JKSCI

한국컴퓨터정보학회논문지
Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 27 No. 10, pp. 175-184, October 2022
https://doi.org/10.9708/jksci.2022.27.10.175

Effects of Aqua and Land Dance Exercise on Bone Metabolism Marker and Bone Mineral Density in Elderly Women with Osteopenia

Jin-Wook Lee*

*Professor, Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Cheon-An, Korea

[Abstract]

This study was conducted to analyze the effect of dance exercise in Aqua(AZ) and Land(ZG) environments on bone metabolism marker(BMM) and bone mineral density(BMD) and to suggested an effective exercise method to prevent osteoporosis and osteopenia. The subjects of the study were randomly assigned to an aqua zumba group (AZG, n=11), a zumba gold group (ZGG, n=13), and a control group (CG, n=12) for elderly women over 70 years age and 12 weeks, dance exercises were conducted twice time a week for 60 minutes. As a result of this study, OC was AZG(P<.001) and ZGG(P<.05), and IGF-1 was significantly increased in AZG(P<.01). However, there was no significant difference in DPD, BMD, and T-score. Therefore, dance (Zumba) exercise in Aqua and Land has positive effects on BMM and BMD in elderly women, so it is suggested as an effective intervention method to delay osteoporosis and osteopenia.

▸ **Key words**: Osteopenia, Elderly Women, Aqua Dance, Land Dance, Bone Metabolism Marker, Bone Mineral Density

[요 약]

이 연구는 노인여성을 대상으로 수중(AZ)과 지상(ZG) 환경에서의 댄스운동이 골대사지표(BMM)와 골밀도(BMD)에 미치는 효과를 분석하여 골다공증 및 골감소증 예방을 위한 효율적인 운동방법을 제안하고자 실시되었다. 연구의 대상자는 70대 이상의 노인여성을 대상으로 수중댄스그룹(AZG, n=11), 지상댄스그룹(ZGG, n=13), 통제그룹(CG, n=12)을 무작위로 배정하였으며, 12주간 주 2회 60분씩 댄스운동을 실시하였다. 이 연구의 결과 OC은 AZG(P<.001)과 ZGG(P<.05), IGF-1은 AZG(P<.01)에서 유의하게 증가하였고 DPD, BMD, T-score는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

따라서 수중과 지상에서의 댄스(Zumba) 운동이 노인여성의 BMM와 BMD 긍정적인 효과가 나타나 골다공증, 골감소증을 지연시킬 수 있는 효율적인 중재방법으로 제안한다.

▸ **주제어**: 골감소증, 노인여성, 수중댄스, 지상댄스, 골대사지표, 골밀도

• First Author: Jin-Wook Lee, Corresponding Author: Jin-Wook Lee
*Jin-Wook Lee (rugby14@hanmail.net), Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University
• Received: 2022. 09. 01, Revised: 2022. 09. 29, Accepted: 2022. 09. 30.

Copyright © 2022 The Korea Society of Computer and Information
http://www.ksci.re.kr pISSN:1598-849X | eISSN:2383-9945
www.kci.go.kr

I. Introduction

인간은 노화와 함께 불가항력적으로 뼈의 미세구조와 변화로 양이나 골밀도가 감소하기 시작한다. 골다공증(osteoporosis)은 노화와 관련된 가장 흔한 대사성 질환 중 하나로[1] 여성의 경우 10세 단위로 연령이 증가할 때마다 골다공증은 2배 이상 증가하고 70세 이상의 여성에서 골다공증 유병률은 68.5%에 보고하고 있다[2].

무엇보다 골다공증 이후의 골절 발생은 매년 4%로 증가하고 노인여성은 엉덩관절 골절 후 1년 내 사망률이 일반인보다 11배로 높아 사회적 이슈가 되고 있다[2].

골감소증(osteopenia)은 골다공증의 전 단계로서 다른 질병과는 달리 초기에는 자각증상이 전혀 없어 조기에 발견하고 관리하는 것이 중요하며 신체기능 및 보행능력을 감소시키고 낙상으로 인한 손상의 위험이 높기 때문에 효과적인 예방적인 실천이 필요하다.

따라서 효과적인 해결방법이 개발되어야 하며 골감소증과 골다공증을 예방하고 골밀도를 개선시키는 한가지방법은 신체활동과 운동요법이다.

체중과 하중을 견디는 운동과 같이 골조직(osseous tissues)에 물리적인 스트레스를 유발하는 유형의 운동이 권장되며 이러한 유형의 운동은 골밀도(bone mineral density, BMD)를 지연시키고 골질량(bone mass, BM)을 증가시킨다[3].

BM은 BMD를 나타내는 지표로 골감소증과 골다공증의 진단에 중요한 요소일 뿐만 아니라 골형성, 손실률 및 골절 위험을 예측하고 평가하는데 사용된다[4]. BMD는 골절 위험도를 예측하는 가장 좋은 방법은 신뢰성이 높은 이중 에너지 방사선 흡수계측(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA) 검사이지만[5] BMD를 예측하거나 뼈의 대사전환을 파악하기 위해서 골대사 지표(bone metabolism marker, BMM)의 분석도 필요하다[6].

BMM 중 오스테오칼신(osteocalcin, OC)은 뼈에서 가장 풍부한 비골라겐성 단백질로 골모세포(osteoblastic)에서 구성되어 골세포 기질과 결합하여 뼈를 형성하는 골혈성표지자로 골 교체율(bone turnover)에 대한 임상 지표로 사용된다[7].

데옥시피리디놀린(deoxypyridinoline, DPD)는 골흡수 표지자로 골 재형성과정에서 파골세포 활성 수준을 반영하며[8] BMD가 골다공증 범위에 있지 않더라도 소변 DPD가 증가하면 파골세포-골흡수의 활성정도를 반영하며 골절 위험이 높은 것으로 보고하고 있다[9].

뼈는 조골세포(osteoblast)와 파골세포(osteoclast)에 의해 골형성과 골흡수의 상호작용이 끊임없이 변화한다. 인슐린 유사 성장인자-1(insulin like growth factor-1, IGF-1)은 뼈 항상성의 유지에 기여하여 조골세포와 파골세포사이의 균형을 조절한다[10].

근육에서 발현되는 마이오카인 중 IGF-1은 근육에서 근육성장에 중요한 인자로 근 섬유 비대에 관여 할뿐만 아니라 골격에 중요한 골형성 작용을 하여 뼈의 발달과 보존에 기여한다[11-12]. 특히 저항성 및 신장성운동에 의해 분비되며 IGF-1 과발현(over-expression)은 골형성을 자극시키는 역할을 하고 골크기와 골질량을 증가시키며[13] 이소성 발현(ectopic expression)은 사용하지 않을 경우 뼈 손실을 예방할 수 있다[14].

따라서 기계적 및 생물학적 자극은 서로 상승적으로 기능할 수 있으며 근육에 의한 성장인자 분비는 기계적 신호가 생화학적으로 변환되는 여러 가능한 방법 중 하나이다.

골다공증 및 골감소증 환자들의 BMD를 증가시키고 골절을 예방하기 위해 필요한 예방적 건강방법이 신체활동 및 운동임에 불구하고 노인들은 운동 중에 발생할 수 있는 골절과 낙상에 대한 두려움으로 운동을 수행하거나 지속하지 못한다. 또한 노인은 골다공증에 대한 지식이 부족한 상태로 운동 중 통증이 동반되는 경우 참여도가 낮아지기 때문에 운동행위를 참여하고 유지시키는 동기화가 필요하며, Resnick 등[15]은 노인에게 운동에 대한 기대감은 운동행위를 선택하는 기준이라 하였다.

노인에게 권장하고 있는 여러 운동 중 댄스운동은 음악과 함께 전신을 이용할 수 있는 운동으로 노인 인구의 예방수단으로 이용될 수 있는 효율적인 운동방법이며[16], Stevens-Ratchford[17]은 노인들에게 신체활동의 기회를 제공하며 건강과 참여를 유지와 큰 흥미를 유도할 뿐만 아니라 참여율을 높을 수 있는 운동중재 방법이라고 하였다[18].

에어로빅보다 춤을 추는 아이디어에서 탄생한 Zumba는 메렝게, 살사, 쿰비아, 레게톤 등과 같은 다양한 형태의 춤을 결합하고 있으며[19] 이중 수중에서 진행되는 Aqua Zumba와 지상에서 진행되는 Zumba Gold운동은 노인의 해부학적, 생리적, 심리적 요구를 충족하도록 설계되었으며 체력이 저하된 사람들에게 적합한 운동이다[20].

Ljuobojevic 등[19]는 Zumba는 여성의 경우 신체조성 및 기능 수준에 긍정적인 역할을 하며 골질량의 점진적인 감소[21], 비만, 혈압 및 콜레스테롤[22], 심혈관 및 대사반응을 촉진하여 심폐기능을 개선한다고 하였다[20]. 운동이 골질량과 신진대사에 긍정적인 영향을 미친다는 선행연구에는 점프와 고충격 신체활동이[23-24] 포함되어 있으나 항상 노인들이 수행할 수는 없다. 노인들의 특성상

www.kci.go.kr

비외상성 외에도 다른 근골격계 손상을 유발하기 때문에 [25] 충격이 큰 신체활동에 참여하지 못한다. 이러한 경우 수중운동 및 저항운동과 같은 낮은 강도의 운동을 권장해야 한다. 수중운동(Aqua Zumba)은 노인들에게 매력적인 운동 형태일 수 있으며, 물을 밀어내고 저항운동과 부력을 통해 관절의 부하를 감소시켜 지상에서 행하는 운동보다 이점이 있으며 낮은 운동 강도임에도 불구하고 효율성과 안정성이 높다.

따라서 이 연구는 수중 및 지상 환경에서 댄스(Zumba) 운동을 실시하여 두 운동중재가 노인의 골대사 지표 및 골밀도에 미치는 효과를 분석하여 노인여성의 골감소증 예방을 위한 효과적인 운동중재 방법을 제안하고자 한다.

II. Methods

1. Subjects

이 연구의 대상 선정은 의학적 질환 및 증상이 없으며 최근 6개월간 운동경험이 없는 70세 이상의 노인여성을 대상으로 실시하였다. 실험 전 실험의 목적을 충분히 설명한 후 참여 동의서를 받아 진행하였고 특별한 약물 섭취는 제한하도록 권고하였다. 본 연구의 표본 크기는 . G*power 3.1(α-error: 0.05, power: 0.9)을 사용하여 대상자 수를 산출한 결과 효과크기(effect size) 0.25로 필요한 대상자 수는 33명으로 탈락을 감안하여 대상자수를 42명으로 정하였다[26].

자발적인 참여 의사를 밝힌 여성노인으로 42명 대상으로 무작위 배정을 하였으며, 수중댄스그룹(aqua zumba group, n=11), 지상댄스그룹(zumba gold group, n=13), 통제그룹(control group, n=12) 선정하였다. 참여자 중도 탈락자 6명(컨디션 난조로 포기 4명, 개인사유 2명)을 제외한 총 36명에 대해 연구를 진행하였다. 연구대상자들의 신체적 특성은 Table 1.과 같다.

2. Measurement

2.1 Body composition

실험 전 신장(cm)은 수동 신장 측정기(Inbody BSM 170, korea)로 신체구성은 BIA(bioelectriclal impedance analysis)방법인 체성분분석기(Inbody 720, Inbody, Korea)를 이용해 분석하였다.

2.2 Bone Metabolism Marker(BMM)

모든 연구대상자들은 댄스운동 전·후 동일한 조건 하에서, 전문간호사에 의해 채혈을 실시하였으며, 채혈 전 24시간동안 무리한 운동 및 신체활동을 제한과 전날 22시부터 금주와 금식을 하도록 권고하였다. BMM의 혈액 성분 측정을 위해 채혈 전 30분 이상 안정을 취한 후 채혈과 소변을 채취하였다. 오스테오칼신(OA)은 OSCA test Osteocalcin kit((Brahms, Germany)를 사용하여 COBRA 5010Ⅱ, Quantum(PACKARD, USA) 장비로 분석하였다. 데옥시피리디놀린(DPD)은 당일 아침 8~10시 사이에 소변을 채취 후 -20℃에서 냉동보관 하였고 Pyrilinks™-D kit (Metra Biosystems, USA)의 지시된 방법에 따라 검사한 후 요중 크레아틴(urine creatinine) 값으로 교정해 주었다. 인슐린 유사 성장인자-1(IGF-1)는 ELISA Kit (Mediagnost, Germany)를 사용하여 효소면역측정법(Enzyme immunoassay)으로 분석하였다.

2.3 Bone Mineral Density(BMD) and T-score

골밀도는 측정 장비(Osteopro DEXA, BMTECH, Korea)를 사용하였으며 피험자들은 검사용 가운을 입은 상태로 검사테이블 위에 앙와위 자세(supine position)로 누운 상태에서 허리뼈(L1-L4)를 측정하여 평균치 BMD와 T-score를 분석하였다.

3. Dance Exercise Program

댄스운동은 노인의 해부학적, 생리적, 심리적 요구를 충족하도록 설계된 Zumba Fitness 프로그램 중에서 수중은 Aqua Zumba 프로그램과 지상은 Zumba Gold 프로그램으로 운동프로그램을 수정·보완하여 적용하였다[27].

Table 1. Subject Characteristic

Group	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)	SMM(kg)	PBF(%)
AZG(n=11)	73.09±2.46	155.58±5.03	61.72±8.90	21.45±2.54	34.81±3.40
ZGG(n=13)	73.15±3.07	155.71±4.56	61.07±8.30	21.40±1.80	33.28±5.39
CG(n=12)	72.97±3.21	155.41±3.07	60.33±2.22	21.00±1.36	32.14±3.20
P	.907	.985	..896	.828	.320

Mean±S.D. AZG: Aqua zumba group, ZGG: Zumba gold group, CG: Control group, SLM: Skeletal muscle mass, PBF: Percent body fat

www.kci.go.kr

Table 2. Aqua Zumba and Zumba Gold Program

Stage	Time	Aqua VS Gold Zumba Program	1~4 Week	5~8 Week	9~12 Week
Warm-up	10 min	▸ Joint relaxation ▸ Stretching ▸ Slow widely walking	60~80 bpm 50~55% HRmax	70~100 bpm 55~65% HRmax	90~110 bpm 65~75% HRmax
Main exercise	40 min	▸ Merengue(basic step, two steps, side steps, front/back steps, beto shuffle) ▸ Salsa(step out, two steps) ▸ Cumbia(step-drag, machete) ▸ Reggacton(stomp, running man)			
Coll-down	10 min	▸ Stretching ▸ Slow widely walking			

Zumba Fitness 프로그램은 4가지 핵심 리듬(메렝게, 살사, 쿰비아, 레게톤)으로 다양한 전신 움직임으로 구성되어 있으며, 처음 4주 동안은 기본 단계인 느린 템포(60~80bpm)로 시작하여 4~8주 기간은 중간 템포(70~100bpm)로 진행했으며 9~12주에는 빠른 템포(90~110bpm)로 점진적으로 수행하였다. 운동 강도는 참가자의 최대 심박수(HRmax)에 해당하는 50%에서 75%로 점진적으로 증가했습니다. Zumba 전문강사와 보조강사가 지도하였으며, Aqua Zumba은 인명구조원 감독하에서 수온은 24~27℃, 수심은 가슴 높이인 1.2m 깊이인 D 수영장에서 Zumba Gold는 D 주민자치센터에서 수행하였다.

수중군(aqua zumba)과 지상군(zumba gold) 모두 12주간 주 2회 일회 60분간의 Zumba Fitness 프로그램을 참여하였으며 세부내용은 Table 2.와 같다.

4. Statistical analysis

본 연구에서 측정을 통해 수집된 모든 테이터는 IBM SPSS(version 27.0)프로그램을 이용하여 모든 항목 그룹별 각 변인들의 평균(M)과 표준편자(SD)를 산출하였다.

골대사지표(BMM)와 골밀도(BMD) 결과에 대한 그룹과 측정 시기간에 효과를 검증하기 위해 이원반복 분산분석(two-way repeat ANOVA)을 실시하였으며, 집단 간에 차이를 분석하기 위해 Bonferroni로 사후검정을 하였다. 또한 각 운동 그룹 내 운동 전·후의 차이를 분석하기 위해 대응표본(paired sample) t-test를 실시하였다. 모든 유의성 검증 신뢰 수준은 α=.05로 하였다.

III. Results

1. Bone Metabolism Marker(BMM)

수중(AZG)과 지상(ZGG)운동군 골대사 지표(BMM) 변화를 분석한 결과 Table 3.과 같다.

OC은 집단과 시기간의 유의한 상호작용 효과(P<.05)와 시기간(P<.001)에 유의한 차이가 나타났으며, AZG(P<.001)과 ZGG(P<.05) 모두 유의하게 증가하였다.

IGF-1은 집단과 시기간의 유의한 상호작용 효과(P<.05)와 시기간(P<.05)에 유의한 차이가 나타났으며, AZG(P<.01)에서 유의하게 증가하였다.

DPD는 AZG과 ZGG는 감소하는 경향은 보였으나 유의한 차이는 보이지 않았다.

2. Bone Mineral Density(BMD)

수중(AZG)과 지상(ZGG)운동군 골밀도(BMD) 변화를 분석한 결과 Table 4.과 같다.

Table 3. Bone Metabolism Marker

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	P	Post-hoc
OC (ng/mL)	AZG	7.33±3.78	9.81±3.74†††	Time	22.455	.000***	.
	ZGG	6.97±2.92	8.56±3.33†	Group	.532	.592	
	CG	7.24±2.01	7.46±1.84	Time×Group	4.576	.018*	
DPD (nmol/L)	AZG	7.29±3.03	6.90±2.55	Time	2.756	.106	.
	ZGG	6.75±1.68	6.27±1.49	Group	.397	.676	
	CG	7.15±2.09	7.31±2.17	Time×Group	2.014	.150	
IGF-1 (ng/mL)	AZG	124.26±39.61	143.64±47.19††	Time	4.904	.034*	.
	ZGG	127.90±32.02	132.55±38.80	Group	.136	.873	
	CG	127.10±33.23	125.19±31.61	Time×Group	3.417	.045*	

Mean±S.D. OC: Osteocalcin, DPD: Deoxypyridinoline, IGF-1: Insulin like growth factor-1, AZG: Aqua zumba group, ZGG: Zumba gold group, CG: Control group, pre and post t-test :††p<.01.†††p<.001, Two-way repeat ANOVA :*p<.05.***p<.001.

www.kci.go.kr

Table 4. Bone Mineral Density and T-score

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	P	Post-hoc
BMD (g/cm²)	AZG	0.95±0.15	0.93±0.13	Time	1.512	.228	.
	ZGG	0.92±0.11	0.90±0.17	Group	.278	.759	
	CG	0.92±0.13	0.87±0.10	Time×Group	.45	.956	
T-score	AZG	-2.03±1.24	-1.85±1.23	Time	.508	.481	.
	ZGG	-2.18±0.84	-2.02±1.15	Group	.206	.815	
	CG	-2.12±0.85	-2.20±0.33	Time×Group	.425	.657	

Mean±S.D. BMD: Bone mineral density, AZG: Aqua zumba group, ZGG: Zumba gold group, CG: Control group

BMD는 AZG과 ZGG는 감소하는 경향은 보였으나 유의한 차이는 없었으며, T-score는 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이가 나타나지 않았다.

IV. Discussion

골다공증은 BM의 실질적인 손실과 골 조직의 미세구조 악화를 특징으로 하는 골대사 질환으로, BM과 강도에 영향을 미치고 골절 위험을 증가시킵니다. 특히 노인의 골절은 근골격계에 영향을 미쳐 기능적 능력이 감소되고 만성 통증을 유발하여 삶의 질을 저해시킨다. 또한 노화는 점진적인 골 감소증과 더불어 근육량이 감소하며 여성은 남성보다 최대 BM과 근육량을 감소시키고 나이 가 증가될수록 뼈 건강과 근육기능의 쇠퇴를 동반하는 기능적 제한을 유발한다[28-29].

따라서 골다공증 진단과 예방을 위해서는 BMM과 BMD의 검사가 중요할 것으로 생각되며 단 기간의 BMD의 변화를 BMD검사만으로 판단되기 어렵고 노인 골절은 최소 6개월전에 BMM가 기준선으로 돌아갔을 때 발생함으로[30] BMM를 검사를 통해 골다공증의 진행을 평가하고 예방하는데 도움이 될 수 있다.

골재형성(Bone remodelling)은 평생 동안 뼈 건강을 유지하는 세포 메커니즘이며 생화학적 요인과 기계적 요인에 의해 엄격하게 조절된다. 실험적 근거에 의하면 마이오카인(myokines), 아디포카인(adipokines) 및 오스테오킨(osteokines)을 포함한 기계적 자극과 호르몬을 통해 뼈와 근육사이의 강력한 상호관련(cross-talk)이 있다[31].

골대사량은 골흡수와 골형성시 분리된 골기질 성분과 파골세포와 조골세포에서 방출되는 효소에 대한 혈액 및 소변검사를 통해 골대사 지표를 측정함으로써 추정할 수 있으며[32], 단기간에 운동의 효과를 검증하기 위한 골 교체율의 생화학적 지표로 평가되는 방법이다[33].

OC은 뼈에서 발견되는 가장 풍부한 비콜라겐 단백질 중 하나로 남성의 생식능력[34], 포도당 항상성[35], 중추신경계와 근육 기능에 직접적인 영향을 미치는 뼈 유래호르몬의 기능을 하며[36] 골 형성 표지자로써 조골세포 활동과 뼈 형성 속도를 알 수 있다[37]. 또한 운동은 성인 여성의 OC의 수준을 증가시키는 반면 운동능력이 감소하는 노년기 동안 OC의 수준은 감소한다[38].

선행연구에 의하면 12주간의 zumba 운동 후 대조군에 비해 OC(19.2±8.8)가 10% 증가하였고[39], 비만노인여성을 대상으로 중강도(55-65%THR)의 한국무용프로그램을 한 결과에서도 유사한 결과(21.93±4.09)보였다[40]. 또한 여성노인대상으로 8개월간 아쿠아로빅 운동 후 OC(16.4±7.18)가 3.4% 증가하였으며[41], 수중운동을 메타분석한 연구에서도 유사한 결과(CI, 0.16~1.03, P=0.007)가 발표하였다[42].

이 연구 결과 OC의 변화는 수중(AZG)과 지상(ZGG) 모두 유의하게 증가하였으나 집단간의 차이는 나타나지 않아 선행연구를 뒷받침 하고 있다. 이러한 결과는 뼈의 항상성을 위해 중력부하는 필수적이며[43], ZGG은 낮은 높이에서 점프동작이 기계적 자극으로 전달되어 조골세포를 활성화 시키고 물속에서 진행되는 AZG은 물에 대한 저항이 근육 부하[44]를 통해 뼈의 자극을 준 것 생각된다. 또한 선행연구의 OC 기준값(Baseline)이 이 연구의 기준값(7.33±3.78)보다 높은 수치이며 AZG운동이 정상범위(9.8~24.21)로 증가한 것을 긍정적이다. 따라서 OC는 운동에 대한 최적의 적응 지표임 알 수 있으며 골감소증이 있는 노인에게 유용한 처방방법이라고 생각된다.

골 흡수의 생화학적 표지자 중 파골세포에 의해 콜라겐이 분해되어 분비되는 DPD가 골 손실 평가에 널리 사용되고 있다[45]. 폐경 전 여성은 평균 2배 DPD 수치가 증가하며 골 손실률과 상관관계가 있으며[46], 뼈의 외상 및 골절 발병률이 높은 것으로 보고하고 있다[47].

선행연구에 의하면 쥐를 대상으로 트레드밀 운동이 DPD를 감소하였고[48], 폐경기 중년여성을 대상으로 복합운동은 DPD를 감소시켜 뼈 대사에 개선에 긍정적인 역할

www.kci.go.kr

을 한다고 하였다[49]. 여성노인을 대상으로 10주간 율동적 스포츠댄스를 한 결과 유사한 결과가 나타났으며[50], 노인여성을 대상으로 12주간 수중체조운동결과에서는 감소하는 경향은 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다[33].

이 연구에서 수중(AZG)과 지상(ZGG) 모두 감소하는 경향은 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 운동을 통한 근육 수축은 뼈에 스트레스를 일으키고 근육 수축으로 인한 기계적 자극은 조골 세포 형성을 유도하고 급 흡수를 억제 한 것으로 생각된다[51]. 또한 골절의 경우 골흡수지표가가 골형성지표에 비해 더 중요하기 때문에[52] 근력운동이 골 교체율의 생화학적 지표에 더 좋은 결과 보인다는 선행연구의 근거 하에[53-54] 여성노인의 골흡수지표를 개선하기 위해서는 근력강화를 위한 추가적인 프로그램이 필요할 것으로 생각된다.

내분비(endocrine), 측분비(paracrine), 자가분비(autocrine) 방식으로 작용하는 IGF-1은 뼈의 완전성 확립 및 유지에 관여하는 호르몬이다[55]. 근육에서 풍부하게 발현되는 IGF-1은 Wnt/β-catenin 경로를 조골세포 활성화하여 세포사멸을 감소와 조골세포의 형성을 촉진시키며, RANK-L 합성을 유도하여 파골세포 분화에도 관여하기 때문에 뼈 항상성의 유지에 중요한 역할을 한다[56-57]. 또한 IGF-1 성인 후기와 노년기동안 뼈 질량을 유지하는 데 긍정적인 역할을 하기 때문에 골다공증의 임상관리에서도 중요한 의미를 가질 수 있다.

선행연구를 살펴보면 어린 여성 직업 무용수를 2년간 추적한 결과 에스트로겐, 성장호르몬(GH) 및 IGF-1 수준이 유의하게 증가하였고[58], 당뇨병 쥐를 대상으로 6주간 수영훈련을 진행한 결과 혈청IGF-1와 근육IGF-1 모두 유이하게 증가하였고 이는 GH-IGF-1 축을 자극한 것으로 보고하고 있다[59].

또한 12주간 노인여성을 대상으로 수중운동(hydrogymnastics)을 결과 IGF-1이 유의하게 증가하였으며 기능적 자율성(functional autonomy) 집단에서 더 높은 증가가 나타났으며[60], 노인여성에게 8주간 수중운동은 성장호르몬과 IGF-1 증가시켜 BMD 감소 예방효과가 있으며 혈류제한운동(blood flow restriction)을 함께 병행한다면 골밀도에 더 좋은 효과가 있다고 하였다[61].

이 연구에서도 통제군(CG)에 비해 수중(AZG)과 지상(ZGG)에서 IGF-1가 증가하였고 보다 AZG에서 유의한 증가가 나타났다.

이러한 결과는 신체능력이 저하된 여성노인들에게 물의 점도(viscosity)는 근력운동에 대한 저항력으로 작용하며 본인의 능력에 맞게 점진적으로 운동 강도를 조절하면서 근력이 향상에 도움이 된 것으로 생각된다. 근육수축 및 지구력 운동에 의한 기계적 부하는 근육 IGF-1 분비 증가를 시키며[62] 유래된 근육 IGF-1는 뼈로 전달을 증가시킨다고 하였다[13]. 따라서 휴식상태에서 뼈 대사 항상성을 유지하기 위해서는 순환 및 뼈 유래(bone-derived) IGF-1이 필요할 뿐만 아니라 근육 유래 IGF-1은 운동에 대한 반응으로 골 교체율에 중요한 역할을 한다.

신체활동은 모든 생애기간에서 골대사에 긍정적으로 자극하는 중요한 요인이라는 많은 선행연구에도 불구하고 수중운동은 뼈에 대해 다양한 반응을 유발한다. 메타분석에 의하면 젊은 성인수영선수의 BMD는 비운동대조군과 유사한 BMD를 보이며 다른 운동선수보다 낮은 BMD 수치를 보인다고 하였지만[63], 신체활동과 뼈 건강에 초점을 맞춘 리뷰논문에 의하면 40대 이상의 성인에게 수영은 노화에 따른 BM 감소를 지연시키며[64], 노인여성의 수중운동은 폐경기 여성에 비해 뼈와 신체 기능에 긍정적인 영향 주는 것으로 보고하고 있다[42,44].

이 연구 결과 BMD와 T-score는 유의한 변화는 나타나지 않았지만 T-score는 통제군(CG)에 비해 증가한 경향을 보여 긍정적이라고 생각된다. 낮은 근육량과 넙다리 단면 근육면적의 감소는 뼈 미네랄 밀도감소와 관련이 있으며 이는 골다공증 노인에서 뼈와 근육 사이에서의 운동의 중요성을 부각하고 있다[65]. 또한 뼈의 리모델링 과정은 나이가 증가할수록 BM이 지속적으로 감소하는 특징을 감안할 때 유의하게 감소하지 않았다는 사실만으로도 운동이 BM 감소에 도움이 될 수 있음을 시사한다.

V. Conclsions

본 연구는 노인여성을 대상으로 수중(AZG)과 지상(ZGG)의 댄스운동을 실시하여 골대사지표(BMM)와 골밀도(BMD)에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하여 골다공증 및 골감소증에 효율적인 중재방법을 제한하고자 실시하였으며 다음과 같은 결론을 도출했다.

첫째 댄스(zumba) 운동 후 골대사지표(BMM)는 OC은 AZG(P<.001)과 ZGG(P<.05)에서 IGF-1은 AZG(P<.01)에서 유의하게 증가하였다.

둘째 댄스(zumba) 운동 후 골밀도(BMD)는 BMD는 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었으며 T-score 또한 증가하는 경향은 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

www.kci.go.kr

이상의 결과를 종합해 보면 골다공증 및 골감소증을 예방하기 위해서는 골절 가능성이 높은 위험군을 빠르게 찾아내는 것이 중요하며,수중(AZG)과 지상(ZGG) 댄스운동은 골밀도 감소 지연에 도움이 될 수 있음을 시사하며 효율적인 중재방법으로 제안한다. 또한 나이가 증가할수록 골밀도가 감소하는 노인여성들에게 과학적인 근거를 제시하여 운동의 안정성과 기대감을 높여 줌으로써 자발적으로 운동을 선택하고 운동 기대감을 증진시킬 수 있을 것으로 생각된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Dan Kook Univ. Research Grant.

REFERENCES

[1] D. Faibish, S. M. Ott, and A. L. Boskey, “Mineral changes in osteoporosis a review”, Clinical orthopaedics and related research, Vol. 443. pp. 28-38, May 2006. DOI: 10.1097/01.blo.0000200241.14684.4e.

[2] The Korean Society for Bone and Mineral Research “Fracture Liaison Services guidebook” 2019.

[3] J. Rittweger, G. Beller, and D. Felsenberg, “Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man”, Clinical physiology, Vol. 20, No. 2, pp. 134-142, Mar 2000. DOI: 10.1046/j.1365-2281.2000.00238.x.

[4] L. M. Demers, and M. Kleerekoper, “Recent advances in biochemical markers of bone turnover”, Clinical chemistry, Vol. 40, No. 11, pp. 1994-1995, November 1994.

[5] E. M. Lewiecki, and J. L. C. Borges, “Bone density testing in clinical practice”, Arquivos Brasileiros de Endocrinologia and Metabologia, Vol. 50, pp. 586-595, August 2006. DOI: 10.1590/S0004-27302006000400004.

[6] D. Marshall, O. Johnell, and H. Wedel, “Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures”, Bmj, Vol. 312, No. 7041, pp.1254-1259, February 1996. DOI: 10.1136/bmj.312.7041.1254.

[7] K. Åkesson, P. H. Vergnaud, P. D. Delmas, and K. J. Obrant, “Serum osteocalcin increases during fracture healing in elderly women with hip fracture”, Bone, Vol. 16, No. 4, pp. 427-430, April 1995. DOI: 10.1016/8756-3282(95)90187-6.

[8] G. El-Dorry, H. Ashry, T. Ibrahim, T. Elias, and F. Alzaree, “Bone density, osteocalcin and deoxypyridinoline for early detection of osteoporosis in obese children”, Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, Vol. 3, No. 3, pp. 413-419, September 2015. DOI: 10.3889/oamjms.2015.092.

[9] B. McCormick, I. Stone, and Corporate Analytical Team. “Economic costs of obesity and the case for government intervention”, Obesity reviews, Vol. 8, pp. 161-164, February 2007. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2007.00337.x.

[10] M. Gomarasca, G. Banfi, and G. Lombardi, “Myokines: The endocrine coupling of skeletal muscle and bone”, Advances in clinical chemistry, Vol. 94, pp. 155-218, 2020. DOI: 10.1016/bs.acc.2019.07.010.

[11] M. Hamrick, P. Arounleut, M. Bowser, S. Fulzele, Pollock, N., C. M. Isales, ... and A. Stranahan, “Reduction of muscle fiber size, muscle IGF‐1, and increased myostatin in the leptin receptor‐deficient POUND mouse”, The FASEB Journal, Vol. 26, No. s1, pp. 730.1-730.1, 2012. DOI: 10.1096/fasebj.26.1_supplement.730.1.

[12] Y. Elkina, S. von Haehling, AS. D. nker, and J. Springer, “The role of myostatin in muscle wasting: an overview”, Journal of cachexia, sarcopenia and muscle, Vol. 2, No. 3, pp. 143-151, July 2011. DOI: 10.1007/s13539-011-0035-5.

[13] M. W. Hamrick, P. L. McNeil, and S. L. Patterson, “Role of muscle-derived growth factors in bone formation”, Journal of musculoskeletal and neuronal interactions, Vol. 10, No. 1, pp. 64-70, March 2010.

[14] M. B. Alzghoul, D. Gerrard, B. A. Watkins, and K. Hannon, “Ectopic expression of IGF‐I and Shh by skeletal muscle inhibits disuse‐mediated skeletal muscle atrophy and bone osteopenia in vivo”, The FASEB journal, Vol. 18, No. 1, pp. 221-223, November 2004. DOI: 10.1096/fj.03-0293fje.

[15] B. Resnick, S. Zimmerman, D. Orwig, A. L. Furstenberg, and J. Magaziner, “Model testing for reliability and validity of the outcome expectations for exercise scale”, Nursing Research, Vol. 50, No. 5, pp. 293-299, Sep-Oct 2001. DOI: 10.1097/00006199-200109000-00007.

[16] L. Donnaruma, M. Crill, B. Hughes, K. Kelpy, K. Kibling, and A. Kuzniatsova, “Zumba Gold and Well-Being: Older Women's Perspectives”, (Doctoral dissertation, Utica College). 2018.

[17] R. G. Stevens-Ratchford, “Ballroom dance: Linking serious leisure to successful aging”, The International Journal of Aging and Human Development, Vol. 83, No. 3, pp. 290-308, June 2016. DOI: 10.1177/0091415016652405.

[18] A. Fisken, D. L. Waters, W. A. Hing, M. Steele, and J. W. Keogh, “Perception and responses to different forms of aqua-based exercise among older adults with osteoarthritis”, International Journal of Aquatic Research and Education, Vol. 8, No. 1, pp. 32-52, 2014. DOI: 5. 10.25035/ijare.08.01.05.

[19] A. Ljubojević, V. Jakovljević, and M. Popržen, “Effects of Zumba fitness program on body composition of women”, SportLogia,

www.kci.go.kr

Vol. 10, No. 1, pp. 29-33, June 2014. DOI: 10.5550/sgia.141001.en.004L.

[20] L. C. Dalleck, K. A. Roos, B. R. Byrd, and R. M. Weatherwax, "Zumba Gold®: Are The Physiological Responses Sufficient to Improve Fitness in Middle-Age to Older Adults?", Journal of sports science and medicine, Vol. 14, No. 3, pp. 689-670, August 2015.

[21] E. Ubago-Guisado, J. Sánchez-Sánchez, S. Vila-Maldonado, and L. Gallardo, "Effects of Zumba® and aquagym on bone mass in inactive middle-aged women", Medicina, Vol. 55, No. 1, pp. 23, January 2019. DOI: 10.3390/medicina55010023.

[22] M. R. Araneta, and D. Tanori, "Benefits of Zumba Fitness® among sedentary adults with components of the metabolic syndrome: a pilot study", The Journal of sports medicine and physical fitness, Vol. 55, No. 10, pp. 1227-1233, June 2014.

[23] P. Nordström, G. Nordström, and R. Lorentzon,"Massive increase in bone density by high impact loading exercise in a 26-year-old ostoeporotic woman on high doses of glucocorticoids", Osteoporosis International, Vol. 8, No. 2, pp. 196, 1998. DOI: 10.1007/BF02672519.

[24] J. Gianoudis, C. A. Bailey, K. M. Sanders, C. A. Nowson, K. Hill, P. R. Ebeling, and R. M. Daly, "Osteo-cise: strong bones for life: protocol for a community-based randomised controlled trial of a multi-modal exercise and osteoporosis education program for older adults at risk of falls and fractures", BMC musculoskeletal disorders, Vol. 13, No. 2, pp. 1-16, May 2012. DOI: 10.1186/1471-2474-13-78.

[25] J. S. Floras, C. F. Notarius, and P. J. Harvey, "Exercise training-not a class effect: blood pressure more buoyant after swimming than walking", Journal of Hypertension, 24(2), 269-272, February 2006. DOI: 10.1097/01.hjh.0000202814.79964.84.

[26] F. Faul, E. Erdfelder, A. Buchner, and A. G. Lang, "Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. Behavior research methods, Vol. 41, No. 4, pp. 1149-1160, November 2009. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149.

[27] Zumba fitness Class "Aqua Zumba and Zumba Gold", https://www.zumba.com/en-US/party/classes/class-zumba-fitness. 2022.

[28] L. Holm, J. L. Olesen, K. Matsumoto, T. Doi, M. Mizuno, T. J. Alsted, ... and M. Kjær, "Protein-containing nutrient supplementation following strength training enhances the effect on muscle mass, strength, and bone formation in postmenopausal women", Journal of Applied Physiology, Vol. 105, No. 1, pp. 274-281, April 2008. DOI: 10.1152/japplphysiol.00935.2007.

[29] J. A. Kanis, N. Burlet, C. Cooper, P. D. Delmas, J. Y. Reginster, F. Borgstrom, and R. Rizzoli, "European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women", Osteoporosis international, Vol. 19, No. 4, pp. 399-428, February 2008. DOI: 10.1007/s00198-008-0560-z.

[30] F. D. Højsager, M. S. Rand, S. B. Pedersen, N. Nissen, and N. R. Jørgensen, "Fracture-induced changes in biomarkers CTX, PINP, OC, and BAP—a systematic review", Osteoporosis International, Vol. 30, No. 12, pp. 2381-2389, August 2019. DOI: 10.1007/s00198-019-05132-1.

[31] B. Kirk, J. Feehan, G. Lombardi, G. Duque, "Muscle, Bone and Fat Crosstalk: The Biological Role of Myokines, Osteokines and Adipokines", Curr Osteoporos Rep, Vol. 18, pp. 388-400, August 2020. DOI: 10.1007/s11914-020-00599-y.

[32] S. L. Greenspan, R. A. Parker, L. Ferguson, H. N. Rosen, L. Maitland-Ramsey, and D. B. Karpf, "Early changes in biochemical markers of bone turnover predict the long-term response to alendronate therapy in representative elderly women: a randomized clinical trial", Journal of Bone and Mineral Research, Vol. 13, No. 9, pp. 1431-1438, December 1998. DOI: 10.1359/jbmr.1998.13.9.1431.

[33] P. Y. Ochoa-Martínez, J. A. Hall-Lopez, F. A. P. Ávila, C. A. Q. C. Rocha, M. H. R. Moreira, and E. H. M. Dantas, "Effect of three months of periodized hydrogymnastics exercise program on urinary concentration of deoxypyridinoline in older women", Archives of endocrinology and metabolism, Vol. 59, pp. 523-527, December 2015. DOI: 10.1590/2359-3997000000102.

[34] F. Oury, G. Sumara, O. Sumara, M. Ferron, H. Chang, C. E. Smith, ... and G. Karsenty, "Endocrine regulation of male fertility by the skeleton", Cell, Vol. 144, No. 59, pp. 796-809, March 2011. DOI: 10.1016/j.cell.2011.02.004.

[35] M. Ferron, J. Wei, T. Yoshizawa, A. Del Fattore, R. A. DePinho, A. Teti, ... and G. Karsenty, "Insulin signaling in osteoblasts integrates bone remodeling and energy metabolism", Cell, Vol. 142, No. 2, pp. 296-308, July 2010. DOI: 10.1016/j.cell.2010.06.003.

[36] F. Oury, KL. hrimian, C. A. Denny, A. Gardin, A. Chamouni, N. Goeden, ... and G. Karsenty, "Maternal and offspring pools of osteocalcin influence brain development and functions" Cell, Vol. 155, No. 1, pp. 228-241, September 2013. DOI: 10.1016/j.cell.2013.08.042.

[37] M. B. Greenblatt, J. N. Tsai, and M. N. Wein, "Bone turnover markers in the diagnosis and monitoring of metabolic bone disease", Clinical chemistry, Vol. 63, No. 2, pp. 464-474. February 2017. DOI: 0.1373/clinchem.2016.259085.

[38] P, Mera K, Laue M, Ferron C, Confavreux J, Wei M. Galán-Díez, ... & G. Karsenty, "Osteocalcin signaling in myofibers is necessary and sufficient for optimum adaptation to exercise" Cell metabolism, Vol. 23, No. 6, pp. 1078-1092, June 2016. DOI: 10.1016/j.cmet.2016.12.003.

[39] S. Barene, P. Krustrup, S. R. Jackman, O. L. Brekke, and A. Holtermann, "Do soccer and Zumba exercise improve fitness and indicators of health among female hospital employees? A 12-week RCT", Scandinavian journal of medicine and science in

www.kci.go.kr

sports, Vol. 24, No. 6, pp. 990-999, September 2014. DOI: 10.1111/sms.12138.

[40] H. S. Roh, "The Effect of Korean Dance Program on Irisin and Biochemical Bone Markers in Obesity Elderly Women" Official Journal of Korean Society of Dance Science Vol. 36, No. 4, pp.13-22, October 2019. DOI : 10.21539/ksds.2019.36.4.13.

[41] C. S. Pernambuco, C. J. Borba-Pinheiro, R. G. de Souza Vale, F. Di Masi, P. K. P. Monteiro, and E. H. Dantas, "Functional autonomy, bone mineral density (BMD) and serum osteocalcin levels in older female participants of an aquatic exercise program (AAG)", Archives of Gerontology and Geriatrics, Vol. 56, No. 3, pp. 466-471, May–June 2013. DOI: 10.1016/j.archger.2012.12.012.

[42] X. Lv, J. Wang, Y. Bao, Y. Tang, W. Xing, Q. Wu, ... and G. Wang, "The effectiveness of balneotherapy and aquatic exercise on bone metabolism: A systematic review and meta-analysis", Complementary Therapies in Clinical Practice, Vol. 44, pp.101429, August 2021. DOI: 10.1016/j.ctcp.2021.101429.

[43] B. Morseth, N. Emaus, and L. Jørgensen, "Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review", Norsk epidemiologi, Vol. 22, No. 2, pp. 173-178, August 2011. DOI: 10.5324/nje.v20i2.1338.

[44] W. M. Kohrt, D. W. Barry, and R. S Schwartz, "Muscle forces or gravity: what predominates mechanical loading on bone?", Medicine and science in sports and exercise, Vol. 41, No. 11, pp. 2050-2055, November 2009. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181a8c717.

[45] SP. zulc, E. Seeman, and P. D. Delmas, "Biochemical measurements of bone turnover in children and adolescents", Osteoporosis International, Vol. 11, No. 1, pp. 281-294, May 2000. DOI: 10.1007/s001980070116.

[46] D. Uebelhart, A. Schlemmer, J. S. Johansen, GE. ineyts, C. Christiansen, and P. D. Delmas, "Effect of menopause and hormone replacement therapy on the urinary excretion of pyridinium cross-links", Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, Vol. 72, No. 2, pp. 367-373, February 1991. DOI: 10.1210/jcem-72-2-367.

[47] A. Jiang, Y. Liu, X. Li, CJ. hen, H. Wang, H. Yang, and W. Jiang, "Serum osteocalcin and urinary free deoxypyridinoline as potential risk factors in predicting the prevalence of bone trauma among the post-menopausal Chinese women", Bangladesh Journal of Pharmacology, Vol. 13, No. 3, pp. 231-235, July 2018. DOI: 10.3329/bjp.v13i3.36834.

[48] J. Iwamoto, C. Shimamura, T. Takeda, H. Abe, S. Ichimura, Y. Sato, and Y. Toyama, "Effects of treadmill exercise on bone mass, bone metabolism, and calciotropic hormones in young growing rats", Journal of bone and mineral metabolism, Vol. 21, No. 1, pp. 26-31, January 2004. DOI: 10.1007/s00774-003-0443-5.

[49] I. Bergström, P. Parini, S. A. Gustafsson, G. Andersson, and J. Brinck, "Physical training increases osteoprotegerin in postmenopausal women", Journal of bone and mineral metabolism, Vol. 30, No. 2, pp. 202-207, August 2012. DOI: 10.1007/s00774-011-0304-6.

[50] Y. J. Jung, "The Effects of Rhythmic Exercise Program on Physiologic Variables, Life satisfaction, Calcium, Phosphorous, Osteocalcin, Deoxypyridinoline in the Elderly Women", Journal of Korean Biological Nursing Science, Vol. 4, No. 2, pp. 93-112. December 2002.

[51] L. D. F. Moreira, M. L. D. Oliveira, A. P. Lirani-Galvão, R. V. Marin-Mio, R. N. D. Santos, and M. Lazaretti-Castro, "Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women", Arquivos Brasileiros de Endocrinologia and Metabologia, Vol. 58 pp. 514-522, July 2014. DOI: 10.1590/0004-2730000003374.

[52] A. C. Looker, D. C. Bauer, C. H. Chesnut Iii, C. M. Gundberg, M. C. Hochberg, G. Klee, and N. H. Bell, "Clinical use of biochemical markers of bone remodeling: current status and future directions", Osteoporosis International, Vol. 11, No. 6, pp. 467-480. July 2000. DOI: 10.1007/s001980070088.

[53] R. Korpelainen, S. Keinänen-Kiukaanniemi, J. Heikkinen, K. Väänänen, and J. Korpelainen, "Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention", Osteoporosis international, Vol. 17, No. 1, pp. 109-118. May 2006. DOI: 10.1007/s00198-005-1924-2.

[54] L. D. F. Moreira, F. C. A. O. Fronza, R. N. dos Santos, L. R. Teixeira, L. F. M. Kruel, and M. Lazaretti-Castro, "High-intensity aquatic exercises (HydrOS) improve physical function and reduce falls among postmenopausal women", Menopause, Vol. 20, No. 10, pp. 1012-1019, October 2013. DOI: 10.1097/GME.0b013e3182850138.

[55] H. W. Courtland, S. Elis, Y. Wu, H. Sun, C. J. Rosen, K. J. Jepsen, and S. Yakar, "Serum IGF-1 affects skeletal acquisition in a temporal and compartment-specific manner", PloS one, Vol. 6, No. 3, pp. e14762, March 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0014762.

[56] V. Locatelli, and V. E. Bianchi, "Effect of GH/IGF-1 on bone metabolism and osteoporsosis", International journal of endocrinology, Vol. 2014, ID 235060, pp. 25 pages, July 2014. DOI: 10.1155/2014/235060.

[57] Y. Wang, S. Nishida, H. Z. Elalieh, R. K. Long, B. P. Halloran, and D. D. Bikle, "Role of IGF-I signaling in regulating osteoclastogenesis", Journal of bone and mineral research, Vol. 21, No. 9, pp. 1350-1358, June 2006. DOI: 10.1359/jbmr.060610.

[58] T. Amorim, G. S. Metsios, A. D. Flouris, A. Nevill, T. N. Gomes, M. Wyon, F. Marques, L. Noqueira, N. Adubeiro, A. Jamurtas,

www.kci.go.kr

J Maia, and Y. Koutedakis, “Endocrine parameters in association with bone mineral accrual in young female vocational ballet dancers”, Archives of Osteoporosis, Vol. 14, No. 32 pp. 1-9, April 2019. DOI: 10.1007/s11657-019-0596-z.

[59] R. J. Gomes, de M. A. R. Mello, F. H. Caetano, C. Y. Sibuya, C. A. Anaruma, G. P. Rogatto, and E. Luciano, “Effects of swimming training on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats”, Growth Hormone and IGF Research, Vol. 16, No. 5-6, pp. 326-331. October–December 2006. DOI: 10.1016/j.ghir.2006.07.003.

[60] R. G. Vale, J. B. Castro, OR. D. liveira, C. S. Pernambuco, OF. B. liveira, and R. S. Mattos, “Original investigation effects of Hydrogymnastics on IGF-1 and functional autonomy in elderly women”, MOJ Gerontology and Geriatric, Vol. 6, No. 5 pp. 142-147, July 2017. DOI: 10.15406/mojgg.2017.01.00029.

[61] L. Zaravar, J. Nemati, R. Rezaei, M. K. Jahromi, and F. Daryanoosh, “Effect of Eight weeks Water Exercise with Blood Flow Restriction on Growth Hormone, Insulin-like Growth Factor-1 and Bone Metabolism in Elderly Women”, Sport Physiology, Vol. 13, No. 51 pp. 69-92, July 2021.

[62] D. D. Bikle, C. Tahimic, W. Chang, Y. Wang, A. Philippou, and E. R. Barton, “Role of IGF-I signaling in muscle bone interactions”, Bone, Vol. 80, pp. 79-88, November 2015. DOI: 10.1016/j.bone.2015.04.036.

[63] A. Gómez-Bruton, A. González-Agüero, A. Gómez-Cabello, A. MatuteꞏLlorente, J. A. Casajús, and G. Vicente-Rodríguez, “Swimming and bone: Is low bone mass due to hypogravity alone or does other physical activity influence it?”, Osteoporosis International, Vol. 27, No. 5 pp. 1785–1793, May 2016. DOI: 10.1007/s00198-015-3448-8.

[64] A. Gomez-Bruton, A. Gonzalez-Agueero, A. Gomez-Cabello, J. A. Casajus, and G. Vicente-Rodriguez, “Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review”, PloS one, Vol. 8, No. 8 pp. e70119, August 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0070119.

[65] L. Yin, Z. Xu, L. Wang, W. Li. Y. Zhao. Y. Su, ... and K. Engelke, “Associations of Muscle Size and Density With Proximal Femur Bone in a Community Dwelling Older Population”, Frontiers in Endocrinology, Vol. 11, pp. 503. July 2020. DOI: 10.3389/fendo.2020.00503.

Authors

Jin-Wook Lee received B.S. degree in Korea University. in 1999. He received his M.S. degree in sports medicine Ph.D. degree in physical education from the University of Dankook in 2010 and 2017, respectively.

Dr. Lee is a Assistant Professor at the Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Korea. His research interests are in sports medicine, exercise prescription, sports Rehabilitation, exercise physiology.

www.kci.go.kr