

## 뇌졸중 편마비 환자의 골밀도

계명대학교 의과대학 재활의학교실, <sup>1</sup>신경과학교실, <sup>2</sup>내과학교실

박기영 · 김종민 · 이상도<sup>1</sup> · 정두교<sup>1</sup> · 이인규<sup>2</sup>

### The Bone Mineral Densities in Patients with Hemiplegic Stroke

Gi-Young Park, M.D., Ph.D., Jong-Min Kim, M.D., Sang-Do Lee, M.D.<sup>1</sup>, Doo-Kyo Jung, M.D.<sup>1</sup> and In-Kyu Lee, M.D.<sup>2</sup>

Department of Rehabilitation Medicine, <sup>1</sup>Neurology and <sup>2</sup>Internal Medicine, Dongsan Medical Center, Keimyung University College of Medicine

**Objective:** Stroke patient are prone to fall and, therefore, frequently get fractures, especially at the hip joint of the hemiplegic side, which is often osteoporotic. So osteoporosis in hemiplegic stroke patients is an important clinical problem. The aim of this study was to investigate the mode of the development of osteoporosis in hemiplegic stroke patients and define the relationship between functional status and bone mineral densities (BMDs).

**Method:** The subjects were 21 hemiplegic stroke patients, 11 men, 10 women, age 60.3±8.4 years and 21 age and sex matched controls. We measured BMDs in patients, and compared BMDs of the affected and unaffected sides, and compared BMDs of each affected and unaffected sides with

controls, and evaluate the relationship between BMDs with functional parameters.

**Results:** Stroke patients have high prevalence of osteoporosis and osteopenia, and affected side BMDs of patients were lower in upper and lower limbs compared with the controls. BMDs of the affected side were lower for the upper and lower limbs compared with the unaffected side.

**Conclusion:** Stroke patients have high prevalence of osteoporosis. Therefore early rehabilitative care, including weight-bearing and outdoor ambulation, is essential for hemiplegic stroke patients in order to prevent possible complications, especially osteoporotic fractures. (**J Korean Acad Rehab Med 2003; 27: 13-20**)

**Key Words:** Stroke, Hemiplegia, Osteoporosis

### 서 론

골다공증은 전신성 골질환으로서 골량의 감소와 골조직의 미세구조의 변화를 일으켜 결과적으로 골절에 대한 감수성을 증가시킨다. 세계보건기구(WHO, World Health Organization)의 분류에 의하면 측정된 골량이 정상 성인 골량 평균에서 표준편차 2.5 미만으로 감소된 경우를 골감소증(osteopenia), 표준편차 2.5 이상 감소된 경우를 골다공증(osteoporosis), 골량의 감소가 표준편차 2.5 이상이면서 한 부위 이상에서 골절이 있는 경우를 심한 골다공증(established or severe osteoporosis)이라고 정의하였다.<sup>8)</sup> 골다공증의 진단 기준은 일반적으로 세계 보건 기구의 분류를 사용하고 있지만, 최근에는 표준편차를 이용하는 것보다 젊은 성인 평균에 대한 %로 나타내는 것이 더 적절하다는 보고가 있고, 2000년 Japanese Society for Bone and Mineral Metabolism에서는 젊은 성인 평균의 70% 이하를 골다공증, 70~80%까

지를 골량 감소라고 정의하였다.<sup>12)</sup> 골다공증은 발생원인, 발병연령, 임상적 특성에 따라 크게 일차성 골다공증과 이차성 골다공증으로 분류된다. 일차성 골다공증은 폐경 후, 노인성, 연소성, 특발성 골다공증이 있으며, 이차성 골다공증은 내분비성, 영양성, 유전성, 국소성 골다공증 등이 있다.<sup>9)</sup>

뇌졸중 환자의 경우 크게 두 가지 기전에 의해 골다공증이 발생하게 된다. 첫째, 마비로 인한 운동제한에 의해 골흡수가 증가할 뿐 아니라 골의 체중부하 감소로 인하여 골 무기질화에 장애가 생기게 된다. 둘째, 영양소 섭취부족과 일광노출 부족에 의한 비타민 D 결핍으로 혈청 칼슘이 낮아져 부갑상선에 되먹이기(feedback) 기전이 작용하여 부갑상선 호르몬의 분비가 증가하여 골다공증을 유발하게 된다. 일반적으로 운동제한과 체중부하 감소에 의한 과칼슘혈증은 부갑상선에 대한 되먹이기 기전을 유발하지 않지만 비타민 D의 감소가 심해지면 부갑상선 기능항진이 일어나게 된다.<sup>18,19,21,22)</sup> 이러한 골흡수의 증가는 뇌졸중 후 1년까지 지속되며, 그 이후에는 골흡수와 골생성이 평형을 이루게 된다. 편마비측 골밀도는 뇌졸중 후 1년 동안은 나이, 편마비의 정도, 마비 기간, 혈중 칼슘 및 비타민 D, K 농도와 관련이 있으며, 2년 이후에는 편마비의 정도, 혈중 비타민 D 농도와 연관이 있다. 반면에 비이환측의 골밀도는 혈중

접수일: 2002년 7월 25일, 게재승인일: 2002년 11월 25일  
교신저자: 김종민, 대구광역시 중구 동산동 194번지  
☎ 700-712, 계명대학교 동산의료원 재활의학과  
Tel: 053-250-7268, Fax: 053-250-7268  
E-mail: dawoon@taegu.md

비타민 D 농도 및 Barthel Index와 연관성이 보고되고 있다.<sup>17,20,21,22,25)</sup>

뇌졸중 환자에서 골다공증이 잘 발생하고, 골다공증으로 인한 골절은 치료가 어려울 뿐 아니라 골절로 인한 합병증을 유발하여 심한 경우 환자의 생명까지도 잃게 되는 경우가 많다.<sup>14,15)</sup> 그 외 골절로 인한 환자와 보호자의 고충 증대, 의료비용 상승, 장기간의 재활치료 필요 등 많은 사회 경제적 부담이 발생하게 된다. 그러므로 뇌졸중 후 골다공증에 의한 골절의 예방은 뇌졸중 환자의 재활치료에 있어 중요한 의미를 갖는다.

본 연구는 뇌졸중 편마비 환자에서 골다공증의 유무를 알아보고, 골다공증에 관련된 인자들을 조사하여 향후 뇌졸중 환자의 골절 예방을 포함한 포괄적 재활치료에 도움을 주고자 한다.

### 연구대상 및 방법

#### 1) 연구대상

2001년 9월부터 2002년 3월까지 계명대학교 동산의료원 재활의학과와 신경과에 입원 또는 외래 치료를 받은 뇌졸중 환자 21명과 뇌졸중 병력이 없는 대조군 21명을 대상으로 하였다. 성별 분포는 환자군과 대조군 모두 남자가 11명, 여자가 10명이었다. 평균 연령은 환자군이 60.3±8.4세, 대조군이 평균 59.5±8.7세였다. 뇌졸중에 의한 편마비측은 좌측이 12명, 우측이 9명이었고, 뇌졸중의 원인은 뇌경색이 17명, 뇌출혈이 4명이었다. 뇌졸중 후 골밀도 측정까지의 시간은 3개월 미만이 11명, 3개월 이상이 10명이었다(Table 1).

#### 2) 연구방법

환자의 기능 중 일상 생활 동작 척도는 Functional independence measurement (FIM), 근력은 Motricity Index (MI), 보행 정도는 Messachusetts General Hospital Functional Ambu-

Table 1. Demographic Data of Patients

Characteristics	No. of cases	
Age (years)	41~50	3
	51~60	7
	61≤	11
Sex (female/male)	10/11	
Side of hemiplegia (right/left)	9/12	
Diagnosis (infarction/hemorrhage)	17/4	
Duration (months)	≤3	11
	3<	10

lation Classification (MGHFAC)을 사용하여 평가하였다. 골

밀도(Bone Mineral Density, BMD)는 dual energy X-ray absorptiometry (Prodigy<sup>®</sup>, Lunar, USA)를 사용하여 양측 어깨, 손, 엉덩이, 무릎, 발목 부위를 각각 측정하였다(Fig. 1).

#### 3) 통계학적 분석

통계학적 처리는 환자군의 골밀도를 대조군의 골밀도와, 발병 후 기간에 따른 환자군의 골밀도를 비모수 통계방법인 윌콕슨의 부호와 순위검정(Wilcoxon's signed rank test)을 사용하였다. 환자군의 골밀도와 기능적 척도들과의 상관관계를 스피어만의 상관관계(Spearman's correlation)를 사용하여 분석하였다. 통계학적 분석에는 SPSS version 10.0을 사용하였고, p<0.05 수준에서 통계적 유의성을 검정하였다.

### 결 과

#### 1) 성별과 연령에 따른 골밀도

성별에 따른 환자군의 골밀도는 남자에서 정상이 6명으로 가장 많았고, 여자에서는 골감소증이 5명으로 가장 많았다. 연령에 따른 골밀도는 40대에서 3명 모두 정상이었고, 50대에서 골다공증이 3명으로 가장 많았고, 60대 이상에서는 골감소증이 6명으로 가장 많았다(Table 2).

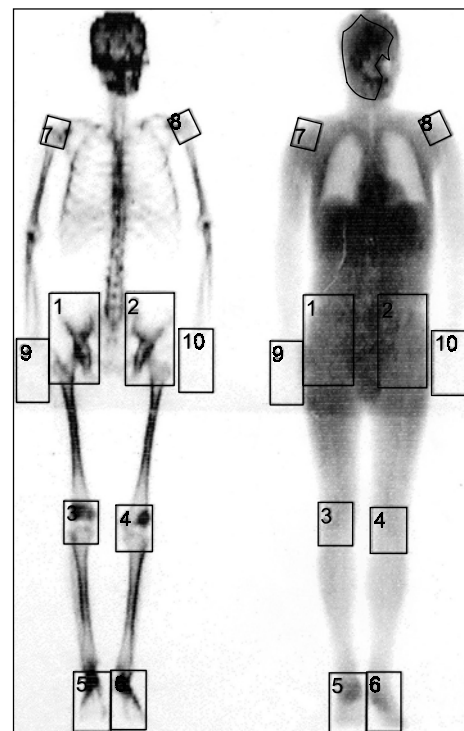


Fig. 1. Bone mineral density evaluation.

**Table 2.** Bone Mineral Density of Hemiplegic Stroke Patients

		Osteoporosis	Osteopenia	Normal	Total
Sex	Male	2	3	6	11
	Female	4	5	1	10
Age	41~50	0	0	3	3
	51~60	3	2	2	7
	61≤	3	6	2	11

Values are number of patients.

**Table 3.** Bone Mineral Densities in the Affected and Unaffected Limbs of Hemiplegic Stroke Patients

Site	Side	BMD (g/cm <sup>2</sup> )		
		Total patients	Group 1 <sup>1)</sup>	Group 2 <sup>2)</sup>
Shoulder	Affected	0.73±0.16*	0.76±0.16	0.68±0.15*
	Unaffected	0.81±0.15	0.82±0.15	0.81±0.15
Hand	Affected	0.47±0.10	0.48±0.05	0.46±0.14
	Unaffected	0.48±0.06	0.49±0.05	0.47±0.07
Hip	Affected	0.93±0.15*	0.91±0.10*	0.94±0.19
	Unaffected	1.00±0.18	0.99±0.11	1.01±0.23
Knee	Affected	0.88±0.19*	0.89±0.18*	0.86±0.21*
	Unaffected	0.93±0.21	0.94±0.20	0.92±0.23
Ankle	Affected	0.96±0.22	0.98±0.20	0.95±0.25*
	Unaffected	1.01±0.22	1.01±0.21	1.01±0.24

Values are mean±SD.

1. Bone mineral density evaluation from stroke onset is less than 3 months, 2. Bone mineral density evaluation from stroke onset is 3 and more than 3 months

\*p<0.05

**2) 뇌졸중 후 시간 경과에 따른 이환측과 비이환측의 신체 각 부위의 골밀도**

환자군에서 이환측과 비이환측의 신체 각 부위 골밀도는 이환측의 골밀도가 어깨, 엉덩이, 무릎, 발목 부위에서 비이환측에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다. 뇌졸중 후 3개월 미만군에서 이환측의 엉덩이와 무릎 부위 골밀도가, 3개월 이상군에서 이환측의 어깨, 무릎, 발목 부위 골밀도가 비이환측에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 3). 대조군에서 좌우측 각 부위의 골밀도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

**3) 뇌졸중 환자와 대조군의 신체 각 부위 골밀도 비교**

**Table 4.** Comparison of Bone Mineral Densities in the Affected Side of Hemiplegic Stroke Patients with Control Group

Site		BMD (g/cm <sup>2</sup> )		
		Total patient	Group 1 <sup>1)</sup>	Group 2 <sup>2)</sup>
Shoulder	Patient	0.73±0.16*	0.76±0.16	0.68±0.15
	Control	0.80±0.18	0.85±0.21	0.75±0.14
Hand	Patient	0.47±0.10	0.48±0.05	0.46±0.14
	Control	0.48±0.07	0.49±0.07	0.46±0.07
Hip	Patient	0.93±0.15*	0.92±0.10*	0.94±0.19
	Control	1.03±0.20	1.01±0.21	0.96±0.18
Knee	Patient	0.88±0.19	0.89±0.18*	0.86±0.21
	Control	0.95±0.21	1.01±0.22	0.89±0.18
Ankle	Patient	0.96±0.22*	0.98±0.20*	0.95±0.25
	Control	1.07±0.22	1.13±0.24	1.00±0.18

Values are mean±SD.

1. Bone mineral density evaluation from stroke onset is less than 3 months, 2. Bone mineral density evaluation from stroke onset is 3 and more than 3 months

\*p<0.05

환자군의 신체 각 부위의 골밀도는 이환측의 경우 전체 환자의 어깨, 엉덩이, 발목 부위와 뇌졸중 후 3개월 미만 환자의 엉덩이, 무릎, 발목 부위에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았으나, 3개월 이상 환자는 유의한 차이가 없었다(Table 4). 비이환측 골밀도는 뇌졸중 후 3개월 미만 환자 엉덩이와 발목 부위에서만 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 5).

**4) 뇌졸중 편마비 환자의 기능적 회복과 골밀도와의 상관관계**

뇌졸중 환자의 독립적 일상생활 정도와 골밀도와의 상관관계를 알아보기 위한 FIM 점수와 비이환측에 대한 이환측 골밀도 비는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 근력과 골밀도와의 상관관계를 알아보기 위한 MI와 골밀도 비는 유의한 상관관계를 나타내지 않았다. MGHFAC를 사용하여 측정된 보행척도와 전체, 하지 골밀도비와는 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내지 않았으나, 상지 골밀도도는 보행척도와 유의한 음의 상관관계를 나타내었다(Table 6).

**Table 5.** Comparison of Bone Mineral Densities in the Affected Side of Hemiplegic Stroke Patients with Control Group

Site		BMD (g/cm <sup>2</sup> )		
		Total patient	Group 1 <sup>1)</sup>	Group 2 <sup>2)</sup>
Shoulder	Patient	0.81±0.15	0.82±0.15	0.81±0.15
	Control	0.80±0.18	0.85±0.21	0.75±0.14
Hand	Patient	0.48±0.06	0.49±0.05	0.47±0.07
	Control	0.48±0.07	0.49±0.07	0.46±0.07
Hip	Patient	1.00±0.18	0.99±0.11*	1.01±0.23
	Control	1.03±0.20	1.01±0.21	0.96±0.18
Knee	Patient	0.93±0.21	0.94±0.20	0.92±0.23
	Control	0.95±0.21	1.01±0.22	0.89±0.18
Ankle	Patient	1.01±0.21	1.01±0.21*	1.01±0.24
	Control	1.07±0.22	1.13±0.24	1.00±0.18

Values are mean±SD.

1. Bone mineral density evaluation from stroke onset is less than 3 months, 2. Bone mineral density evaluation from stroke onset is 3 and more than 3 months

\*p<0.05

**Table 6.** Correlation between Functional Parameters and Bone Mineral Density

	Total BMD <sup>1)</sup>	Upper limb BMD <sup>1)</sup>	Lower limb BMD <sup>1)</sup>
Motor FIM	-0.290		
Cognitive FIM	-0.295		
Total FIM	-0.343		
Upper limb MI		-0.188	
Lower limb MI			0.219
MGHFAC	-0.265	-0.598*	-0.014

Values are correlation coefficient.

1. Affected BMD/unaffected BMD

\*p<0.05

고찰

골다공증은 뇌졸중 환자에서 여러 가지 요인들에 의해 잘 발생할 뿐 아니라 이로 인해 넘어졌을 때 흔히 골절이 발생하게 된다. 뇌졸중 환자에서 골절은 대퇴골 경부에서 가장 많고, 대퇴골 고관 골절, 손목, 팔, 척추, 골반의 순으로 발생하며, 여성에서 남성보다 2~3배 더 많고, 62~79% 정도에서 편마비측에 발생한다.<sup>14,15)</sup> 고관절 골절 환자의 4~29% 정도에서 뇌졸중의 과거력이 있으며, 뇌졸중 환자의

고관절 골절 위험도는 대조군에 비해 2~4배 높다. 골절의 원인은 84% 환자에서 넘어져서 발생하며, 발생률은 나이 증가에 따라 증가하고, 다른 부위 골절보다 의료비용, 장애, 사망과 높은 연관성이 있다.<sup>14)</sup> 뇌졸중 후 골절은 뇌졸중 후 24개월에 주로 뇌졸중 환자의 후기 합병증으로 발생한다.<sup>15)</sup>

뇌졸중 환자의 골다공증 치료를 위해 비타민 D, K, 칼슘, Bisphosphonate, Calcitonin 등의 다양한 약물이 사용되고 있으며, 그 외 운동치료가 골흡수를 감소시킬 수 있다고 보고되고 있다. 일반적으로 비타민 D 단독 혹은 칼슘과 병행 사용이 뇌졸중 환자의 골 소실을 줄일 수 있다.<sup>2,11,13,23,24,27)</sup> 또한 뇌졸중 초기에 Bisphosphonate, Calcitonin 등을 사용하면 더 효과적으로 골소실을 감소시킬 수 있고, 뇌졸중 후 1년 이상이 경과된 환자에서 비타민 K 사용은 이환측의 골밀도를 증가시킬 수 있다. 뇌졸중 환자에서 비타민 K를 사용할 경우 혈액의 과응고 상태를 유발하여 뇌경색의 재발을 일으킬 가능성이 있으나 하루 45 mg 이내로 사용할 경우 뇌경색의 재발 위험은 크지 않다.<sup>19,20,25,26)</sup>

뇌졸중 편마비 환자에서 이환측의 골밀도는 비이환측에 비해 더 많이 감소하고, 비이환측의 골밀도는 이환측과 대조군의 중간 정도라고 보고되고 있다.<sup>4,16,18)</sup> 본 연구에서도 뇌졸중 환자의 골다공증이나 골감소증의 빈도가 높게 나타났으며, 신체 각 부위에서 이환측의 골밀도가 비이환측에 비해 통계적으로 유의하게 감소하였고, 시간 경과에 따라 그 정도가 심해지는 양상을 나타내었다. 그러나 대부분의 비이환측의 골밀도는 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이가 없고, 뇌졸중 후 3개월 미만군에서 엉덩이와 발목 부위의 골밀도가 대조군에 비해 유의하게 감소되었다. 이는 뇌졸중 후 초기 환자에서 침상안정으로 인한 하지의 운동 제한과 체중부하 박탈로 인하여 비이환측 하지의 골밀도가 감소하였다가 재활치료 실시 후 하지의 운동과 체중부하를 시작하면서 비이환측의 골밀도가 증가된 것으로 생각된다.

뇌졸중 후 신체 부위에 따른 골밀도 변화는 상지의 골밀도가 하지에 비해 더 많이 감소하고, 시간 경과에 따라 상지의 골밀도가 더 많이 감소한다고 하였다.<sup>4,10,16,18)</sup> 본 연구에서 손 부위를 제외한 상, 하지 모두에서 이환측의 골밀도가 비이환측에 비해 유의하게 감소하였다. 뇌졸중 후 3개월 미만 환자에서 하지의 골밀도만 감소하였고, 3개월 이상 환자에서 상, 하지 모두 골밀도가 감소되었을 뿐 아니라 골밀도 감소의 정도는 상지에서 더 심하여 이전의 여러 연구들과 일치하였다. 그러나 이환측의 골밀도를 대조군의 양측 평균 골밀도와 비교하였을 때 하지의 골밀도가 상지의 골밀도보다 더 많이 감소하였고, 3개월 이상 환자에서는 상, 하지 모두 대조군과 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 뇌졸중 후 초기에는 침상에 누워 있거나 이동 시 의자차에 의존하기 때문에 하지의 체중 부하를 받지 못해 하지의 골밀도가 감소하다가 시간 경과에 따른 기능 회복에 의해 기립과 보행을 하게 되면서 하지의 골밀도 감소는 완화되기

때문이라고 생각한다. 그러나 일반적으로 중대뇌동맥 뇌졸중 환자의 경우 상지의 마비가 하지보다 더 심하고 상지의 운동 마비는 뇌졸중 후 시간이 경과하여도 회복이 하지에 비해 불완전하고 늦기 때문에 골밀도의 감소가 계속 진행된다고 생각한다.

뇌졸중 환자에서 뇌졸중 후 1년간 골밀도를 주기적으로 측정할 결과 골밀도는 보행상태와 연관성이 있고, 2개월 이내에 기립과 보행을 시작할 경우 골소실을 줄일 수 있다고 하였다.<sup>7,28)</sup> 본 연구에서 신체 각 부위의 골밀도와 기능적 회복과의 상관관계를 알아보기 위하여 일상 생활 동작 수행 척도로 FIM 점수를 사용하였고, 근력은 간편하게 시행할 수 있으며 신뢰도가 높고 근력정도에 따른 가중치를 부여하여 기능적인 면을 반영할 수 있는 MI를 사용하였다.<sup>1,3)</sup> 환자의 보행상태 평가는 MGHFAC를 사용하였다.<sup>5)</sup> 그러나 여러 가지 기능적 척도와 골밀도와는 유의한 상관관계를 보이지 않았으며, 오히려 상지 골밀도는 보행척도와 음의 상관관계를 나타내기도 하였다. 이는 환자군의 숫자가 적고, 상대적으로 뇌졸중 후 초기 환자의 비율이 높기 때문으로 생각된다. 뇌졸중 후 1개월 이내의 초기 환자에서 기능적 척도는 매우 낮은 반면 아직 골다공증은 진행되지 않았기 때문에 통계적으로 음의 상관관계를 나타낼 수 있으리라 생각된다. 따라서 기능회복의 정도와 골밀도와의 상관관계를 정확히 평가하기 위해서는 시간 변수를 조절할 수 있을 만큼 환자군의 수를 늘리고, 같은 환자에서 시간의 경과에 따라 주기적으로 골밀도를 측정하여야 할 것이다.

본 연구의 또다른 제한점으로는 환자군의 뇌졸중 발병 전 골밀도를 측정하지 않았다. Jorgensen 등<sup>9)</sup>은 뇌졸중 후 6일째에 골밀도를 측정한 결과 여자 환자들에서 대조군에 비해 골밀도가 8% 낮게 나타나서 골다공증이 뇌졸중을 예측할 수 있는 요소가 될 수 있다고 주장하였다. 그러므로 향후 뇌졸중에 의한 편마비의 영향을 정확히 평가하기 위해서는 뇌졸중 발병 후 빠른 시간 내에 골밀도를 측정하여야 하겠다.

## 결 론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자에서 신체 각 부위의 골밀도를 대조군과 비교하고, 환자군에서 이환측과 비이환측의 골밀도를 서로 비교해본 결과 대조군에 비해 환자군의 이환측 골밀도가 유의하게 낮게 나타났으며, 뇌졸중 후 3개월 미만 환자군에서 비이환측의 하지 골밀도도 대조군에 비해 낮게 나타났다. 또한 발병 후 3개월 미만 환자군에서 이환측 하지의 골밀도가, 3개월 이상 환자군에서 이환측 상, 하지의 골밀도가 모두 비이환측에 비해 각각 유의하게 감소되었다. 따라서 뇌졸중 후 골밀도 감소를 예방하기 위하여 초기에 적극적인 약물사용, 기립과 보행 등 체중부하를 가하는 재활치료, 실외 외출을 통한 일광 노출증가 등의 적극

적인 치료가 필요하다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 1) Collin C, Wade D: Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1990; 53: 576-579
- 2) Dawson-Hughes B, Harris SS, Krall EA, Dallal GE: Effect of calcium and vitamin D supplementation on both density in men and women 65 years of age or older. *N Engl J Med* 1997; 337: 670-676
- 3) Demeurisse G, Demol O, Rabaye E: Motor evaluation in vascular hemiplegia. *Eur Neurol* 1980; 19: 382-389
- 4) Hamdy RC, Krishnaswamy G, Cancellaro V, Whalen K, Harvill L: Changes in bone mineral content and density after stroke. *Stroke* 1993; 24: 940-946
- 5) Holden MK, Gill KM, Magliozzi MR: Gait assessment for neurologically impaired patients. *Phys Ther* 1986; 66: 1530-1539
- 6) Jorgensen L, Engstad T, Jacobsen BK: Bone mineral density in acute stroke patients. Low bone mineral density may predict first stroke in women. *Stroke* 2001; 32: 47-51
- 7) Jorgensen L, Jacobsen BK, Wilsgaard T, Magnus JH: Walking after stroke: does it matter? changes in bone mineral density within the first 12 months after stroke. a longitudinal study. *Osteoporosis Int* 2000; 11: 381-387
- 8) Kanis JA, Gluer CC: An update on the diagnosis and assessment of osteoporosis with densitometry. *Osteoporosis Int* 2000; 11: 192-202
- 9) Lane JM, Riley EH, Wirganowicz PZ: Osteoporosis: diagnosis and treatment. *Instructional Lecture Course* 1997; 46: 445-458
- 10) Liu M, Tsuji T, Higuchi Y, Domen K, Tsujiuchi K, Chino N: Osteoporosis in hemiplegic stroke patients as studied with dual-energy x-ray absorptiometry. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 1219-1226
- 11) Nishii Y: Active vitamin D and its analogs as drugs for the treatment of osteoporosis: advantage and problems. *J Bone Miner Metab* 2002; 20: 57-65
- 12) Orimo H, Hayashi Y, Fukunaga M, Sone T, Fujiwara S, Shiraki M, Kushida K, Miyamoto S, Soen S, Nishimura J, Oh-Hashi Y, Hosoi T, Gorai I, Tanaka H, Kishimoto H: Diagnostic criteria for primary osteoporosis: year 2000 revision. *J Bone Miner Metab* 2001; 19: 331-337
- 13) Raisz LG: Osteoporosis: current approaches and future prospects in diagnosis, pathogenesis, and management. *J Bone Miner Metab* 1999; 17: 79-89
- 14) Ramnemark A, Nilsson M, Borssen B, Gustafson Y: Stroke, a major and increasing risk factor for femoral neck fracture. *Stroke* 2000; 31: 1572-1577
- 15) Ramnemark A, Nyberg L, Borssen B, Olsson T, Gustafson Y: Fracture after stroke. *Osteoporosis Int* 1998; 8: 92-95

- 16) Ramnemark A, Nyberg L, Lorentzon R, Englund U, Gustafson Y: Progressive hemiosteoporosis on the paretic side and increased bone mineral density in the nonparetic arm the first year after severe stroke. *Osteoporosis Int* 1999; 9: 269-275
- 17) Ramnemark A, Nyberg L, Lorentzon R, Olsson T, Gustafson Y: Hemiosteoporosis after severe stroke, independent of changes in body composition and weight. *Stroke* 1999; 30: 755-760
- 18) Sato Y: Abnormal bone and calcium metabolism in patient after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 117-121
- 19) Sato Y, Fujimatsu Y, Kikuyama M, Kaji M, Oizumi K: Influence of immobilization on bone mass and bone metabolism in hemiplegic elderly patients with a long-standing stroke. *J Neurol Sci* 1998; 156: 205-2101
- 20) Sato Y, Honda Y, Kuno H, Oizumi K: Menaterenone ameliorates osteopenia in disuse-affected limbs of vitamin D- and K-deficient stroke patients. *Bone* 1998; 23: 291-296
- 21) Sato Y, Kuno H, Kaji M, Ohshima Y, Asoh T, Oizumi K: Increased bone resorption during the first year after stroke. *Stroke* 1998; 29: 1373-1377
- 22) Sato Y, Maruoka H, Honda Y, Asoh T, Fujimatsu Y, Oizumi K: Development of osteopenia in the hemiplegic finger in patient with stroke. *Eur Neurol* 1996; 36: 278-283
- 23) Sato Y, Maruoka H, Oizumi K: Amelioration of the hemiplegia-associated osteopenia more than 4 years after stroke by 1 $\alpha$ -hydroxyvitamin D3 and calcium supplementation. *Stroke* 1997; 28: 736-739
- 24) Sato Y, Maruoka H, Oizumi K, Kikuyama M: Vitamin D deficiency and osteopenia in the hemiplegic limbs of stroke patients. *Stroke* 1996; 27: 2183-2187
- 25) Sato Y, Tsuru T, Oizumi K, Kaji M: Vitamin K deficiency and osteopenia in disuse-affected limbs of vitamin D-deficient elderly stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; 78: 317-322
- 26) Stewart AF, Adler M, Byers CM, Segre GV, Broadus AE: Calcium homeostasis in immobilization: an example of resorptive hypercalciuria. *N Engl J Med* 1982; 306: 1136-40
- 27) Villareal DT, Civitelli R, Chines A, Avioli LV: Subclinical vitamin D deficiency in osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab* 1991; 72: 628-634
- 28) Wolff I, Croonenborg JJ, Kemper CG, Kostense PJ, Twisk JWR: The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 1999; 9: 1-12

## Appendix

### 1. Motricity Index (MI)

#### ARM

1. Pinch grip
2. Elbow flexion(from 90)
3. Shoulder abduction

#### LEG

4. Ankle dorsiflexion
5. Knee extension
6. hip flexion

**ARM SCORE** (1+2+3)+1

**LEG SCORE** (4+5+6)+1

**SIDE SCORE** (Arm and leg)/2

#### Scoring System

1. Pinch grip - asking the patient to grip a 2.5cm cube between the thumb and forefinger
  - 0 No movement
  - 11 Beginnings of prehension (any movement of finger or thumb)
  - 19 Able to grip the cube, but not hold it against gravity (examiner may need to lift wrist)
  - 22 Able to grip and hold the cube against a weak pull, but weaker than the other side
  - 33 Normal pinch grip
2. The other five movement
  - 0 No movement
  - 9 Palpable contraction in muscle, but no movement
  - 14 Visible movement, but not full range and not against gravity
  - 19 Full range of movement against gravity but not against resistance
  - 25 Full movement against resistance, but weaker than the other side
  - 33 Normal power

### 2. Massachusetts General Hospital Functional Ambulation Classification (MGHFAC)

#### Categories

#### 1. Nonfunctional Ambulator

Patient cannot ambulate. ambulates in parallel bars only, or requires supervision or physical assistance from more than one person to ambulate safely outside of parallel bars.

2. Ambulator - Dependent for Physical Assistance - Level II

Patient requires manual contact of no more than one person during ambulation on level surfaces to prevent falling. Manual contact is continuous and necessary to support body weight, as well as to maintain balance or assist coordination.

3. Ambulator - Dependent for Physical Assistance - Level I

Patient requires manual contact of no more than one person during ambulation on level surfaces to prevent falling. Manual contact consists of continuous or intermittent light touch to assist balance or coordination.

4. Ambulator - Dependent for Supervision

Patient can ambulate on level surfaces without manual contact of another person but, for safety, requires stand-by guarding of no more than one person because of poor judgment, questionable cardiac status, or the need for verbal cuing to complete the task.

5. Ambulator - Independent, Level Surfaces Only

Patient can ambulate independently on level surfaces, but requires supervision or physical assistance to negotiate any of the following; stairs, inclines, or nonlevel surfaces.

6. Ambulator - Independent

Patient can ambulate independently on nonlevel and level surfaces, stairs, and inclines.

---