid Hormone, Vitamin D & Bone Turnover Markers in Korean Postmenopausal Women", *Obstetrics & Gynecology Science*, Vol.47 No.1 pp. 153-160, (2004).
58. B. Taribian, B. Haijzadeh, & A. MAbbasi, "The calciotropic hormone response to omega-3 supple-mentation during long-term weight-bearing exercise training in post menopausal women", *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol.9 No.2 pp. 245-252, (2010).
59. A. Bouassida, D. Zalleg, Zaouali, M. Ajina, N. Gharbi, M. Duclos, J. P. Richalet, & Z. Tabka, "Parathyroid hormone concentrations during and after two periods of high intensity exercise with and without an intervening recovery period", *European Journal of Applied Physiology*, Vol.88 No.4-5 pp. 339-344, (2003).
60. H. Brahm, K. Piehl-Aulin, & S. Ljunghall, "Bone metabolism during exercise and recovery: the influence of plasma volume and physical fitness", *Calcified Tissue International*, Vol.61 No.3 pp. 192-198, (1997).