

노인 운동가에 있어 장기적인 운동에 따른 척추, 힙과 신체 총 골밀도 감소에 관한 재현성

정 연 수*

Reproducibility of Measures of Lumbar Spine, Hip and Whole Body BMD according to Longitudinal Physical Activity in Older Athletes

Jung, Youn Soo*

With the aging of society a great deal of interest is being placed on the value of longitudinal data in evaluating physiological losses. We present data on test-one/test-two reliability and reproducibility for measures of training, bone density from a longitudinal study of master athletes.

Fifty-two males (mean age at test 1=58.2±9.8 years) and thirty-two females (54.4±8.8 years) were selected from the study population. Bone mineral density was determined using DEXA (Hologic 1500). The characteristics of the subjects are presented below as means ± S.D. The data was imported into the Statistical Package for the Social Science (SPSS 9.0, Chicago, IL). Paired t-tests were performed between visit 1 and visit 2 in subjects. Pearson correlations were performed.

The results of this study indicate the measures of training history, body mass and bone density are reasonably stable and reproducible. We conclude that body composition and bone density parameters are stable and reproducible over time in active older subjects. Physiologic measures in master athletes are fairly stable, and reproducible over time. Longitudinal studies investigating age-related changes in master athletes need to be conducted on a time schedule of greater than two years.

key concepts : Age, Master Athletes, BMD

* 남가주 대학교, 임상 운동생리 실험실(University of Southern California, Clinical Exercise Physiology LAB)

I. 서론

체력이 골밀도와 아주 밀접하게 관련되어 있다는 것은 널리 알려진 사실이다. 또한 고령인구 사회에서 골 손실과 골격근 량 및 근력의 감소는 작업 생활로 인한 결과라고 생각되어진다. 그러므로 신체활동은 뼈의 재형성과 근육기능을 위한 중요한 자극이다.

유산소성 운동을 포함한 체중 부하운동들은 골양을 증가시킴을 보여주었고 이러한 적응의 결과들은 부분적으로 골격구조에 대한 중력으로부터 기인한다고 일반적으로 믿어왔다(Schulties, 1991).

Bailey와 McCulloch(1990)은 웨이트 트레이닝 운동을 포함한 유산소성 운동은 골량을 증가시키거나 적어도 나이가 들어감에 따라 관련되어 나타나는 손실을 막을 수 있다고 보고하였다. 또한 많은 연구자들은 노인들을 대상으로 장거리 달리기와 점프 운동을 적용한 연구에서(Bilanin, Blanchard & Russek-Cohen., 1989; Dook, James, Henderson & Price., 1997; Jonsson, Ringsberg, Josefson, Johnell & Birch-Jensen., 1992; Kirk, Sharp, Elbaum, Enders, Simons, Mohler & Rude., 1989; Macdougall, Webber, Martin, Ormerod, Chesley, Younglai, Gordon & Blimkie., 1992) 운동을 실시한 집단의 경우 운동하지 않은 집단에 비해 골밀도가 높게 나타난다고 보고하였고, Zimmermann, Smidt, Brooks, Kinsey & Eekhoff(1990)은 웨이트 트레이닝을 통한 근력 보강과 골밀도와의 관련성 연구를 통해 근력증강이 골다공증의 진행을 중지시키고 예방할 수 있다고 보고하였으며, 폐경기에 가까운 여성들의 골다공증 예방(Sinaki & Offord., 1988; Zhang, Feldblum & Fortney, Zhang., 1992) 및 근력과 유산소성 능력 및 신체구성(Bevier, Wiswell, Pyka, Kozak, Newall & Marcus., 1989; Hughes, Frontera, Dallal, Lutz, Fisher &

Evans., 1995; Kyllonen, Vannanen, Heikkinen, Kurttala-Matero, Martikkala & Vanharanta, 1991)과 관련하여 체중 부하운동을 권장해 왔다. 이렇듯 노인들을 대상으로 한 연구를 통해 근력과 골밀도에 관한 긍정적인 효과에서 알 수 있듯이 고령화 사회에서 그들이 나이가 들어감에 따른 생리적 손실들을 흥미 있게 다루고 평가하는 있어서 장기적으로 축적된 자료들의 가치는 높다.

따라서 본 연구의 목적은 지속적으로 운동하는 노인들에 대한 종단연구에서 첫 번째 방문 시 테스트 기록과 두 번째 방문 시 테스트 기록을 통해 얼마나 골밀도 변수에 차이를 나타내는가를 규명하여 운동의 효과를 알아보고자 함이며 골밀도 및 트레이닝 측정치들에 관한 재현성과 신뢰도를 알아보고자 본 연구에 착수하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에 선정된 연구 대상은 미국 캘리포니아 주에 거주하고 있는 숙련된 고령 운동가들로서 52명의 남성 (1차 측정 시 연령 58.1 ± 9.7 , 2차 측정 시 연령 60.7 ± 9.7)과 32명의 여성 (1차 측정 시 연령 54.3 ± 8.8 , 2차 측정 시 연령 56.9 ± 8.7)으로 구성되었다. 대상자들은 1차 측정 후 2년간에 걸쳐 현재 신체 활동 수준을 유지하기 위해 웨이트 트레이닝과 수영, 자전거 타기, 달리기들을 수행하였다. 모든 피검자들은 연구를 착수하기 전에 건강력과 신체활동, 월경력, 칼슘 섭취 및 약물복용에 관한 정보를 질문지를 통해서 제출하였다. 질문지에 의한 피검자들의 인종 배경은 백인과 흑인으로 나타났다.

모든 피검자들은 건강에 이상이 없었고 월경력도 정상적이었으며 근조직과 뼈에 영향을 줄만한 어떤 약물도 복용하지 않았다. 모든 피검자들은 실험을 위한 모든 동의서에 서명하였으며 피검자

들의 신체적 특성은 <표 1>에 나타나 있다.

2. 측정 방법

피검자의 대다수는 장기적인 신체 활동을 수행하는 숙련된 노인 운동가들로서 1986년부터 실시해 온 종단연구에 참여하고 있다. 피검자들은 현재 신체 활동 수준을 유지하기 위해 웨이트 트레이닝과 수영, 자전거 타기, 달리기들을 수행하고 있다. 모든 피검자들은 연구에 착수하기 전에 건강력과 신체활동 월경력, 칼슘 섭취를 질문지를 통해서 완성하였다.

이들은 매 2년마다 방문하여 체력검사와 더불어 폐 기능 검사, 운동 시 생리적 변인의 변화, 근력 및 골밀도를 측정하고 있으며 본 연구를 위한 측정기간은 1차 테스트는 1998년 6월부터 8월까지이고 2차 테스트는 2000년 6월부터 8월까지 측정하였다. 또한 피검자들의 운동 수준을 확인하기 위하여 신체 활동 질문지를 통해 검사하였는데 숙련된 운동가를 위한 연구(master athletes study)와 동일하게 나타났다.

실험실에 도착하면 키와 체중을 측정하고 수중 체지방 측정을 실시하였다. 누운 자세에서 혈압을 측정하고 트레이드 밀 상에서 운동검사를 실시하기 전에 적절한 준비운동을 실시하였으며 심장의

기능은 심전도기기를 통해 검사되었다.

점진적인 운동부하 검사는 입에 마우스 피스를 착용한 뒤 손쉬운 걷기 단계에서부터 피검자의 체력이 허용하는 단계까지 올라간다. 피검자가 비정상적으로 불편함을 느낄 때 운동 수준을 멈추도록 요청했다. 운동 시 피검자들의 안전을 위해서 심전도 그래프가 모니터 되었다.

모든 피검자들은 실험을 위한 동의서에 동의하였고 남가주 대학교 (USC)의 연구 심사 위원회에 모든 절차와 방법들을 승인 받았다.

3. 골밀도(BMD)

골밀도는 검사는 Dual-energy x-ray absorptiometry(DEXA, Hologic QDR 1500, Waltman, MA)를 이용하였고 신체 총 골밀도, 척추 골밀도(L₁-L₄), 그리고 힙 골밀도를 Hologic 매뉴얼에 의한 표준 절차에 따라 수행하였다. 먼저 피검자들은 짧은 바지와 셔츠를 입고 모든 금속성 물질을 제거하였으며 다리를 10cm정도 벌린 채 손은 신체의 옆에 손바닥이 아래로 향하게 하고 눕도록 하였다.

몸 전체를 측정하기 위해서 피검자들은 측정대 위에 눕는 자세를 취했다. 요추 부위 (L₁-L₄)를 측정하기 위해서는 둔부와 무릎을 90도 각도로

<Table 1> Physical characteristics of subjects.

Variables	Male (N=52)				Female (N=32)			
	Pre	Post	t-value	R	Pre	Post	t-value	R
Age (yrs)	58.1± 9.7	60.7± 9.7	-20.49*	.995*	54.3± 8.8	56.9± 8.7	-17.84*	.996*
Weight (kg)	75.0± 9.1	75.0± 8.7	-.85	.953*	56.5± 7.6	56.5± 7.7	.02	.944*
Fat (%)	18.6± 4.8	18.4± 4.5	.33	.573*	25.5± 5.7	23.9± 4.6	1.27	.695*
LBM (kg)	60.8± 6.7	61.0± 6.2	-.87	.841*	41.7± 5.4	42.8± 4.7	-1.70	.917*
MHR (bpm)	166.7±16.6	165.3±17.8	1.25	.851*	170.5±11.7	169.0±14.2	1.24	.572*
VO ₂ (l×min ⁻¹)	3.4± .8	3.3± .7	.88	.758*	2.2± .5	2.2± .5	-.13	.789*
VO ₂ (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	46.3±12.6	45.2±10.6	1.56	.811*	40.5± 8.3	40.4± 8.9	.10	.737*
Scan Fat (%)	16.6± 3.6	16.8± 3.5	-.86	.849*	22.2± 4.4	22.7± 4.9	-.60	.913*
Lean (g)	60262±10081	61669±6271	-.38	.658*	43426±4845	43370±4929	.05	.968*

* p< .05

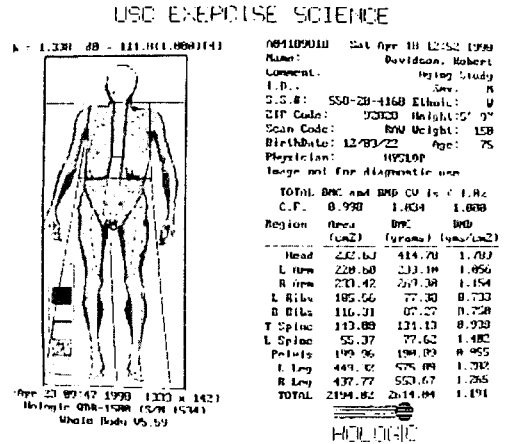
급혀 테이블 위에서 요추 부위가 편평하게 유지되도록 하였다. 한편 하체는 제조회사에서 제공하는 패드에 의해서 받혀지도록 하였다. 힙 부위의 측정은 누운 자세에서 20-40도 정도 안쪽으로 회전시켜 움직임이 없도록 고정한 다음 측정하였다. 표준 점수로부터의 표준편차로 T 점수와 Z 점수가 산출되었다. 이러한 점수는 힙 점수의 경우 성별, 인종별로 조합된 것으로 제공된 것이고 T-점수는 젊은 성인에서 기대되는 최대 골밀도에 대한 평균과 피검자의 자료를 비교할 수 있는 반면에 Z-점수는 나이와 관련하여 기대되는 평균 골밀도에 대해 피검자의 자료를 비교할 수 있는 점수이다.

4. DEXA에 의한 체구성

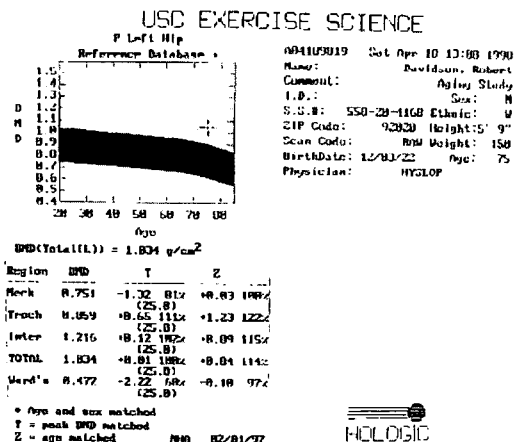
신체구성은 Hologic QDR 1500 dual energy x-ray absorptiometer (DEXA)를 이용하여 측정하였다. 피검자들은 티셔츠를 입고 누운 자세를 취하도록 하였다. 신체구성 측정은 신체 총 골밀도 측정과 똑같은 절차에 의해 동시적으로 측정되었다. 측정을 위한 질적인 통제는 매일 아침에 캘리브레이션 (phantom scan) 하여 확인하였고 측정치는 제조회사의 표준 정밀도 1.5% 를 유지하였다. DEXA를 이용한 총 신체 골밀도의 측정은 본 실험실에서 <그림 2> 힙과 척추의 골밀도에 따른 T 와 Z 점수 96%의 재현성을 가지고 있다.

5. 통계방법

모든 데이터는 SPSS 통계프로그램 (SPSS 9.0, Chicago, IL)에 의해서 수행되었고 평균과 표준편차로 표현되었다. 피검자들의 1차 측정치와 2차 측정치간에 Paired t-test를 수행하였으며 1차 측정치와 2차 측정치간에 피어슨 상관관계를 실시하였다. 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 수준에서 결정하였다.



<Figure 1> Bone density measurement: Hologic 1500 DEXA



<Figure 2> T and Z scores of Hip bone density

III. 연구 결과

피검자들의 신체적 특성은 <표 1>에서 제시하고 있다. 남성 피검자 52명의 1차 측정 시와 2차 측정 때 나이는 각각 58.1 ± 9.7 , 60.7 ± 9.7 로 나타나 상관관계가 .995 ($p < .05$)로 유의 있게

나타났다. 또한 여성 피검자 32명의 1차 측정 시와 2차 측정 때 나이는 각각 54.3 ± 8.8 , 56.9 ± 8.7 로 나타나 상관관계가 .996 ($p < .05$)로 의의 있게 나타났다. 체중 변화에 있어서 남성은 .953 ($p < .05$), 여성은 .944 ($p < .05$)로 각각 유의한 상관관계를 나타냈고 체지방 체중에서도 남성에서 .841 ($p < .05$)과 여성에서 .917 ($p < .05$)로 각각 유의한 상관관계를 나타냈으며 모든 항목에서 유의한 상관관계를 보였다.

<표 2>는 남성그룹과 여성그룹 사이의 골밀도에 관한 차이를 나타내고 있다. <표 2>에 나타난 바와 같이 남성그룹에서 신체 총 골량은 1차 측정 때 2894 ± 467 (g), 2차 때는 2806 ± 379 (g)으로 t-test 결과 유의한 감소 ($t = 3.212$, $p < .05$)를 나타냈으나 여성그룹에서는 측정치 사이에 차이가 없는 것으로 나타났으며 상관관계에서는 남성 (.910, $p < .05$)과 여성 (.894, $p < .05$) 모두 유의한 상관관계를 나타냈다.

남성그룹에서 신체 총 골밀도는 1차 측정 때

$1.212 \pm .106$ (g/cm^2), 2차 측정 때 $1.186 \pm .094$ (g/cm^2)로 나타나 t-test 결과 유의한 감소 ($t = 3.393$, $p < .05$)를 나타냈으나 여성그룹에서는 측정치 사이에 차이가 없는 것으로 나타났으며 상관관계에서는 남성 (.896, $p < .05$)에서는 상관관계를 보였으나 여성에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

척추 (L_1-L_4) 총 골량은 여성 그룹에서 의의 있게 증가함 (-2.824 , $p < .05$)을 보였고 <그림 4>에서 볼 수 있듯이 척추 Z 점수에서도 유의한 증가 (-3.239 , $p < .05$)를 나타냈다. 한편, <그림 3>에서 보는 바와 같이 남성그룹의 경우에 있어서 힙 Z점수 (-2.077 , $p < .05$)와 Inter trochantor BMD (g/cm^2)에서 의의 있는 차이 (2.372 , $p < .05$)를 나타냈다.

상관관계에서는 남성의 경우 Ward's triangle BMD (g/cm^2)와 여성의 경우 척추 총 골량과 척추 총 골밀도에서 상관관계가 나타나지 않았으나 그 외 모든 부분에서는 매우 높은 상관관계

<Table 2> Differences of bone mineral density in subjects

Variables	Male (N=52)				Female (N=32)			
	Pre	Post	t-value	R	Pre	Post	t-value	R
WB- BMC (g)	2894 ± 467	2806 ± 379	3.13*	.910*	2144 ± 341	2109 ± 4929	1.25	.894*
WB- BMD (g/cm^2)	$1.212 \pm .106$	$1.186 \pm .094$	3.39*	.851*	$1.073 \pm .109$	$1.060 \pm .104$	1.16	.838*
Spine BMC (g)	70.56 ± 14.89	71.16 ± 14.46	-1.26	.896*	52.26 ± 11.47	53.50 ± 11.73	-2.82*	-.300
Spine BMD (g/cm^2)	$1.039 \pm .161$	$1.046 \pm .170$	-1.59	.892*	$.941 \pm .171$	$1.100 \pm .779$	-1.06	-.254
Hip BMC (g)	41.84 ± 6.83	42.24 ± 6.77	-1.08	.896*	27.38 ± 5.57	27.52 ± 5.72	-.63	.917*
Hip BMD (g/cm^2)	$.982 \pm .158$	$.996 \pm .129$	-1.34	.856*	$.866 \pm .133$	$.862 \pm .135$	-.01	.967*
Femoral Neck BMD (g/cm^2)	$.814 \pm .114$	$.814 \pm .113$	-.08	.950*	$.752 \pm .136$	$.743 \pm .133$.66	.977*
Trochantor BMD (g/cm^2)	$.760 \pm .111$	$.763 \pm .109$	-1.08	.976*	$.660 \pm .112$	$.663 \pm .114$	-.88	.957*
Inter trochantor BMD (g/cm^2)	$1.201 \pm .162$	$1.185 \pm .166^*$	2.37	.966*	$1.043 \pm .161$	$1.034 \pm .1619$.47	.955*
Ward's triangle BMD (g/cm^2)	$.531 \pm .478$	$.608 \pm .125$	-1.24	.210	$.638 \pm .155$	$.620 \pm .168$.75	.866*

* $p < .05$

(범위 .830 ~ .977, $p < .05$)를 나타냈다. 대퇴 슬라이스 (femoral slice)의 모든 면에서도 매우 높은 상관관계 (범위 .789 ~ .996, $p < .05$)를 나타냈다.

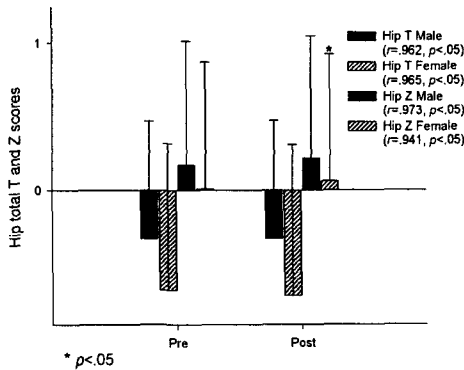


Figure 3. Relationship between Hip T and Z Scores by gender

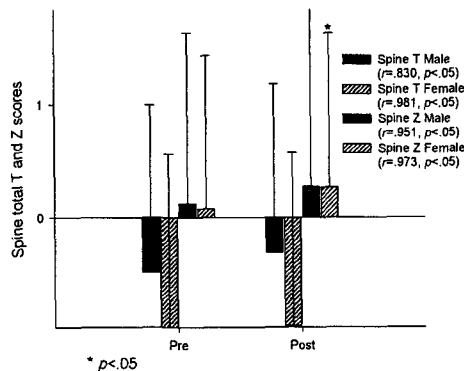


Figure 4. Relationship between Spine T and Z Scores by gender

IV. 논 의

지속적으로 운동을 하는 노인들에 대한 중단연구에서 첫 번째 방문 시 테스트 기록과 두 번째 방문 시 테스트 기록을 통해 골밀도 및 트레이닝 측정치들에 관한 재현성과 신뢰도를 알아본 결과 1차 방문 시 측정치와 2차 방문 시 측정치 사이

의 신뢰도에서 2년이라는 기간을 통해 유산소성 능력에서 상관관계의 범위가 .737에서 .811로 나타났고 골밀도에서 상관관계의 범위가 .830에서 .981로 나타났다. 이 결과를 통해 유산소성 능력과 신체구성 및 골밀도는 피검자들이 그들의 활동 수준을 유지하면서 2년이라는 기간이 지나갔음에도 의의 있는 변화가 없는 것으로 보아 Zimmermann 등(1990)의 웨이트 트레이닝을 통한 근력 보강과 골밀도와의 관련성 연구를 통해 근력 증가가 골다공증의 진행을 중지시키고 예방할 수 있다고 보고한 것과 일치한다. 하지만 22세에서 35세 사이의 단련자와 비단련자들을 대상으로 장거리 달리기를 실시한 경우 척추 골밀도가 의의 있게 낮게 나타나 이것이 장거리 달리의 결과로 인한 인지 훈련 거리 때문인지, 훈련 년 수와 관련이 있는지 결정이 요구된다고 보고(Bilanin et al., 1989) 하였다.

근력의 약화는 골질을 가져올 수 있는 요소를 내포하고 있으며 (Jonsson et al., 1992), 여기에는 뼈 건강을 위해서는 체중이 실리는 활동이 더욱 효과적이라고 보고되고 있다 (Kroger, Kotaniemi, Vainio & Alhava, 1992). 왜냐하면 체중이 많이 나가면 나갈수록 체중으로 인한 부하로 골격근에 미치는 기계적인 힘이 그 만큼 더 크므로 골에 대한 자극이 더 크다 (Aloia, Vaswani & Flaster., 1995; Lanyon., 1992; Lindsay, Cosman, Herrington & Himmelstein., 1992). 그러나 체구성이 체중보다 더 중요할 수 있다. 여러 이론들은 체지방과 체지방 체중을 포함하여 체구성이 골밀도에 영향을 미칠 수 있다고 주장하여 왔다. 몇몇 연구자들은 (Lindsay, et al., 1992; Reid, Plank & Evans., 1992) 지방량과 골밀도 사이에 높은 관련성을 나타내다고 보고하였다.

남성의 Ward's triangle 부위와 여성의 Spine BMD에서 1차 측정치에 비해 2차 측정치가 증가하는 경향을 보였으나 paired t test에서는 통계

적으로 유의한 차이가 없었다. 상관관계에서도 차이가 없었다. 이는 피검자 52명의 개개인의 경향성을 보아 2년 전에 비해 편차가 컸으며 2년 후에 증가한 사람도 있었고 증가하지 않은 사람도 있었으므로 상관성이 낮은 것으로 사료된다.

성별에 따른 골밀도의 증감은 다른 많은 요소 즉 성별, 호르몬과 영양상태(Dalsky, 1990), 유전, 인종(Kelly et al., 1990; Krall et al., 1993), 흡연, 음주, 고관절 축의 길이, 골다공증에 대한 가족력(Villa & Nelson, 1996., 1996), 여성의 경우 폐경 여부가 작용한다. 본 연구의 대상자들의 경우 운동형태 즉, 웨이트 트레이닝, 수영, 자전거 타기, 달리기 등 다양한 형태의 운동을 수행하고 있다. 이에 따라 남성의 경우 WB-BMC 와 WB-BMD 그리고 Inter trochantertor 골밀도에서 paired t test 결과 측정치간 유의한 차이가 나타났고 그 외 다른 부위에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 운동으로 인해 신체조성 및 유산소성 능력은 차이가 없었음에도 불구하고 골밀도에 차이를 보인 것은 유산소성 능력보다 골밀도 감소가 우선적으로 나타나며 골밀도 감소의 지연효과와 나이가 들어감으로 인한 노화 현상이 복합적으로 나타난 것으로 사료된다. 특히, 여성의 집단에서 운동으로 인한 지연효과가 더 크게 나타난 것으로 사료된다.

다른 한편으로는, 체구성과 유산소성 능력에 변화가 없었음에도 그럼에도 불구하고 부분적으로 골밀도가 차이를 보인 이유는 남성 그룹에서 힙 부위의 Intertrochanter 골밀도가 1차 측정치에 비해 2차 측정치가 유의하게 감소했고 척추 골량에서도 유의 있는 차이를 보였다. 여기에서 피검자들의 개별적인 측정치들에서 몇몇 피검자는 향상, 몇몇 피검자들은 감소함을 나타냈다. 그 결과 표준편차가 크게 나타났기 때문이라고 사료된다.

폐경기 이후 건강한 여성 그룹을 이용하여 근력과 골밀도를 비교한 연구(Kyllonen et al., 1991)에서 신장과 아이소메트릭 근력 및 근 지구

력은 골밀도를 예측할 수 없었다고 보고하였다. 하지만 폐경기에 가까운 여성들 사이에 적절한 신체활동은 골밀도에 긍정적인 영향을 미친다고 (Zhang et al., 1992) 하였다. 본 연구에서 DEXA로부터 얻어진 체지방은 수중 체중 측정기 술로부터 얻어진 체지방 측정치보다 더욱 재현성을 나타냈다.

T 점수는 젊은 성인에서 얻어진 기대되는 최대 골밀도에 대한 평균과 피검자 검사치를 비교할 수 있는 반면에 Z 점수는 나이와 관련하여 기대되는 평균 골밀도에 대해 피검자 결과를 비교할 수 있는 점수이다. 장기적인 운동에도 불구하고 남성과 여성 모두 힙과 척추 골밀도에서 Z 점수가 결정됨으로서 나이로 예측된 평균치보다 낮게 나타났다.

그러나 이러한 결과는 장기적인 운동이 골량에 영향을 미쳤다고보다는 오히려 장기적인 운동이 신체 질량에 더욱 영향을 미친 것으로 해석하여도 좋을 듯 하다.

본 연구가 본질적으로 종단적 연구설계로 시작되어 피검자들에서 그들이 달성했던 최대 골량에 대한 정보가 부족했다. 이것은 뼈에 대해 미칠 수 있는 운동의 영향을 반영하는 것으로 Z 점수로 해석하기에는 좀더 신중해야 할 것이다.

V. 결론 및 제언

결론적으로 노인 운동가들의 생리적 측정치들이 시간이 흐름에 따라서도 안정성과 재현성을 나타냈다. 노인 운동가들의 종단적 연구에서 골밀도와 나이와 관련된 조사는 시간적으로 2년 이상이 요구되는 것으로 보여지며 DEXA 를 이용한 체구성의 측정은 물 속에서 수중체중 측정을 할 수 없었던 피검자들에서 수중 체중 측정을 이용하여 산출된 것 보다 % 지방 지표가 더 우수하고 더 나은 재현성을 나타냈다.

본 연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다. 노인 남, 여를 대상으로 다양한 운동

형태를 실시했을 때 특정부위와 관련된 운동수행 시 골밀도에 미치는 효과를 살펴보고야 할 것이며 또한 노인들에 있어서 골밀도 감소 추이를 알아보기 위해서는 2년의 시간적 흐름보다는 유산소성 능력과 근력 및 골밀도와의 관련성도 관련지어 살펴보고야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Aloia, J. F., A. Vaswani, R. M, and E. Flaster. (1995). To what extent is bone mass determined by fat-free or fat mass? Am. J. Clin. Nutr., 61, 1110-1114.
- Bailey, D. and R. McCulloch. (1990). Bone tissue and physical activity. Can. J. Sport Sci., 15, 229-239.
- Bevier, W. C., R. A. Wiswell, G. Pyka, K. C. Kozak, K. M. Newall, and R. Marcus. (1989). Relationship of Body Composition, Muscle Strength, and Aerobic Capacity to Bone Mineral Density in Older Men and Women. Journal of bone and mineral research., 4, 421-432.
- Bilanin, J. E., M. S. Blanchard, and E. Russek-Cohen. (1989). Lower vertebral bone density in male long distance runners. Med. Sci. Sports Exerc., 21(1), 66-70.
- Dalsky, G. P. (1990). Effect of exercise on bone: permissive influence of estrogen and calcium. Med. Sci. Sports Exerc., 22, 281-285.
- Dook, J. E., C. James, N. K. Henderson, and R. I. Price. (1997). Exercise and bone mineral density in mature female athletes. Med. Sci. Sports Exerc., 29(3), 291-296.
- Hughes, V. A., W. R. Frontera, G. E. Dallal, K. J. Lutz, E. C. Fisher, and W. J. Evans. (1995). Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects. Med. Sci. Sports Exerc., 27(7), 967-974.
- Jonsson, B. K., K. Ringsberg, P. O. Josefson, O. Johnell, and M. Birch-Jensen. (1992). Effects of physical activity on bone mineral content and muscle strength in women: a cross-sectional study. Bone, 13, 191-195.
- Kelly, P. J., J. A. Eisman, and P. N. Sambrook. (1990). Interaction of genetic and environmental influences on peak bone density. Osteoporosis Int., 1, 56-60.
- Kirk, S., C. F. Sharp, N. Elbaum, D. B. Enders, S. M. Simons, J. G. Mohler, And R. K. Rude. (1989). Effect of Long-Distance Running on Bone Mass in Women. Journal of bone and mineral research., 4(4), 515-522.
- Krall, E. A. and B. Dawson-Hughes. (1993). Heritable and life-style determinants of bone mineral density. J. Bone Miner. Res., 8, 1-9.
- Kroger, H., A. Kotaniemi, P. Vainio, and E. Alhava. (1992). Bone densitometry of the spine and femur in children by dual-energy X-ray absorptiometry. Bone Miner., 17, 75-85.
- Kyllonen, E. S., H. K. Vannanen, J. E. Heikkinen, E. Kurttila-Matero, V. Martikkala, and J. H. V. Vanharanta. (1991). Comparison of muscle strength and bone mineral density in healthy

- postmenopausal women. Scand. J. Rehabil. Med., 23, 153-157.
- Lanyon, L. E. (1992). Control of bone architecture by functional load bearing. J. Bone Min. Res., 7, S369-S375.
- Lindsay, R., F. Cosman, B. S. Herrington, and S. Himmelstein. (1992). Bone mass and body composition in normal women. J. Bone Min. Res., 7, 55-63.
- Macdougall, J. D., C. E. Webber, J. Martin, S. Ormerod, A. Chesley, E. V. Younglai, C. L. Gordon, and C. J. R. Blimkie. (1992). Relationship among running mileage, bone density, and serum testosterone in male runners. J. Appl. Physiol., 73(3), 1165-1170.
- Reid, I. R., L. D. Plank, and M. C. Evans. (1992). Fat mass is an important determinant of whole body bone density in premenopausal women but not in men. J. Clin. Endocrinol. Metab., 75, 779-782.
- Schulties, L. (1991). The mechanical control system of bone in weightless space flight and in aging. Exp. Gerontol., 26, 203-214.
- Sinaki, M. and K. Offord. (1988). Physical activity in postmenopausal women: effect on back muscle strength and bone mineral density of the spine. Arch. Phys. Med. Rehabil., 69, 277-280.
- Villa, M. L., L. Nelson. (1996). Osteoporosis. (edited by R. Marcus et al) academic press, Inc, USA.
- Zhang, J., P. J. Feldblum, and J. A. Fortney. (1992). Moderate physical activity and bone density among perimenopausal women. Am J Public Health., 82, 736-738.
- Zimmermann, C., G. Smidt, J. Brooks, W. Kinsey, and T. Eekhoff. (1990). Relationship of extremity muscle torque and bone mineral density in postmenopausal women. Phys. Ther., 70, 302-309.