creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

A Doctoral Dissertation

Cardiovascular Fitness as a Predictor of Functional Recovery in Subacute Stroke Patients

Department of Medicine

Graduate School

Jeju National University

Bo Ryun Kim

February, 2014

아급성기 뇌졸중 환자에서 기능적 회복의 예후추정인자로서 심혈관계 운동척도의 평가

지도교수 주 승 재

김 보 련

이 논문을 의학 박사학위 논문으로 제출함

2014년 2월

김보련의 의학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 일반대학원

2014년 2월

Cardiovascular Fitness as a Predictor of Functional Recovery in Subacute Stroke Patients

Bo Ryun Kim

(Supervised by professor Seung Jae Joo)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Doctor of Medicine

2014.02

This thesis has been examined and approved

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Department of Medicine

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

ABSTRACT

Cardiovascular Fitness as a Predictor of Functional Recovery in Subacute Stroke Patients

Bo Ryun Kim

Department of Medicine

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

Supervised by Professor Seung Jae Joo

Purpose: To investigate the correlation between baseline cardiovascular fitness and functional status, and whether baseline cardiovascular fitness is of predictive value in terms of functional recovery after rehabilitation in subacute stroke patients.

Methods: This study was a descriptive, observational cohort study. Fifty-five subacute stroke patients (37 males and 18 females; average age, 62.2 years) were enrolled for this study, and all subjects underwent symptom-limited low-velocity graded treadmill testing. Baseline assessments included cardiovascular fitness, 6-minute walk test (6MWT), Korean-modified Barthel index (K-MBI), motricity index (MI). Four weeks after rehabilitation, K-MBI was measured repeatedly.

Results: Mean peak oxygen consumption (Vo_2 peak) was 19.7 ± 6.7 mL/kg/min. Baseline K-

MBI correlated significantly with Vo_2 peak, peak heart rate (HR), 6MWT, and MI, and in multivariate linear regression analysis, Vo_2 peak and MI were significant independent predictors of baseline K-MBI. Follow-up K-MBI correlated significantly with Vo_2 peak, peak HR, peak rate pressure product (RPP), 6MWT, baseline K-MBI and MI, and in multivariate linear regression analysis, Vo_2 peak and baseline K-MBI were significant independent predictors of follow-up K-MBI.

Conclusion: These results indicate that baseline cardiovascular fitness is an important prognostic factor regarding the functional recovery, in addition to correlating significantly with the baseline functional status in subacute stroke patients.

Keywords: Stroke, Physical fitness, Function

CONTENTS

ABSTRACT ····· I

CONTENTS ····· III

LIST OF TABLES ····· V

LIST OF FIGURES ····· VI

LIST OF ABBREVIATIONS ····· IX

I. INTRODUCTION ····· 1

II. METHODS ····· 3

1. Subjects
2. Exercise treadmill testing
3. Outcome measures
4. Statistical analysis

III. RESULTS ····· 11

1. Baseline evaluation of cardiovascular fitness, gait, activity of daily living and motor functions
2. Comparison of baseline cardiovascular fitness and gait function according to sex, stroke type and area, lesion side and comorbidities
3. Correlations among baseline activity of daily living function, cardiovascular fitness, gait and motor functions

4. Correlations among follow-up activity of daily living function, baseline cardiovascular fitness, gait and motor functions

IV. DISCUSSION ····· 49

V. CONCLUSION ····· 53

VI. IMPLICATIONS FOR REHABILITATION ····· 54

VII. REFERENCES ····· 55

VIII. ABSTRACT IN KOREAN ····· 59

IX. APPENDICES ····· 61

LIST OF TABLES

Table 1. Demographic and disease-related characteristics of the subjects (N = 55)

Table 2. The baseline evaluation of cardiovascular fitness, gait, ADL and motor functions

Table 3. Comparison of baseline cardiovascular fitness and gait function according to sex

Table 4. Correlation among the baseline ADL function, cardiovascular fitness, gait and motor functions

Table 5. Results of multivariate linear regression analysis: predictors of the baseline ADL function

Table 6. Correlation among baseline cardiovascular fitness, gait, and motor functions

Table 7. Correlation among the follow-up ADL function, baseline cardiovascular fitness, gait and motor functions

Table 8. Results of multivariate linear regression analysis: predictors of the follow-up ADL function

LIST OF FIGURES

Figure 1. The figure shows symptom-limited low-velocity graded exercise stress test

Figure 2(A). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak oxygen consumption

Figure 2(B). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and rest heart rate

Figure 2(C). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak heart rate

Figure 2(D). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and rest systolic blood pressure

Figure 2(E). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and rest diastolic blood pressure

Figure 2(F). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak systolic blood pressure

Figure 2(G). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak diastolic blood pressure

Figure 2(H). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak rate pressure product

Figure 2(I). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and 6-minute walk test

Figure 2(J). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and motricity index

Figure 3(A). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and rest heart rate

Figure 3(B). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak heart rate

Figure 3(C). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and rest systolic blood pressure

Figure 3(D). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and rest diastolic blood pressure

Figure 3(E). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak systolic blood pressure

Figure 3(F). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak diastolic blood pressure

Figure 3(G). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak rate pulse product

Figure 3(H). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and 6-minute walk test

Figure 3(I). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and motricity index

Figure 4(A). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak oxygen consumption

Figure 4(B). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline rest heart rate

Figure 4(C). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak heart rate

Figure 4(D). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline rest systolic blood pressure

Figure 4(E). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline rest diastolic blood pressure

Figure 4(F). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak systolic blood pressure

Figure 4(G). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak diastolic blood pressure

Figure 4(H). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak rate pressure product

Figure 4(I). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline 6-minute walk test

Figure 4(J). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline motricity index

Figure 4(K). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline Korean-modified Barthel index

LIST OF ABBREVIATIONS

ADL, activity of daily living

Vo_2, oxygen consumption

ECG, electrocardiogram

RER, respiratory exchange ratio

MET, metabolic equivalent

HR, heart rate

SBP, systolic blood pressure

DBP, diastolic blood pressure

RPP, rate pulse product

6MWT, 6-minute walk test

K-MBI, Korean-modified Barthel index

MI, motricity index

I. INTRODUCTION

Stroke is one of the leading causes of disability, resulting in chronic residual deficits that impair ambulatory and activity of daily living (ADL) functions (Gresham et al., 1975). The goal of intensive rehabilitation during the subacute recovery period following stroke is to improve basic mobility and ADL skills (Gresham et al., 1995), with 60 – 70% of subacute stroke patients regaining their ability to walk independently at discharge (Hill et al., 1997). However, only 7% of these patients have sufficient capacity to maintain ambulatory function in the community (Goldie et al., 1996; Hill et al., 1997). Residual functional deficits such as reduced mobility, poor balance, and muscle weakness may lead to physical inactivity and a sedentary lifestyle, thereby propagating reduced cardiovascular fitness (Gresham et al., 1975; Jorgensen et al., 1999; Mayo et al., 1999).

In stroke patients, reduced cardiovascular fitness is a well-studied physical impairment. Mean peak oxygen consumption (Vo_2 peak) levels typically range from 11.4 ± 3.7 to 17.3 ± 7.0 mL/kg/min (Eng et al., 2004; Ivey et al., 2005; Kelly et al., 2003; MacKay-Lyons et al., 2002; Pang et al., 2006; Rimmer et al., 2005; Yates et al., 2004). This is 33 – 70% lower than in a group of age- and sex-matched, nondisabled, sedentary but otherwise healthy individuals, in whom Vo_2 peak levels range between 25 and 30 mL/kg/min (Ivey et al., 2005). The low aerobic capacity in stroke survivors may not only increase the energy costs of movements involving the residual functional deficits, leading to low social participation and poor quality of life (Mayo et al., 1999), but also worsen underlying cardiovascular and metabolic risk factors such as hypertension, obesity, diabetes, and dyslipidemia, thus contributing to a higher risk of recurrent stroke (Michael et al., 2007).

As highlighted by these detrimental effects of low aerobic capacity on long-term prognosis, in subacute and/or chronic stroke patients, positive correlations have been confirmed between cardiovascular fitness, ambulatory function, and balance through therapeutic

aerobic exercise training (Duncan et al., 2003; Globas et al., 2012; Jorgensen et al., 2010; Macko et al., 2005). However, there is relatively limited evidence for a correlation between baseline cardiovascular fitness and functional status, especially during the early post-stroke period. Although one study (MacKay-Lyons et al., 2002) reported a significant relationship between Vo_2 peak and the Barthel index early after stroke, its small sample size and use of weight-supported treadmill testing to measure Vo_2 peak limited the generalizability of the conclusions. In addition, that study did not address whether cardiovascular fitness serves as a potential predictor of functional capacity in subacute stroke patients. This relationship would have important implications regarding whether an improved baseline cardiovascular fitness would enhance functional recovery in subacute stroke patients.

Therefore, this study investigated the correlation between baseline cardiovascular fitness and ADL function, and whether baseline cardiovascular fitness is of predictive value in terms of functional recovery after rehabilitation in subacute stroke patients.

II. METHODS

Subjects

Fifty-five patients (37 males and 18 females; average age, 62.2 years; range, 37 – 89 years) with subacute (i.e., within 3 months) stroke were recruited from the patients admitted to Jeju National University Hospital between June 2011 and May 2012 for first-ever cerebral stroke involving the cortical or subcortical area, confirmed clinically through computed tomography scans or magnetic resonance imaging. Eligibility was determined by screening, carried out by a physiatrist. Patient evaluation included medical history, physical and neurological examinations, a resting 12-lead electrocardiogram (ECG, CH 2000 Cardiac Diagnostic System, Cambridge Heart Inc, USA), and calculation of body mass index. The inclusion criteria consisted of the ability to walk at least 3 min with or without an aid but without standby assistance and to understand simple oral instructions given by a physical therapist. Exclusion criteria consisted of advanced congestive heart failure, peripheral arterial disease with claudication, unstable angina, uncontrolled hypertension (>190/110 mmHg), severe cognitive impairment or aphasia (determined by clinical evaluation with a physiatrist), subacute systemic illness or infection, and significant orthopedic or pain conditions that limited participation in exercise testing. Of 121 screened patients, a total of 55 patients were eligible for the inclusion & exclusion criterias, and finally enrolled into the study.

Baseline demographic and stroke-related data are presented in Table 1.

The average age of the patients was 62.2 ± 11.7 years, and the average post-stroke duration was 32.6 ± 24.7 days. Only 8 of the 55 (14.5%) patients had cardiovascular comorbidities including atrial fibrillation (n = 4), coronary artery diseases (n = 3), and congestive heart failure (n = 1). None of them took beta-blocker medications.

Usual medications were maintained throughout the period of screening and exercise testing.

For the duration of the study, all participants received conventional rehabilitation therapies consisting of physical and occupational therapies focused on mobility and ADL functions. Several studies (Kuys et al., 2006; MacKay-Lyons et al., 2002) indicated that conventional rehabilitation therapies did not induce a meaningful aerobic training effect in post-stroke patients, regardless of walking ability. All participants provided a written informed consent form, and Ethics Committee of Jeju National University Hospital approved the study protocol.

Table 1. Demographic and disease-related characteristics of the subjects (N = 55)

Variable	Values
Age at stroke onset (years)	62.2 ± 11.7
Sex, males/females	37 (67.3) / 18 (32.7)
Post-stroke duration (days)	32.6 ± 24.7
Height (cm)	163.8 ± 7.7
Weight (kg)	63.6 ± 10.8
Body mass index (kg/m^2)	23.7 ± 3.0
Stroke type	
Ischemic	47 (85.5)
Hemorrhagic	8 (14.5)
Stroke area	
Cortical	18 (32.7)
Subcortical	37 (67.3)
Lesion side	
Left	28 (50.9)
Right	26 (47.3)
Both	1 (1.8)
Comorbidities	
Cardiovascular disease	8 (14.5)
Diabetes mellitus	10 (18.2)
Hypertension	30 (54.5)

Values represent mean ± standard deviation or number (%) of cases

Exercise treadmill testing

Peak exercise cardiovascular responses were measured by the symptom-limited low-velocity graded treadmill stress testing suggested by Macko et al., 1997 on a calibrated motorized treadmill (T-2100, GE Healthcare Inc, USA) in the presence of one physiatrist and one physical therapist. An initial round of treadmill walking without incline was used to assess gait safety and to select the target walking velocity for subsequent maximal effort graded treadmill testing. The zero-incline treadmill test was started at 0.5 mph and slowly advanced by 0.1 mph increments according to the patient's subjective tolerance and observer-rated gait stability. Patients capable of performing ≥ 3 consecutive minutes of treadmill walking at ≥ 0.5 mph were allowed 15 min of seated rest, after which they underwent constant-velocity, progressively graded treadmill exercise testing during continuous ECG and monitoring of vital signs. For the initial 2 min, patients walked on the T-2100 treadmill without an incline, followed by 2 min at 4% incline, with a 2% increase per 2 min thereafter. The exercise test was terminated on patient request or if gait instability or cardiovascular decompensation was determined according to the guidelines of the American College of Sports Medicine (Thompson et al., 2009). Handrail supported was minimally allowed, and a gait belt support and close supervision were provided as safety measures (Fig. 1).

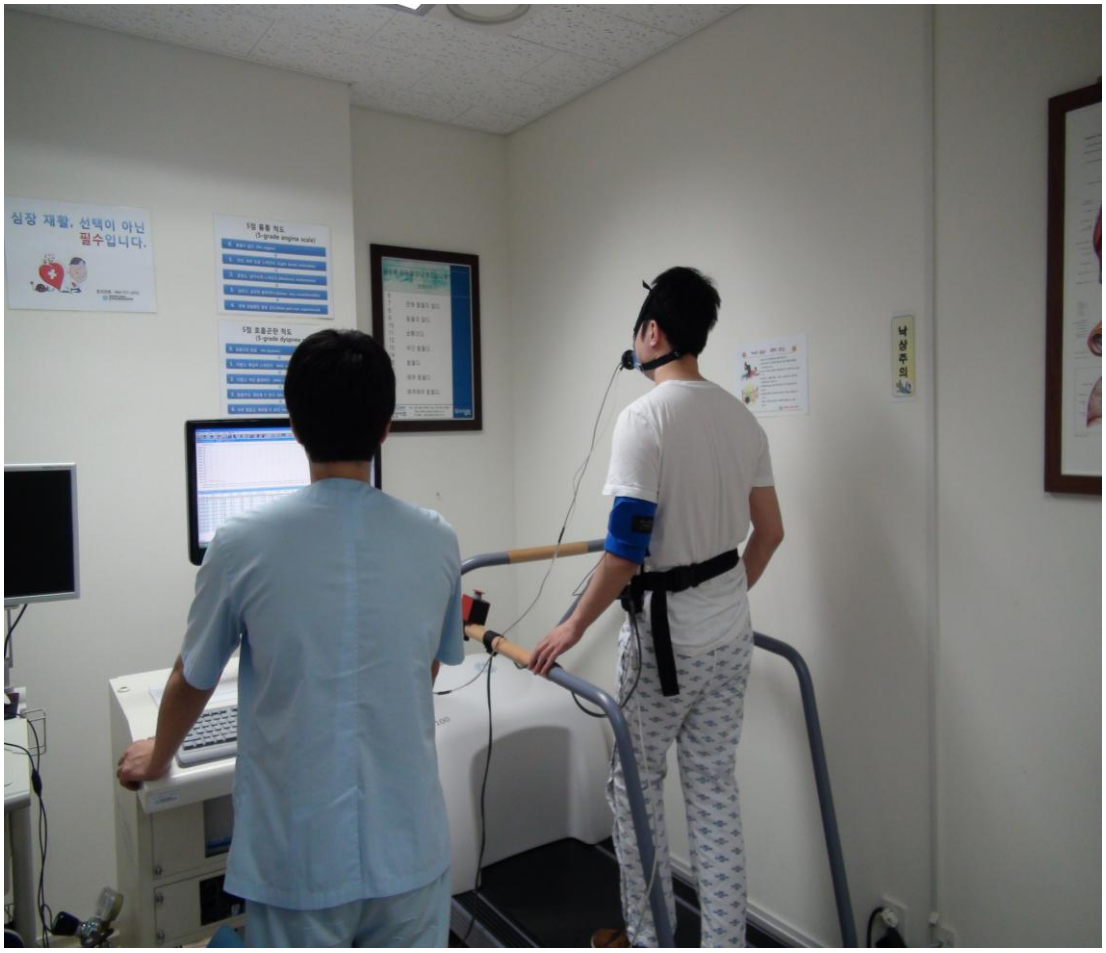

Figure 1. The figure shows symptom-limited low-velocity graded exercise stress test

Outcome measures

Assessment of cardiovascular fitness and gait function

The Vo_2 and respiratory exchange ratio (RER) were determined by expired-gas analysis via the breath-by-breath method using a portable telemetric system (Cosmed CPET, COSMED Inc, Italy). The Vo_2 was also expressed in metabolic equivalents (METs) to describe exercise intensity. Peak values for these exercise parameters were the averages of values recorded during the last 30 sec of the test. A 12-lead ECG was used to determine resting heart rate (HR rest) after a 5 min rest period. Peak heart rate (HR peak) was the average heart rate during the last 30 sec of exercise and was additionally expressed as a percentage of the age-predicted maximal heart rate: [HR peak/(220 - age)] x 100 (Thompson et al., 2009). Systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were measured at rest, every 2 min during exercise, and every minute during recovery until a return to baseline was confirmed. Resting and peak SBP & DBP values were recorded for statistical analysis. The rate pressure product (RPP) was also calculated (heart rate x SBP) (Thompson et al., 2009) with the peak value defined as the average of the values recorded during the last 30 sec of the test. Exercise duration, defined as the time from the initiation to the termination of the exercise protocol, was recorded. Vo_2 max was the highest value attained during the test. Maximal effort was achieved if one of the following criteria was met: (1) increase in Vo_2 < 150 mL in the final minute of exercise, i.e., a Vo_2 plateau; (2) peak RER > 1.0; (3) peak SBP > 200 mmHg; or (4) HR peak within 15 beats per minute of the predicted maximal heart rate (Howley et al., 1995).

Gait function was evaluated with the 6-minute walk test (6MWT). This is a commonly used standardized measure of exercise tolerance and functional walking capacity in people with compromised mobility (Eng et al., 2002). Patients were instructed to walk along a 50 m track

without disturbances, and used their customary assistive devices during the test but were requested to walk without support when possible.

Assessment of ADL function

The Korean-modified Barthel index (K-MBI) was used to evaluate ADL functions. The MBI is a reliable and valid instrument for measuring the functional status of stroke patients, and the Korean version of the MBI has been validated (Jung et al., 2007) (App. 1).

Assessment of motor function

The motricity index (MI) was used to assess motor impairment after stroke. Of several possible MI scores, we measured the hemiparetic side score: [(arm score for side) + (leg score for side)] / 2 (Collin et al., 1990). The MI of bilateral weakness due to bi-hemispheric lesion involvement was obtained from the average score of the MIs of the double hemiparetic sides (App. 2).

All assessments were measured at baseline evaluation. Only the K-MBI was measured repeatedly 4 weeks after rehabilitation.

Statistical Analysis

All statistical analyses were performed using the SPSS statistical package (version 14.0).

All measures were subjected to descriptive statistics. Student's *t*-test was used to compare baseline cardiovascular fitness and 6MWT according to sex, stroke type and area, lesion side, and comorbidities. Pearson's correlation analysis was used to assess the relationships among baseline ADL function, cardiovascular fitness, gait, and motor functions, and to assess relationships among follow-up ADL function, cardiovascular fitness, gait, and motor functions, respectively. Multivariate linear regression analysis using a backward selection linear regression model was employed to determine whether the baseline cardiovascular fitness was a significant predictor of ADL function at baseline and at 4 weeks after rehabilitation. A p - value < 0.05 was considered statistically significant.

III. RESULTS

Baseline evaluation of cardiovascular fitness, gait, activity of daily living and motor functions

Data on the baseline cardiovascular fitness, 6MWT, K-MBI, and MI scores are presented in Table 2. The average values of Vo_2 peak, MET peak, RER peak, and percentage of age-predicted maximal HR were 19.7 ± 6.7 mL/kg/min, 5.6 ± 1.9 METs, 0.98 ± 0.08, and 92.1 ± 10.8%, respectively.

Table 2. The baseline evaluation of cardiovascular fitness, gait, ADL, and motor functions

Variable	Values
Vo_2 peak (mL/kg/min)	19.7 ± 6.7
MET peak	5.6 ± 1.9
RER peak	0.98 ± 0.08
HR rest (bpm)	88.9 ± 14.0
HR peak (bpm)	133.2 ± 23.3
Percentage of age-predicted maximal HR (%)	92.1 ± 10.8
Rest SBP (mmHg)	130.8 ± 22.9
Rest DBP (mmHg)	78.1 ± 12.9
Peak SBP (mmHg)	176.1 ± 32.8
Peak DBP (mmHg)	83.2 ± 17.2
RPP peak	23,861.8 ± 6,498.6
Exercise duration (sec)	536.3 ± 284.3
6MWT (m)	262.8 ± 120.7
K-MBI	74.0 ± 17.6
MI	61.2 ± 11.0

Values represent mean ± standard deviation or number (%) of cases

Abbreviation: ADL, activity of daily living, Vo_2, oxygen consumption, MET, metabolic equivalent, RER, respiratory exchange ratio, HR, heart rate, SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure, RPP, rate pressure product, 6MWT, 6-minute walk test, K-MBI, Korean-modified Barthel index, MI, motricity index

Comparison of baseline cardiovascular fitness and gait function according to sex, stroke type and area, lesion side, and comorbidities

A comparison of baseline cardiovascular fitness and 6MWT according to sex, stroke type and area, lesion side, and comorbidities such as cardiovascular disease, diabetes mellitus, and hypertension failed to show significant differences, except for a significantly lower Vo_2 peak (16.1 ± 5.0 mL/kg/min vs. 21.4 ± 6.8 mL/kg/min, $p < 0.01$) and 6MWT (216.3 ± 99.7 m vs. 285.4 ± 124.6 m, $p = 0.03$) in females than in males (Table 3).

Table 3. Comparison of baseline cardiovascular fitness and gait function according to sex

Variable	Male (n = 37)	Female (n = 18)
Vo_2 peak (mL/kg/min)	21.4 ± 6.8	16.1 ± 5.0†
HR rest (bpm)	90.2 ± 14.8	86.1 ± 12.2
HR peak (bpm)	133.2 ± 23.5	133.2 ± 23.3
Rest SBP (mmHg)	129.2 ± 23.5	134.0 ± 21.7
Rest DBP (mmHg)	76.5 ± 12.7	81.4 ± 13.0
Peak SBP (mmHg)	174.5 ± 31.7	179.4 ± 35.8
Peak DBP (mmHg)	79.9 ± 15.8	89.8 ± 18.4
RPP peak	23,737 ± 6,165.1	24,116.7 ± 7,318.2
6MWT (m)	285.4 ± 124.6	216.3 ± 99.7*

Values represent mean ± standard deviation or number (%) of cases

* $p < 0.05$, †$p < 0.01$

Abbreviation: Vo_2, oxygen consumption, HR, heart rate, SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure, RPP, rate pressure product, 6MWT, 6-minute walk test

Correlation among baseline activity of daily living function, cardiovascular fitness, gait, and motor functions

The baseline K-MBI score correlated significantly with the Vo_2 peak, HR peak, 6MWT, and MI (Table 4 & Fig. 2(A) - (J)).

Table 4. Correlation among the baseline ADL function, cardiovascular fitness, gait, and motor functions

	Correlation coefficients (*r*)
	Baseline K-MBI
Vo_2 peak	0.54†
HR rest	-0.2
HR peak	0.30*
Rest SBP	-0.01
Rest DBP	0.04
Peak SBP	0.16
Peak DBP	-0.09
RPP peak	0.25
6MWT	0.47†
MI	0.54†

Values represent correlation coefficients (*r*)

*$p < 0.05$, † $p < 0.01$

Abbreviation: K-MBI, Korean-modified Barthel index, Vo_2, oxygen consumption, HR, heart rate, SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure, RPP, rate pressure product, 6MWT, 6-minute walk test, MI, motricity index

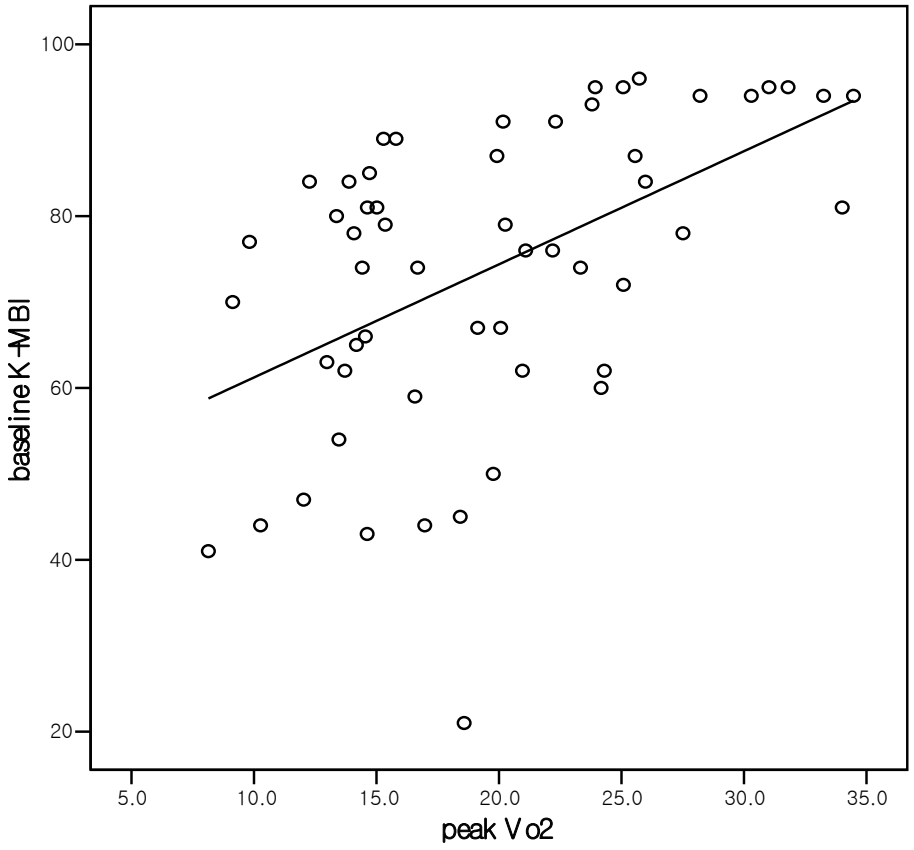

Figure 2(A). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak oxygen consumption ($r = 0.54$, $p < 0.01$)

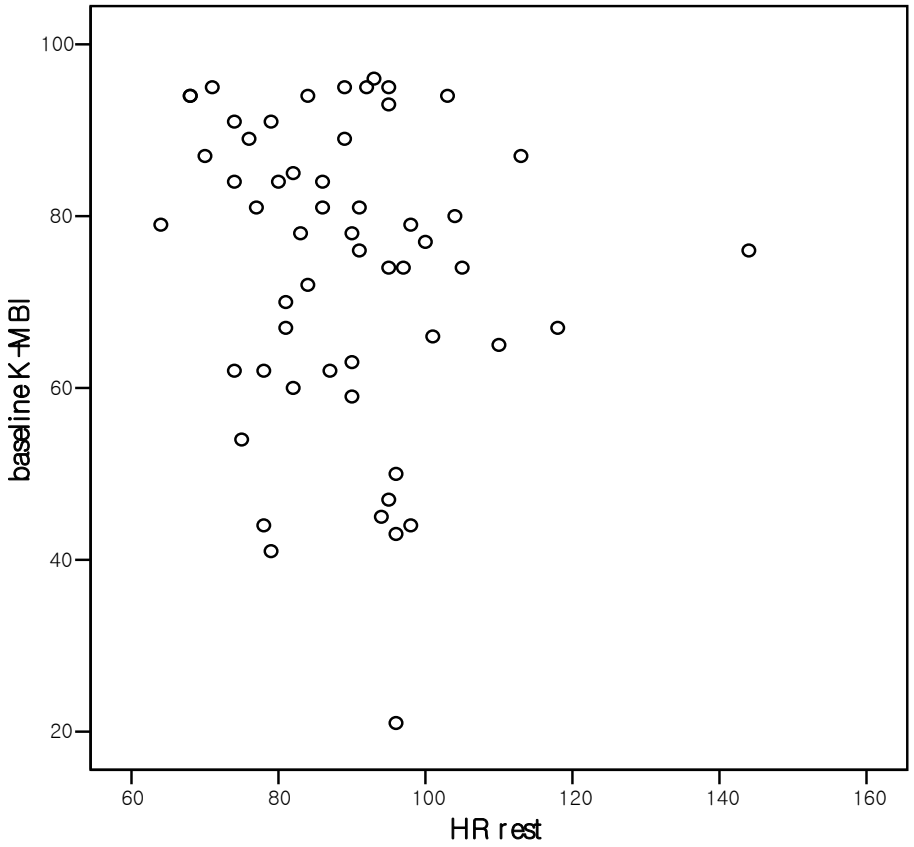

Figure 2(B). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and rest heart rate (r = - 0.20, p = 0.14)

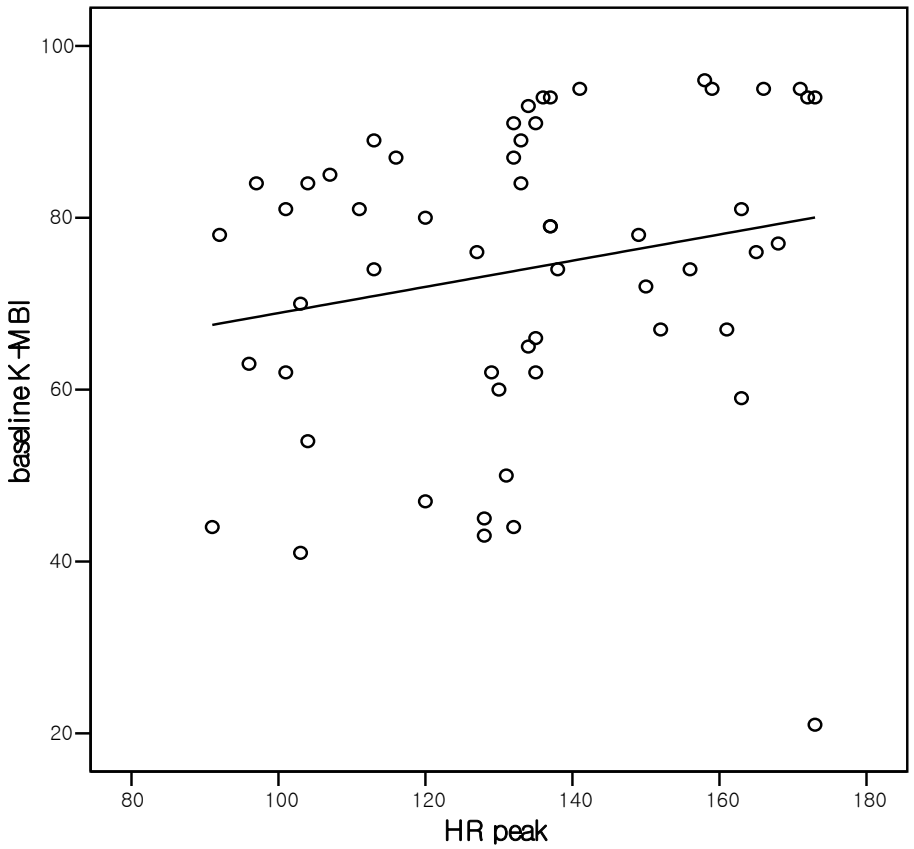

Figure 2(C). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak heart rate (r = 0.30, p = 0.03)

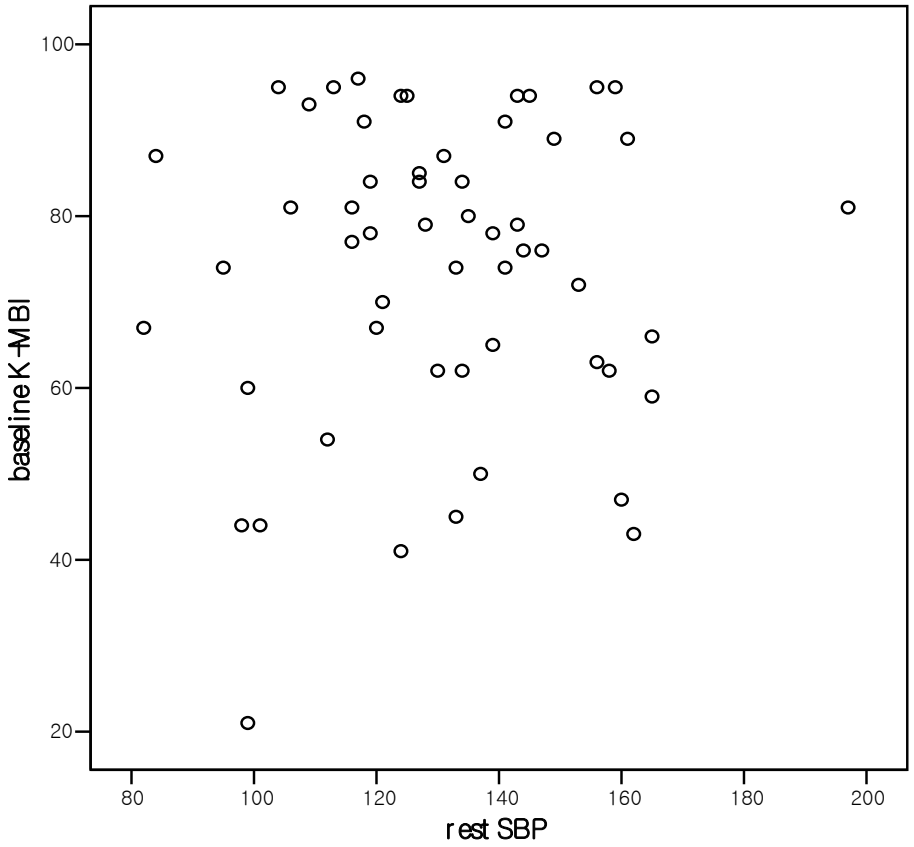

Figure 2(D). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and rest systolic blood pressure (r = - 0.01, p = 0.99)

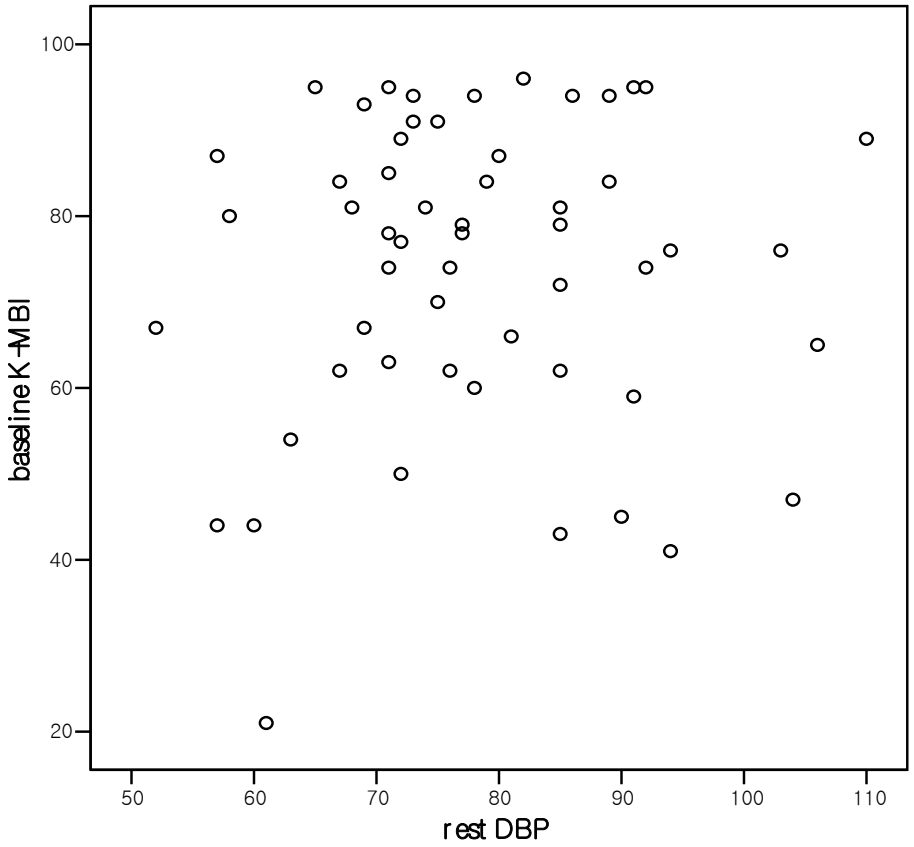

Figure 2(E). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and rest diastolic blood pressure (r = 0.04, p = 0.77)

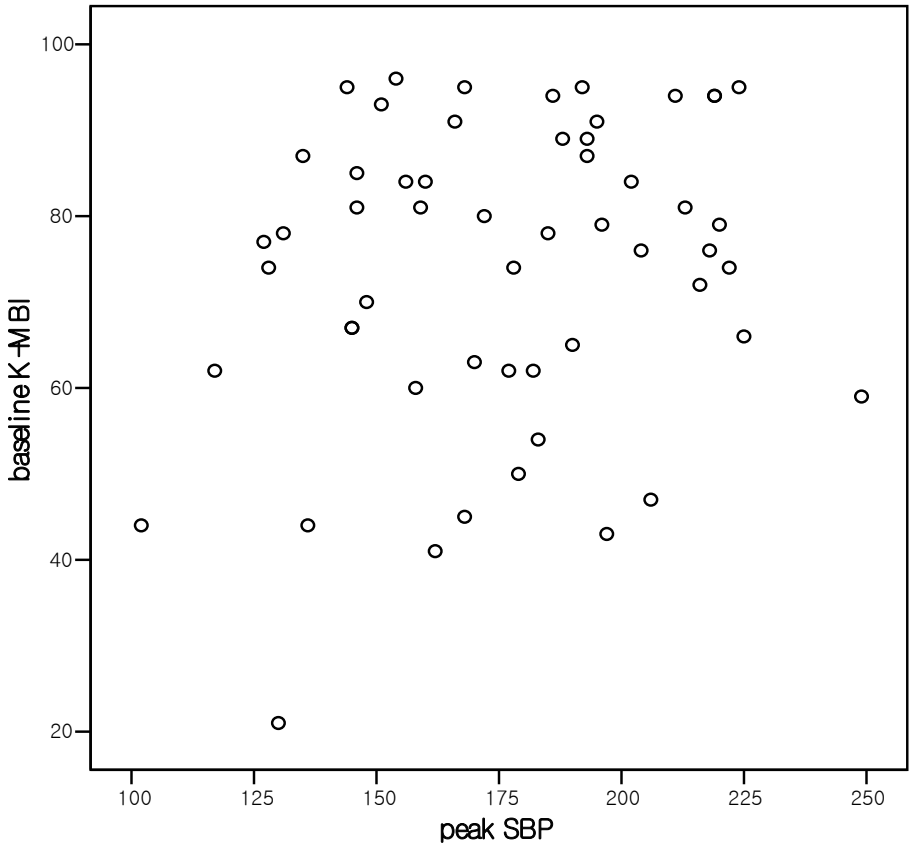

Figure 2(F). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak systolic blood pressure (r = 0.16, p = 0.24)

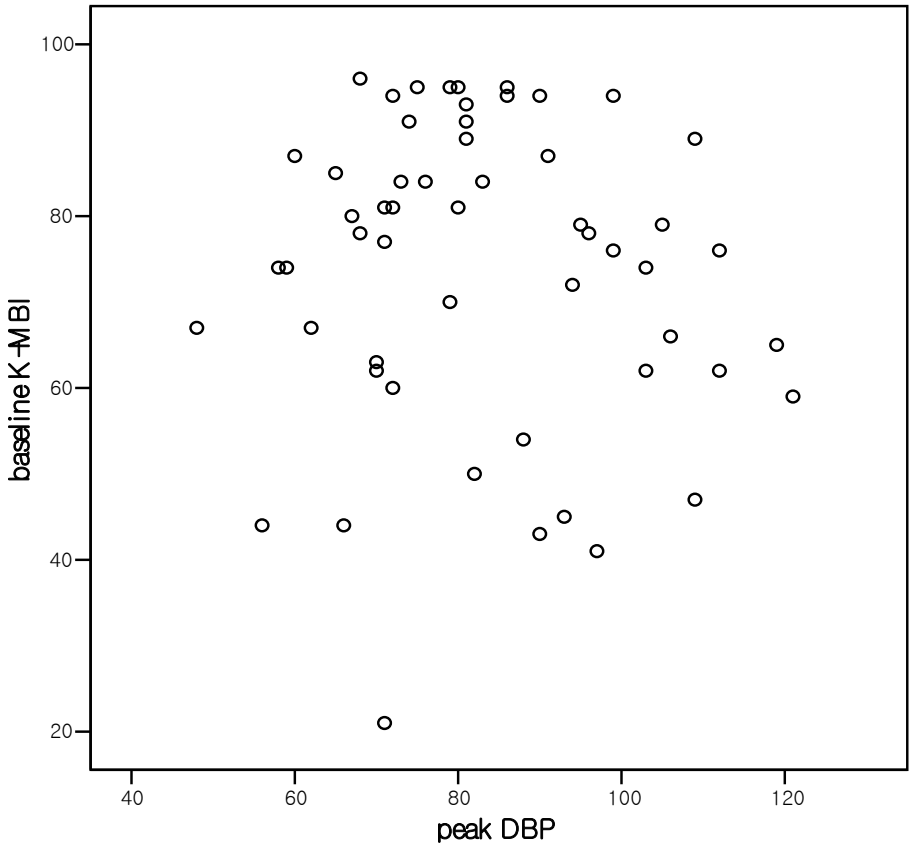

Figure 2(G). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak diastolic blood pressure (r = - 0.09, p = 0.52)

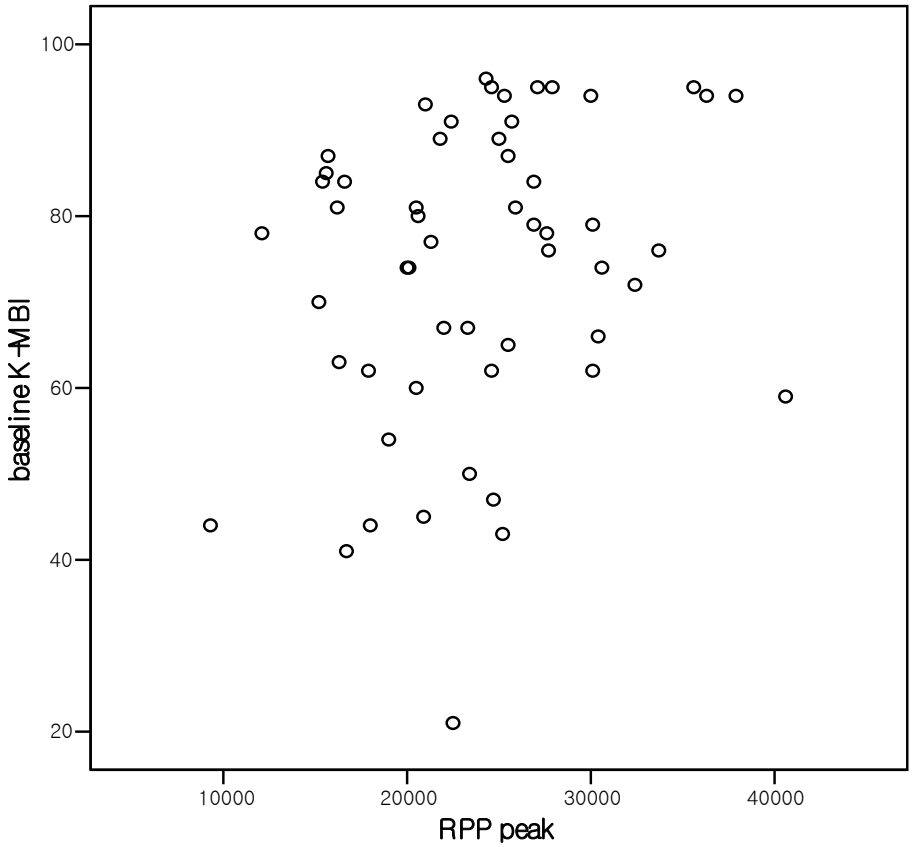

Figure 2(H). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and peak rate pressure product ($r = 0.25$, $p = 0.06$)

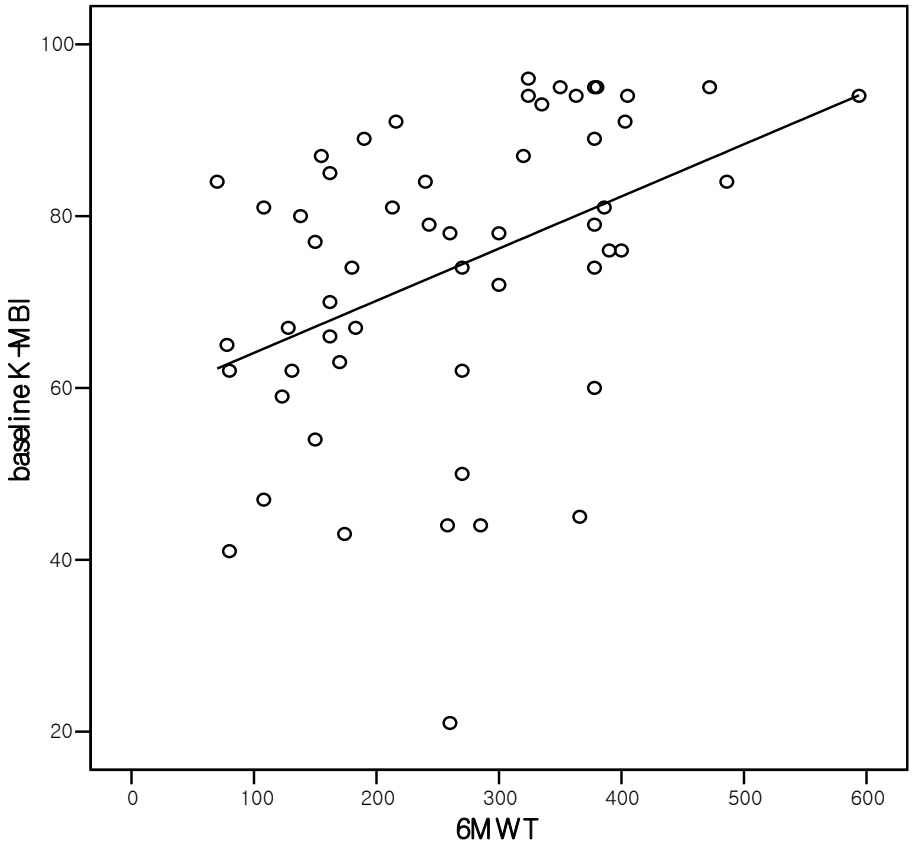

Figure 2(I). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and 6-minute walk test ($r = 0.47$, $p < 0.01$)

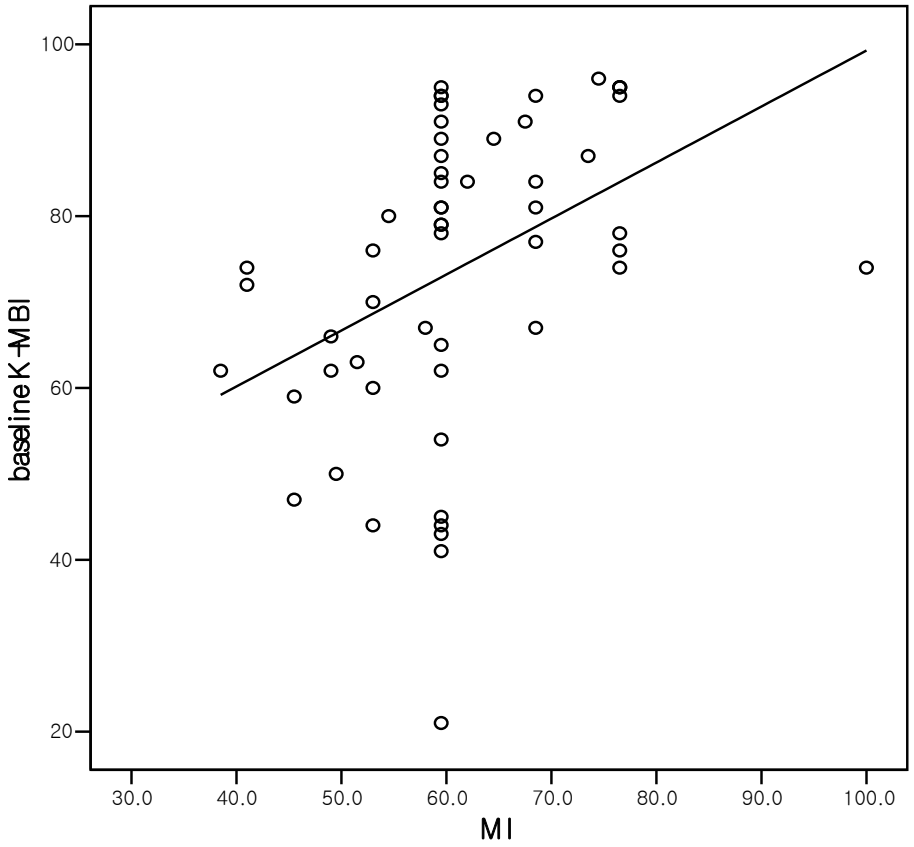

Figure 2(J). Correlation between the baseline Korean-modified Barthel index and motricity index ($r = 0.54$, $p < 0.01$)

In multivariate linear regression analysis, the Vo_2 peak (beta = 0.425, $p < 0.01$) and the MI (beta = 0.296, $p = 0.02$) were significant independent predictors of the baseline K-MBI (adjusted $R^2 = 0.33$) (Table 5).

Table 5. Results of multivariate linear regression analysis: predictors of the baseline ADL function

Outcome /Independent Predictor	Standardized β	*p* - value	Adjusted R^2
Baseline K-MBI			
Vo2 peak	0.425	< 0.01	0.33
MI	0.296	0.02	

Abbreviation: K-MBI, Korean-modified Barthel index, Vo_2, oxygen consumption, MI, motricity index

In additional analysis of a correlation among baseline cardiovascular fitness, gait, and motor functions, Vo_2 peak was found to be significantly associated with HR peak, RPP peak, and 6MWT but not with the MI score (Table 6 & Fig. 3(A)-(I)).

Table 6. Correlation among baseline cardiovascular fitness, gait, and motor functions

	Correlation coefficients (*r*)
	Baseline Vo_2 peak
HR rest	-0.07
HR peak	0.61†
Rest SBP	-0.09
Rest DBP	0.09
Peak SBP	0.25
Peak DBP	0.06
RPP peak	0.56†
6MWT	0.74†
MI	0.26

Values represent correlation coefficients (*r*)

*$p < 0.05$, †$p < 0.01$

Abbreviation: Vo_2, oxygen consumption, HR, heart rate, SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure, RPP, rate pressure product, 6MWT, 6-minute walk test, MI, motricity index

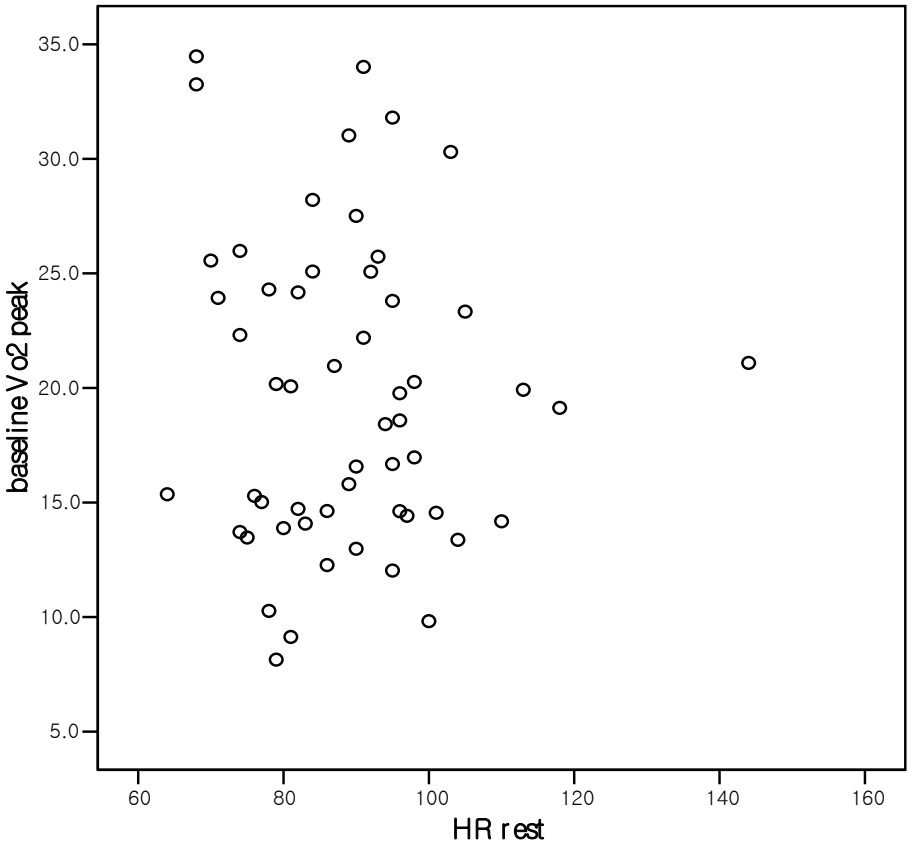

Figure 3(A). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and rest heart rate (r = - 0.07, p = 0.64)

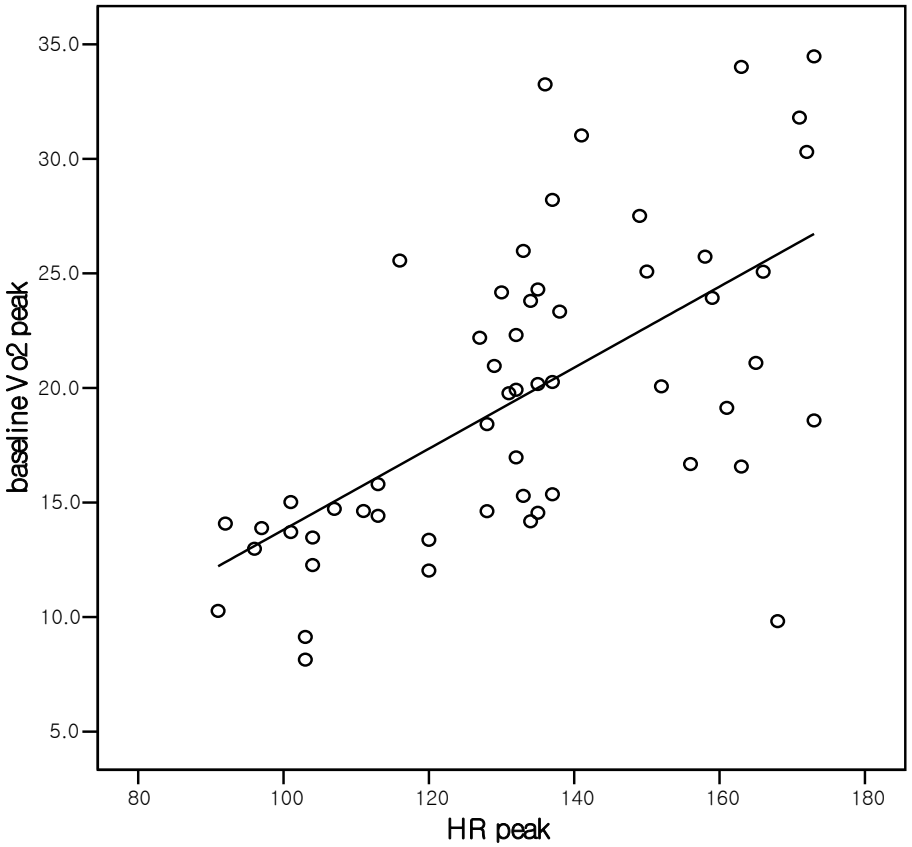

Figure 3(B). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak heart rate ($r = 0.61$, $p < 0.01$)

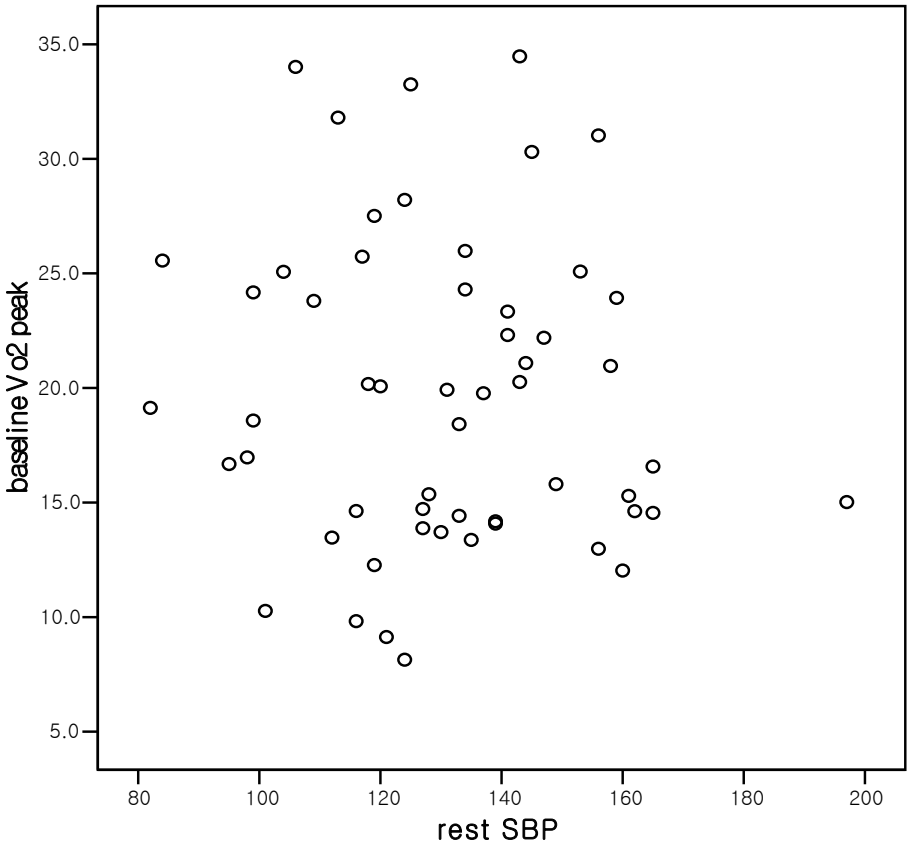

Figure 3(C). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and rest systolic blood pressure (r = - 0.09, p = 0.51)

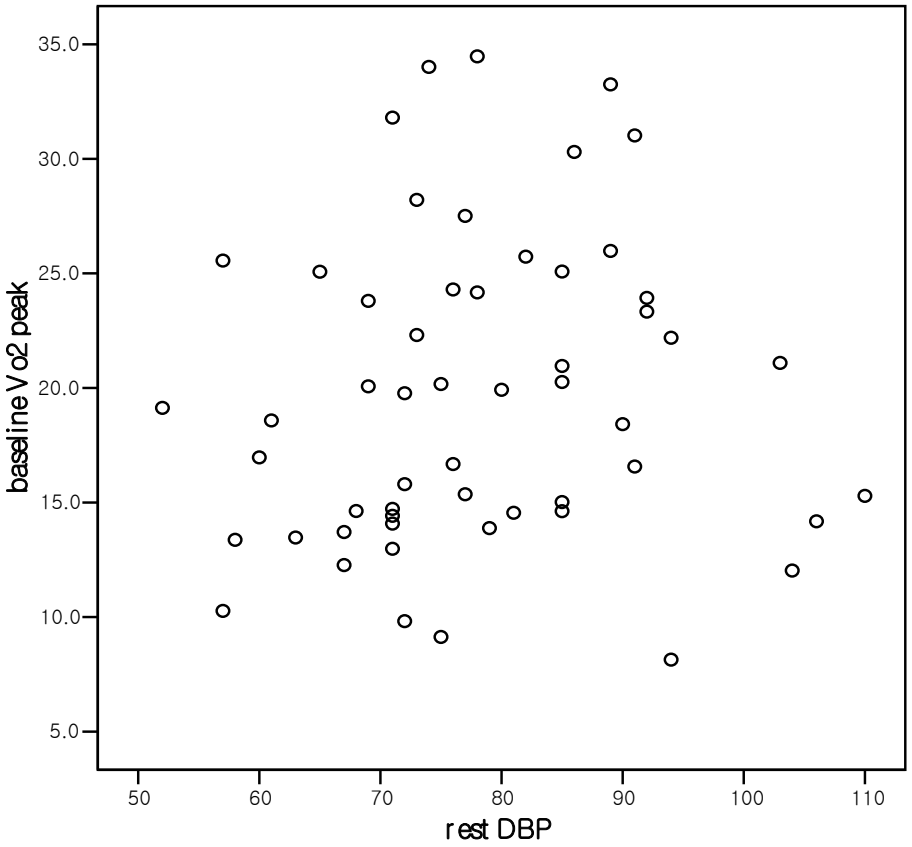

Figure 3(D). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and rest diastolic blood pressure ($r = 0.09$, $p = 0.52$)

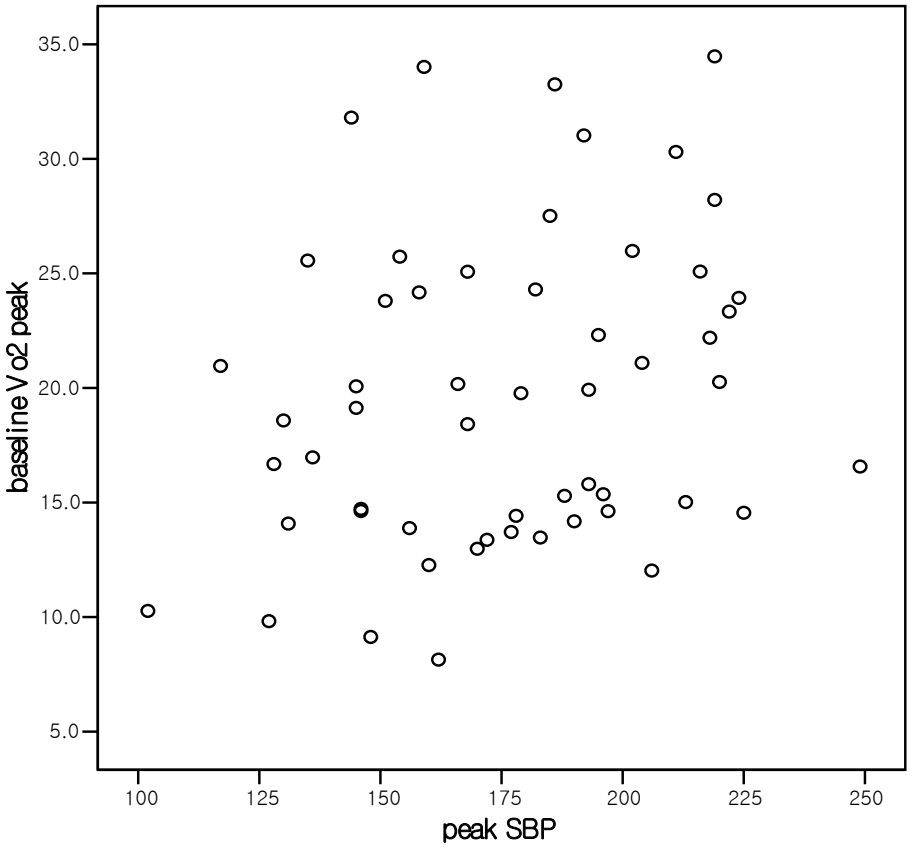

Figure 3(E). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak systolic blood pressure ($r = 0.25$, $p = 0.07$)

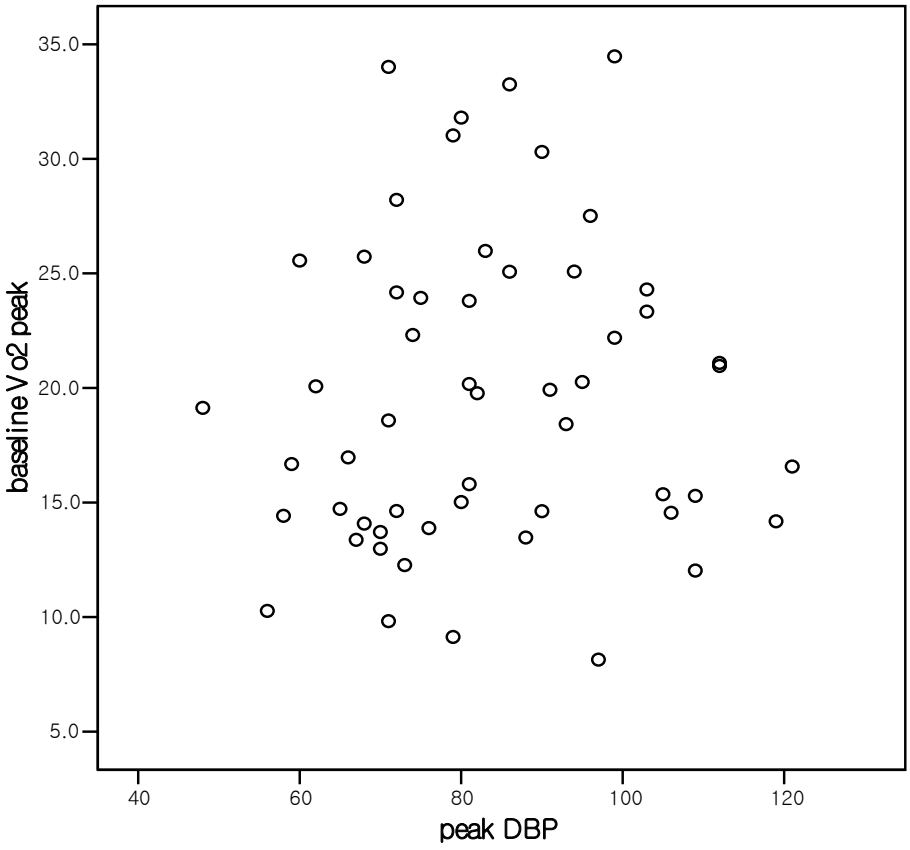

Figure 3(F). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak diastolic blood pressure ($r = 0.06$, $p = 0.67$)

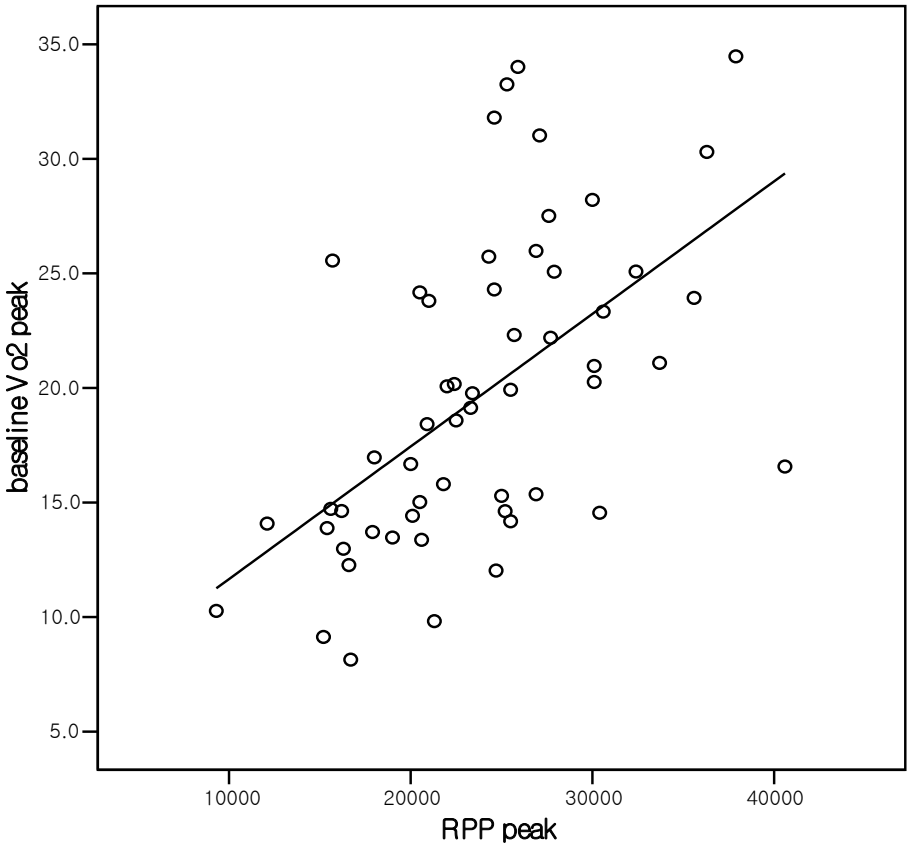

Figure 3(G). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and peak rate pulse product ($r = 0.56$, $p < 0.01$)

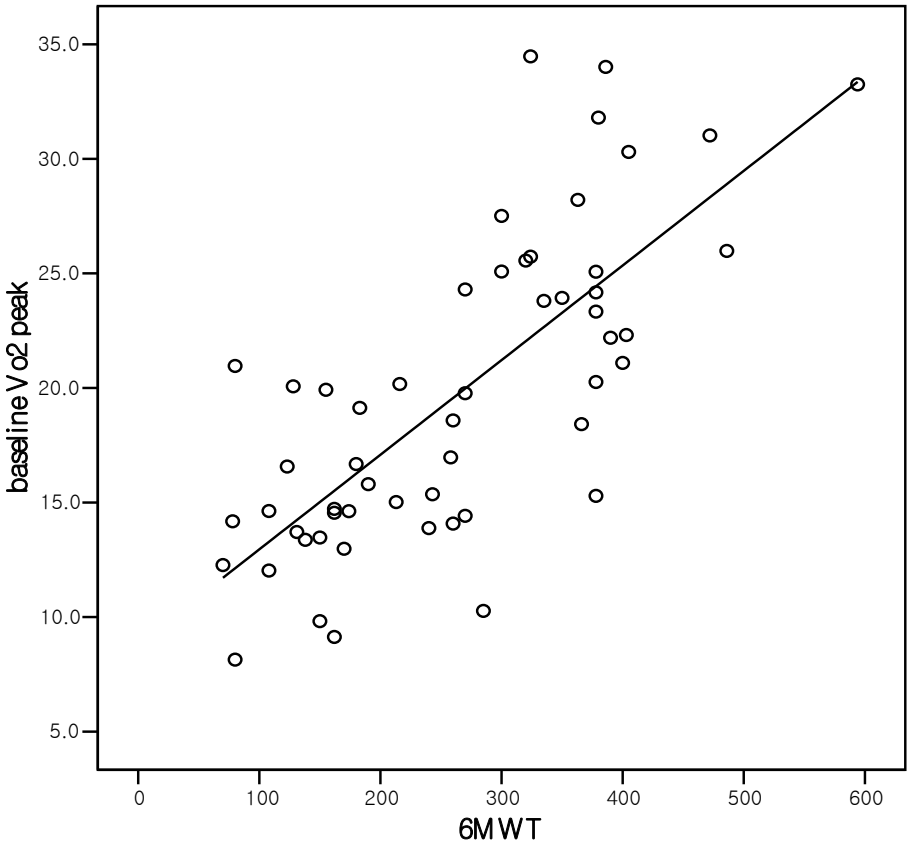

Figure 3(H). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and 6-minute walk test ($r = 0.74$, $p < 0.01$)

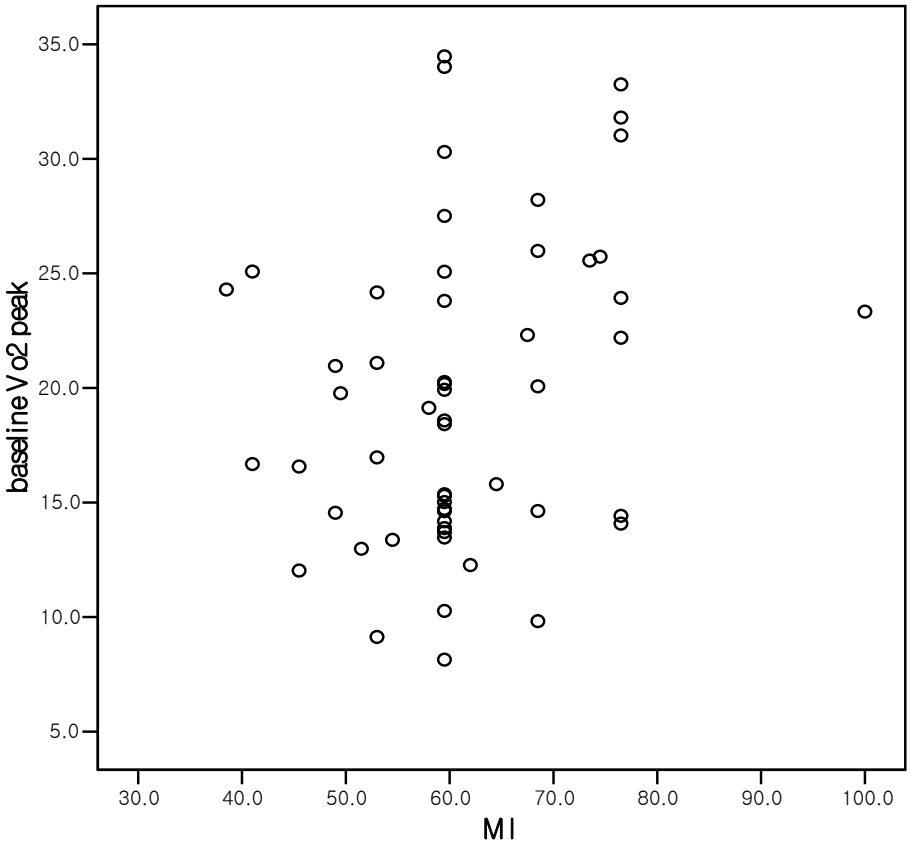

Figure 3(I). Correlation between the baseline peak oxygen consumption and motricity index ($r = 0.26$, $p = 0.07$)

Correlations among follow-up activity of daily living function, baseline cardiovascular fitness, gait, and motor functions

The follow-up K-MBI score correlated significantly with the peaks in Vo_2, HR, and RPP as well as with 6MWT score, the MI, and the baseline K-MBI (Table 7 & Fig. 4(A)-(K)).

Table 7. Correlation among the follow-up ADL function, cardiovascular fitness, gait, and motor functions

	Correlation coefficients (*r*)
	Follow-up K-MBI
Vo_2 peak	0.55†
HR rest	-0.08
HR peak	0.44†
Rest SBP	0.06
Rest DBP	0.13
Peak SBP	0.22
Peak DBP	0.01
RPP peak	0.44†
6MWT	0.59†
MI	0.55†
Baseline K-MBI	0.89†

Values represent correlation coefficients (*r*)

*$p < 0.05$, †$p < 0.01$

Abbreviation: K-MBI, Korean-modified Barthel index, Vo_2, oxygen consumption, HR, heart rate, SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure, RPP, rate pressure product, 6MWT, 6-minute walk test, MI, motricity index

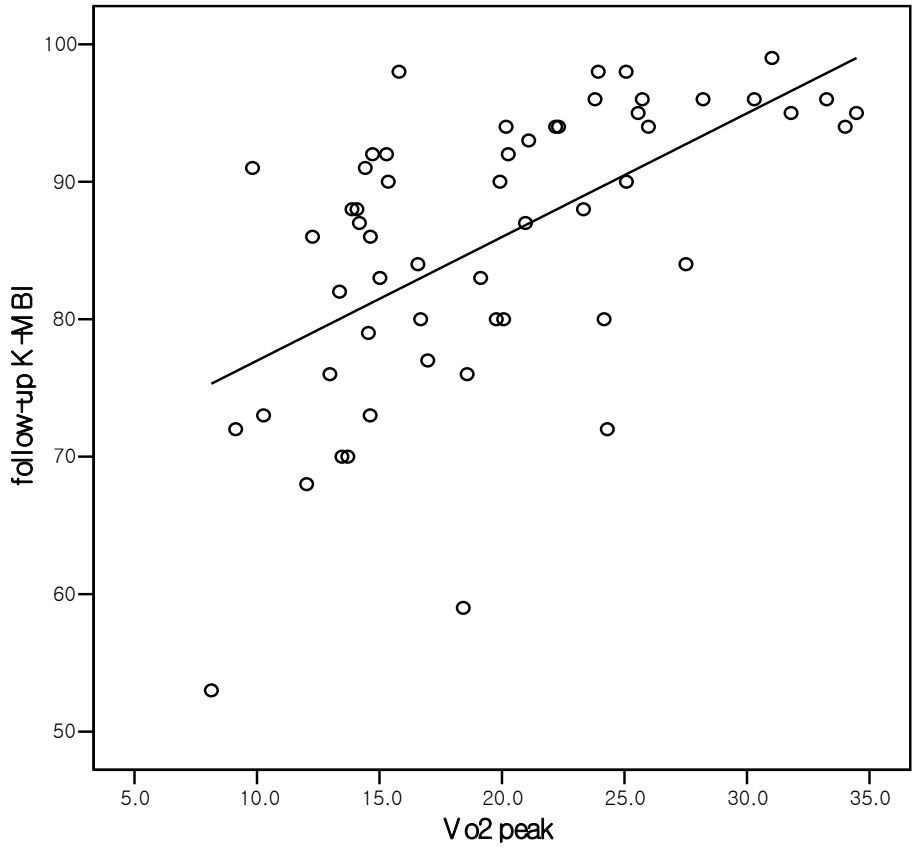

Figure 4(A). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak oxygen consumption ($r = 0.55$, $p < 0.01$)

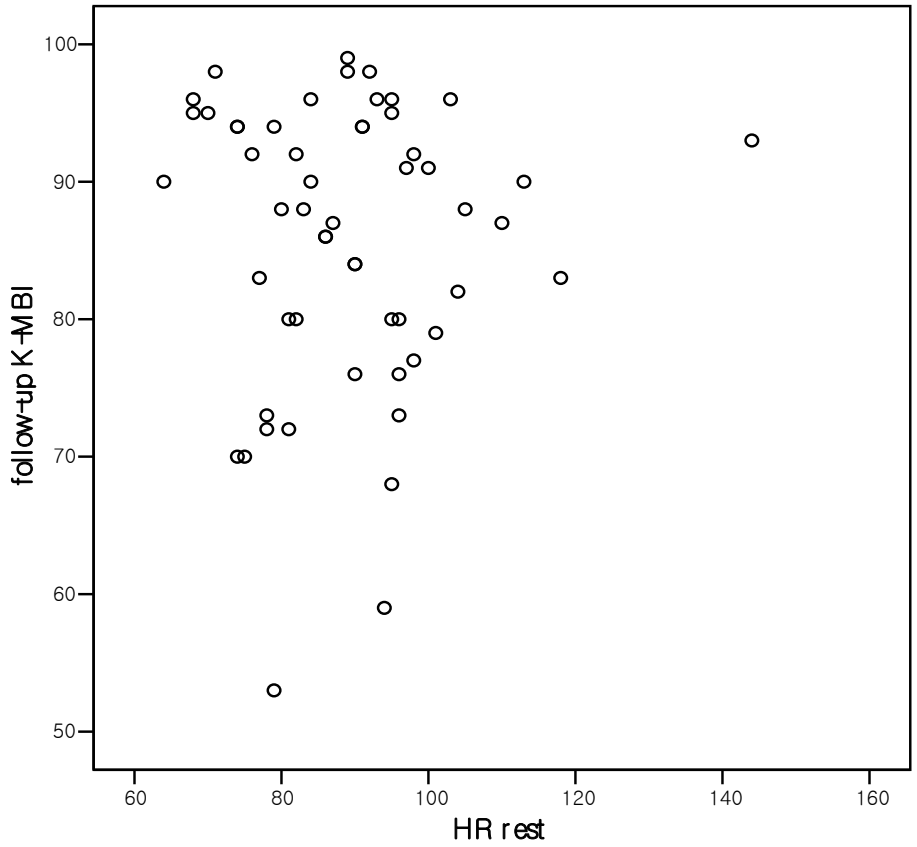

Figure 4(B). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline rest heart rate (r = - 0.08, p = 0.58)

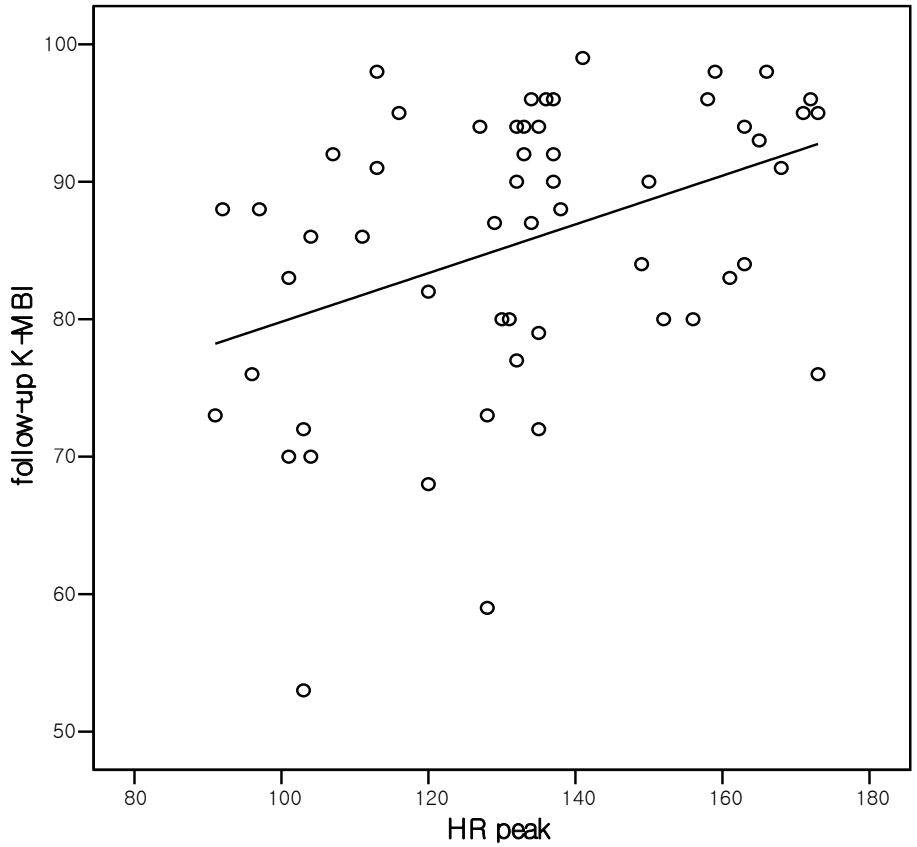

Figure 4(C). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak heart rate ($r = 0.44$, $p < 0.01$)

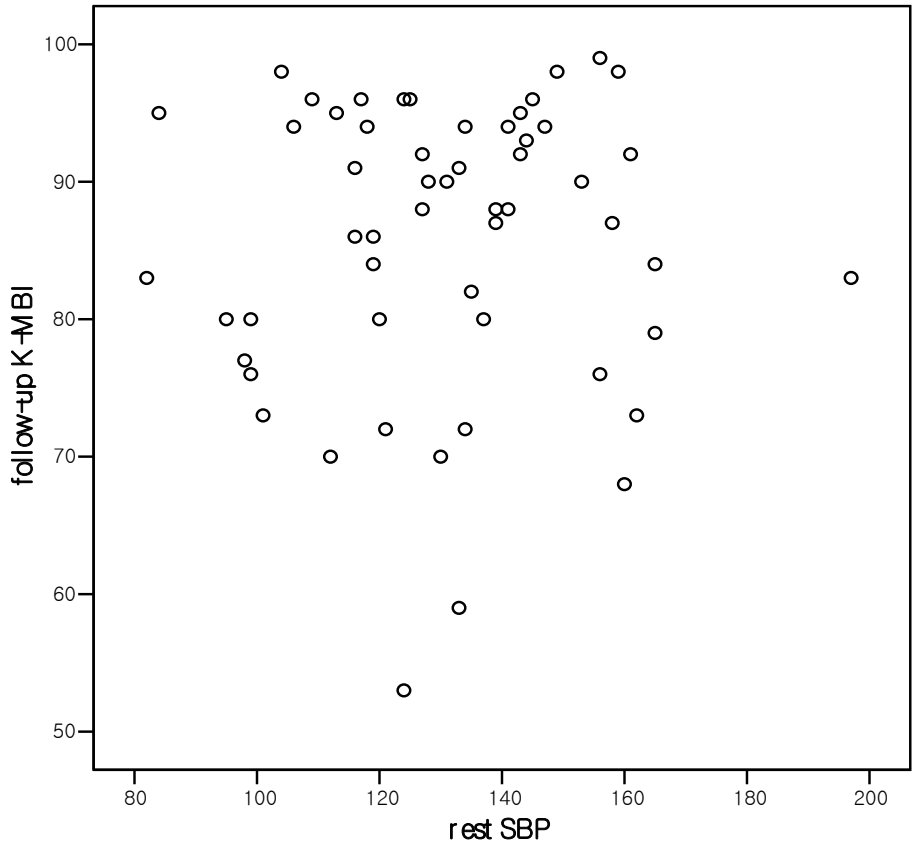

Figure 4(D). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline rest systolic blood pressure (r = 0.06, p = 0.69)

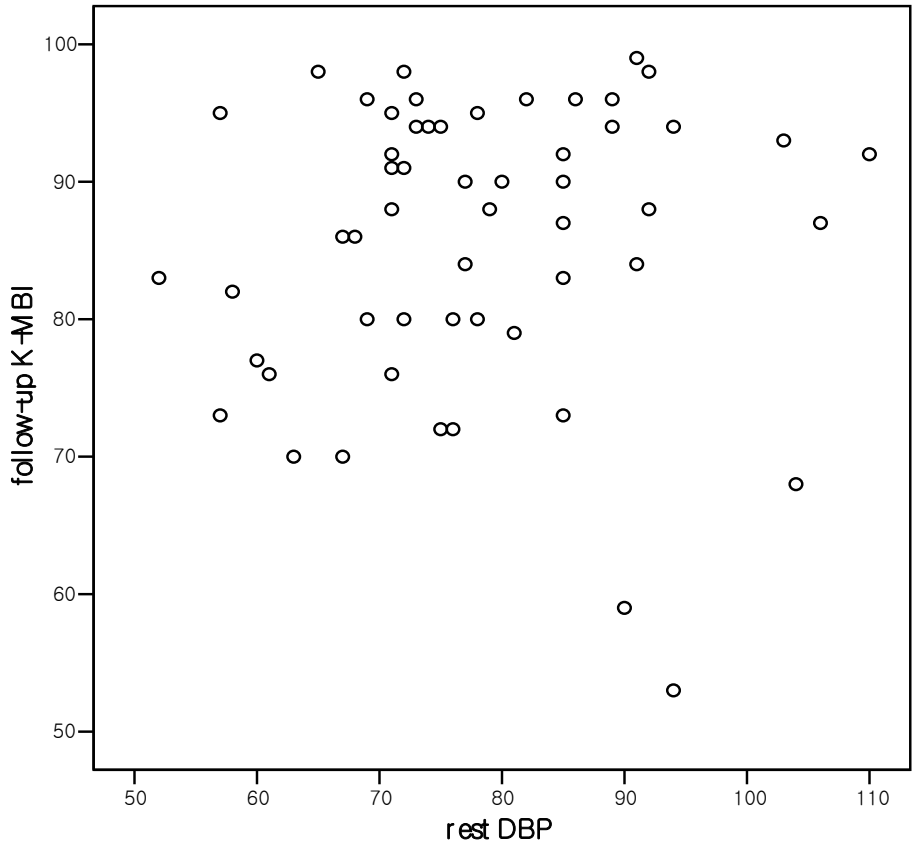

Figure 4(E). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline rest diastolic blood pressure (r = 0.13, p = 0.33)

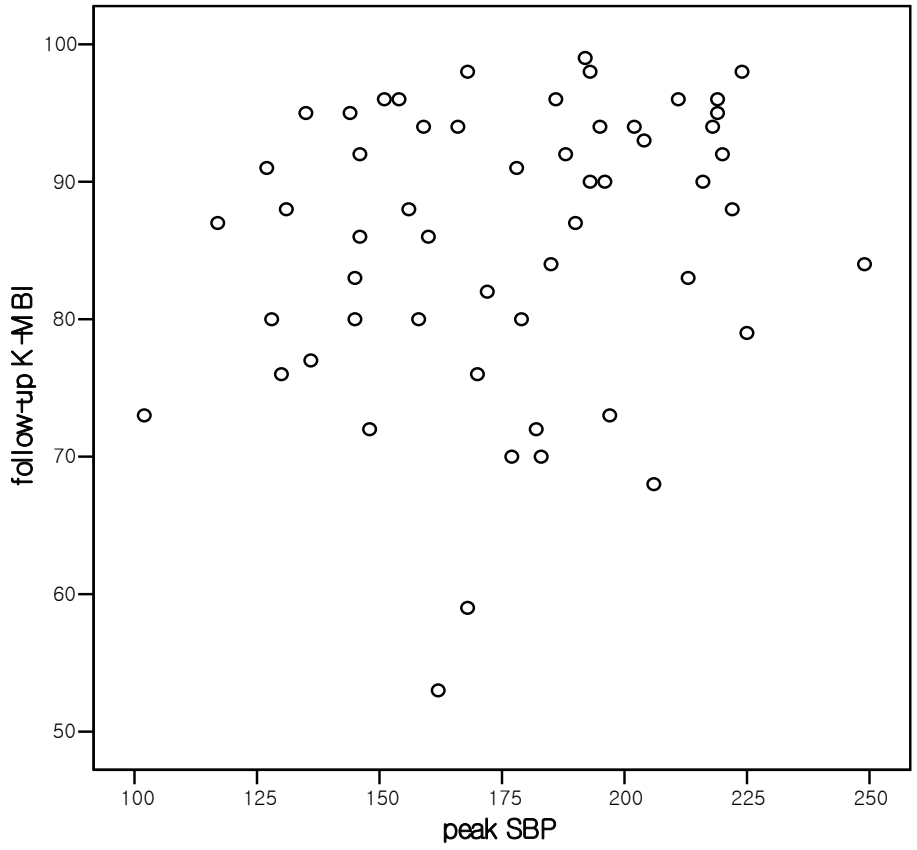

Figure 4(F). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak systolic blood pressure (r = 0.22, p = 0.11)

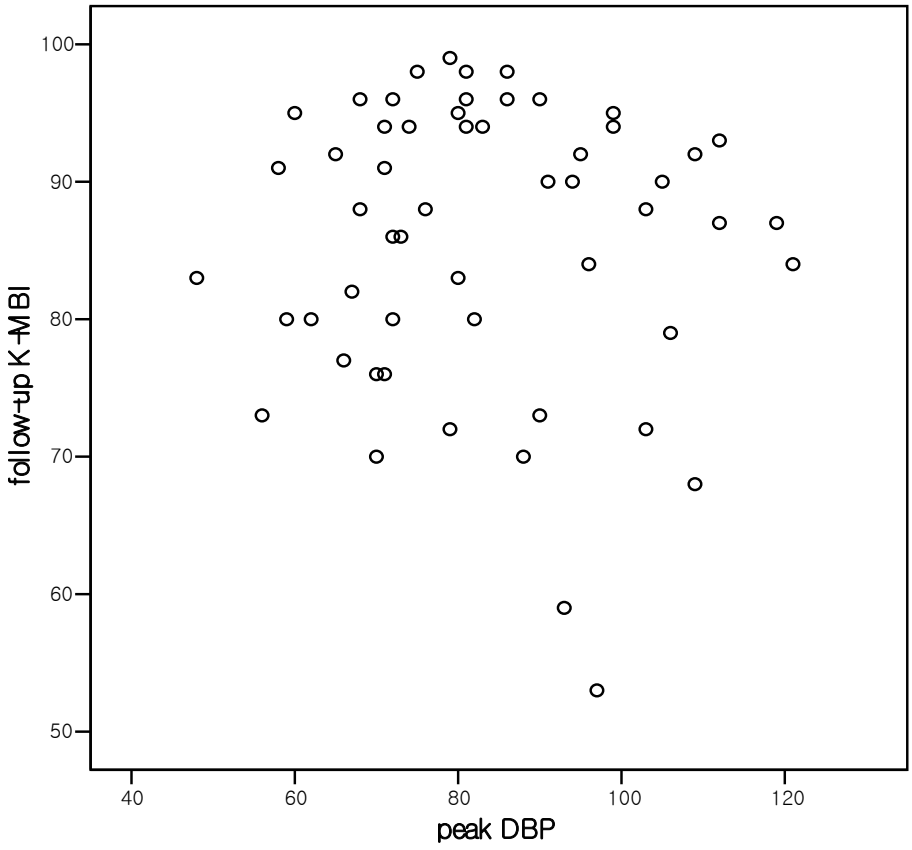

Figure 4(G). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak diastolic blood pressure (r = 0.01, p = 0.97)

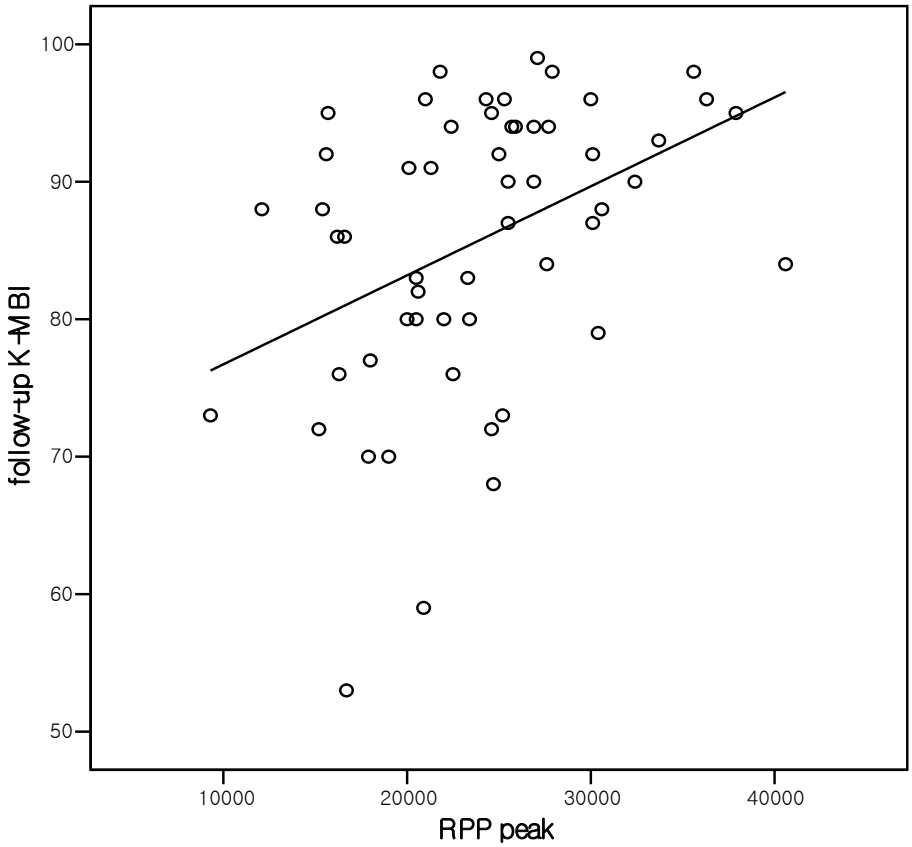

Figure 4(H). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline peak rate pressure product ($r = 0.44$, $p < 0.01$)

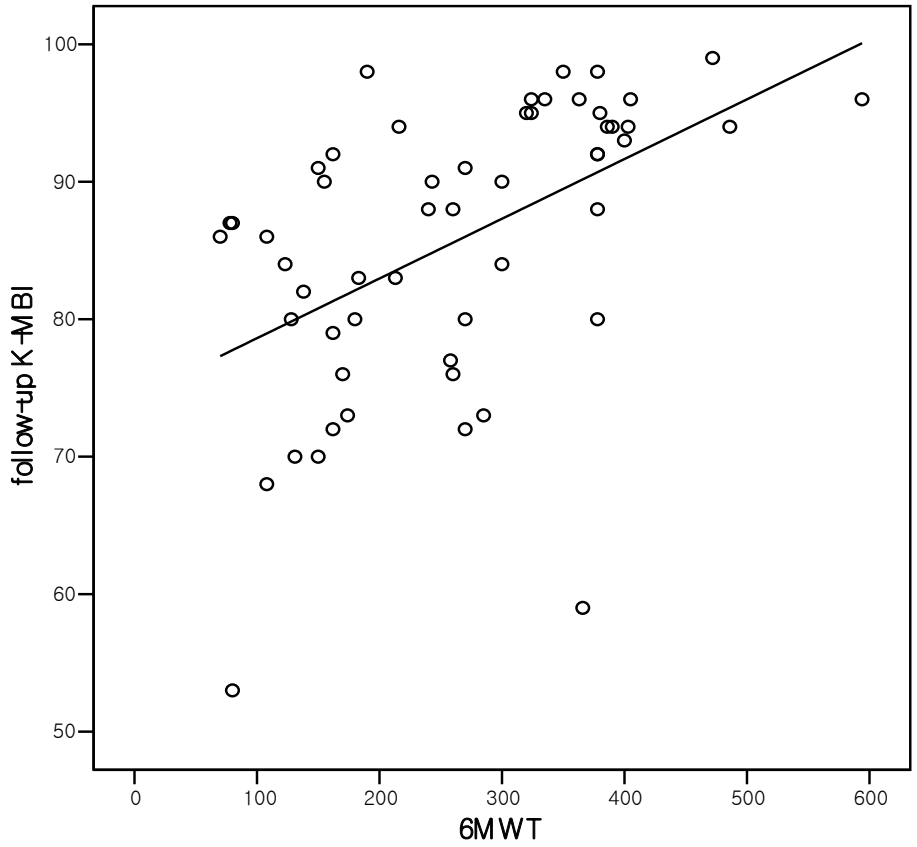

Figure 4(I). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline 6-minute walk test ($r = 0.59$, $p < 0.01$)

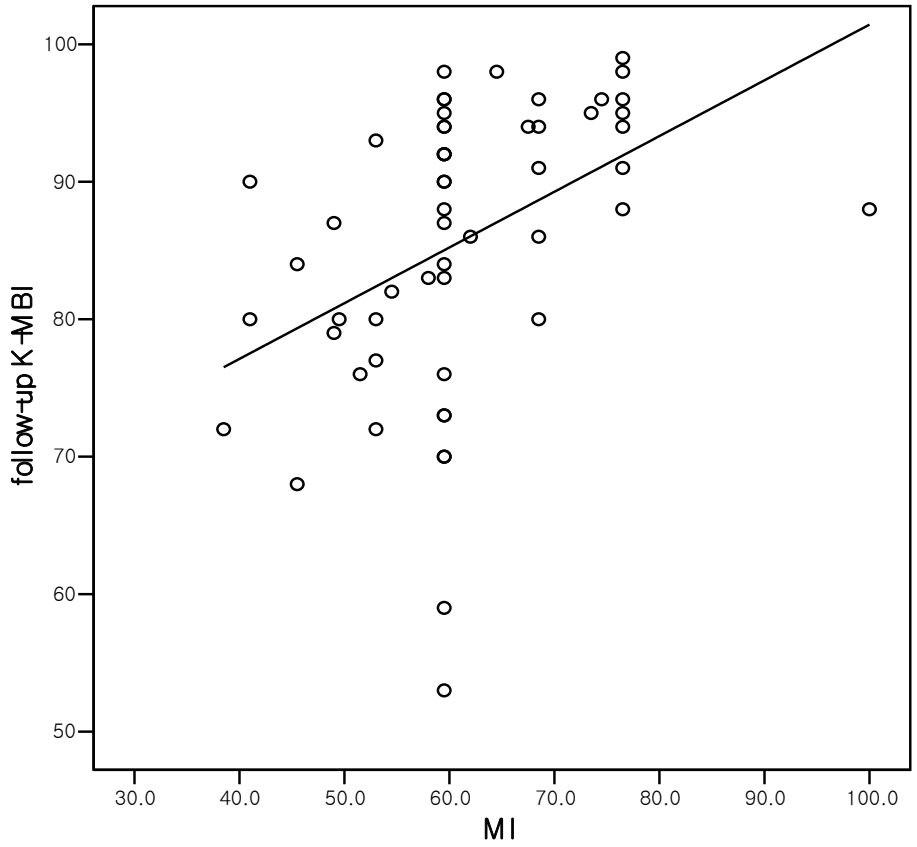

Figure 4(J). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline motricity index ($r = 0.55$, $p < 0.01$)

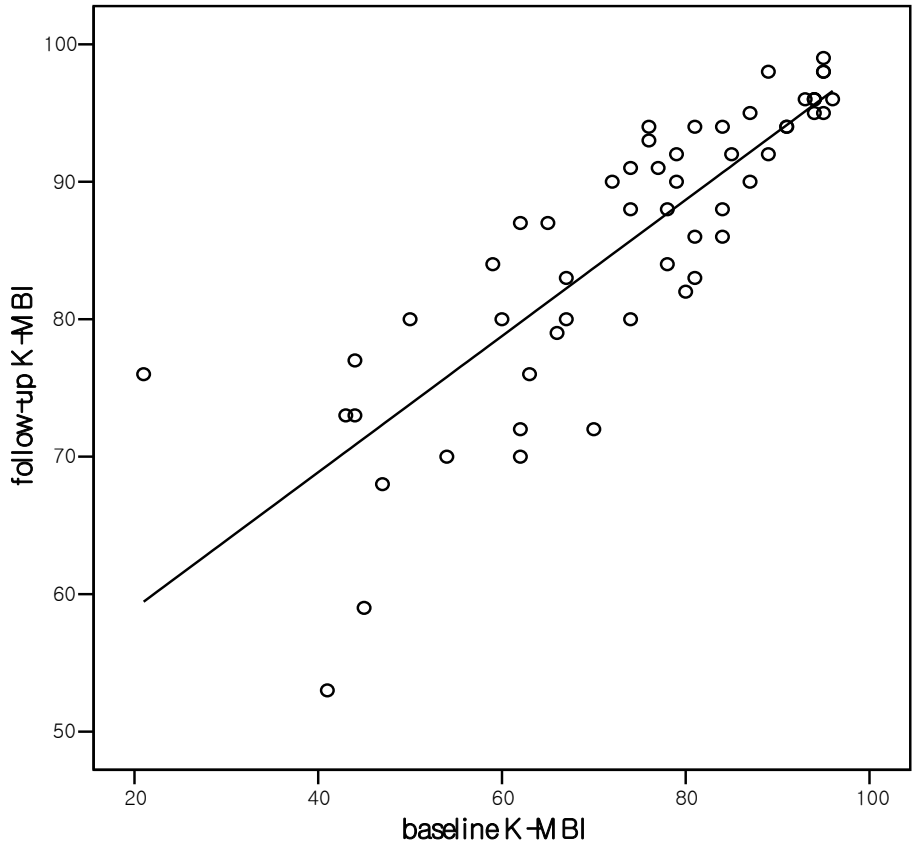

Figure 4(K). Correlation between the follow-up Korean-modified Barthel index and baseline Korean-modified Barthel index ($r = 0.89$, $p < 0.01$)

In the multivariate linear regression analysis, Vo_2 peak (beta = 0.214, p = 0.01) and the baseline K-MBI (beta = 0.731, p < 0.01) were significant independent predictors of the follow-up K-MBI (adjusted R^2 = 0.74) (Table 8).

Table 8. Results of multivariate linear regression analysis: predictors of the follow-up ADL function

Outcome /Independent Predictor	Standardized β	p - value	Adjusted R^2
Follow-up K-MBI			
Vo_2 peak	0.214	0.01	0.74
Baseline K-MBI	0.731	< 0.01	

Abbreviation: K-MBI, Korean-modified Barthel index, Vo_2, oxygen consumption

IV. DISCUSSION

The results of this study provide evidence for a significant association between baseline cardiovascular fitness and baseline functional status, with the former serving as an important prognostic factor with respect to functional recovery in the early post-stroke period.

The 55 patients had a mean Vo_2 peak of 19.7 mL/kg/min. As anticipated, not all of them attained the minimum criteria for Vo_2 max, indicating that this is a considerably difficult goal following stroke. Nevertheless, both the percentage of the age-predicted maximal HR and the RPP peak determined in this study were higher than the corresponding values reported by other authors (Mackay-Lyons et al., 2002) who also evaluated subacute stroke patients, suggesting a substantial physical effort. Indeed, the Vo_2 peak level in our patients was roughly 70% of that determined in age- and sex-matched sedentary but otherwise healthy individuals in their mid-60s, in whom Vo_2 peak was 25 – 30 mL/kg/min (Ivey et al., 2005). A Vo_2 max less than 84 % of the normative value is considered indicative of a pathology (Wasserman et al., 1999). The underlying mechanisms that lead to a reduction in cardiovascular fitness after stroke remain unknown. Cardiovascular dysfunction, including central and peripheral mechanisms; respiratory dysfunction, such as respiratory muscle weakness and impaired breathing mechanics; and neuromuscular impairments, such as paralysis, incoordination, spasticity, disuse muscle atrophy, and altered muscle fiber type distribution, may all play a role in the low Vo_2 peak levels that commonly occur after stroke (MacKay-Lyons et al., 2005).

Interestingly, while the mean Vo_2 peak value (19.7 mL/kg/min) of our patients was lower than that of the reference group, it was higher than the 11.4 – 16.4 mL/kg/min reported in previous studies of subacute stroke patients (Duncan et al., 2003; Kelly et al., 2003; MacKay-Lyons et al., 2002). One possible explanation for this difference is that only 8 (14.5%) of the 55 post-stroke patients in this study had cardiovascular diseases, whereas in other reports (MacKay-Lyons et al., 2002; Roth., 1993), this was the case in 59 – 75%, and

that the percentage of the age-predicted maximal HR in our patients (92.1%) was higher than the 80 – 85% previously reported (Kelly et al., 2003; MacKay-Lyons et al., 2002). These results suggest that the relatively healthy central cardiac mechanism determined in our study, reflecting the small proportion of patients with cardiac comorbidities, contributed to the higher Vo_2 peak levels. Another possible explanation for this discrepancy is that treadmill walking, not cycle ergometry, was used as the testing mode. It is well-known that the Vo_2 max of healthy individuals is 6 – 11% lower when determined with cycle ergometry than with treadmill walking (Buchfuhrer et al., 1983). Another study reported that compared to cycle ergometry, treadmill walking increases the patient's potential to recruit sufficient muscle mass in order to elicit a maximal cardiovascular response; this was shown to be particularly true in deconditioned populations (Rowell., 2011). Accordingly, the use of treadmill walking in this study could have elicited a higher Vo_2 peak than that determined with cycle ergometry.

According to these findings, baseline cardiovascular fitness is significantly associated with baseline functional status in subacute stroke patients. In a report showing that MET calculations correlated with various activities (Ainsworth et al., 2000), light instrumental ADLs were suggested to generally require approximately 3 METs of oxygen consumption, whereas more intense ADLs require about 5 METs. Importantly, the proposed MET values for the various activities did not take into account disabilities such as stroke, which could elevate energy demands. Therefore, the mean peak of 5.6 METs in our stroke patients suggested that hard work was required for them to reach the middle of the established ADL range, which makes upper-level ADLs virtually impossible and lower-level ADLs unsustainable for any extended period of time. These results have clinically important implications. While an intensive ADL training is required for maximizing functional recovery during the early rehabilitation period following a stroke, a reduced baseline functional status due to low cardiovascular fitness could be the main obstacles to the effective rehabilitation.

An additional consideration in interpreting these values of peak aerobic capacity in stroke patients is the anaerobic threshold. If this threshold is surpassed, the body shifts to anaerobic metabolism for energy production, causing more rapid fatigue due to the exponential build-up of lactate (Thompson et al, 2009). Assuming an anaerobic threshold of 60% (of peak values) in age-matched controls, the value in this study would be about 3.4 METs. Thus, even lower-level ADLs would begin to cause lactate accumulation and, consequently, premature cessation of the activity.

In terms of anaerobic threshold and functional capacity, raising both the Vo_2 peak and the anaerobic threshold even slightly, could improve functional capacity. Hence, the main finding of this study, that baseline cardiovascular fitness is an important prognostic factor for functional recovery in the early post-stroke period, has meaningful implications. Specifically, given the low aerobic component of conventional stroke rehabilitation, as demonstrated previously (Kuys et al, 2006; MacKay-Lyons et al., 2002), early intensive aerobic exercise training should be considered in stroke patients not only to enhance their cardiovascular fitness but also to maximize their functional recovery in the early post-stroke period.

Meanwhile, these findings showed that the Vo_2 peak significantly correlated with HR peak and with the 6MWT but not with the MI. These results are in line with previous reports (Kelly et al., 2003; Liu et al., 2003) proposing the use of the maximal HR as a simple measure of aerobic capacity because it correlates well with Vo_2, and with those in which 6-min walking endurance was strongly associated with measures of peak cardiovascular fitness in subacute stroke patients. The absence of a significant correlation between the Vo_2 peak and the MI implies that motor power on the hemiparetic side does not significantly influence the peak cardiovascular fitness level.

Limitations

This study had several limitations. First, it was not possible to measure the follow-up cardiovascular fitness level and therefore to monitor changing patterns in the basic

cardiovascular fitness of stroke patients with initially low MBIs. Second, as we did not directly measure the anaerobic threshold, we were unable to confirm whether it correlated directly with ADL function. Since most ADL activities involve oxidative pathways, future research evaluating the correlation of ADL function and anaerobic threshold through measurements of serum lactate level is warranted. Third, the follow-up period was relatively short.

V. CONCLUSION

This study demonstrated that baseline cardiovascular fitness is an important prognostic factor regarding the functional recovery, in addition to correlating significantly with the baseline functional status in subacute stroke patients.

VI. IMPLICATIONS FOR REHABILITATION

1. Reduced cardiovascular fitness is a well-studied physical impairment in stroke patients.

2. Baseline cardiovascular fitness is an important prognostic factor regarding the functional recovery, in addition to correlating significantly with the baseline functional status in subacute stroke patients.

3. Early intensive aerobic exercise training could be considered in subacute stroke patients not only to enhance their cardiovascular fitness but also to maximize their functional recovery.

VII. REFERENCES

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Jr., Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR, Jr., Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc 2000;32:S498-504.

Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. J Appl Physiol 1983;55:1558-1564.

Collin C, Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1990;53:576-579.

Duncan P, Studenski S, Richards L, Gollub S, Lai SM, Reker D, Perera S, Yates J, Koch V, Rigler S, Johnson D. Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. Stroke 2003;34:2173-2180.

Eng JJ, Chu KS, Dawson AS, Kim CM, Hepburn KE. Functional walk tests in individuals with stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion. Stroke 2002;33:756-761.

Eng JJ, Dawson AS, Chu KS. Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption. Arch Phys Med Rehabil 2004;85:113-118.

Globas C, Becker C, Cerny J, Lam JM, Lindemann U, Forrester LW, Macko RF, Luft AR. Chronic stroke survivors benefit from high-intensity aerobic treadmill exercise: a randomized control trial. Neurorehabil Neural Repair 2012;26:85-95.

Goldie PA, Matyas TA, Evans OM. Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke. Arch Phys Med Rehabil 1996;77:1074-1082.

Gresham GE, Fitzpatrick TE, Wolf PA, McNamara PM, Kannel WB, Dawber TR. Residual disability in survivors of stroke--the Framingham study. N Engl J Med

1975;293:954-956.

Gresham G, Duncan P, Stason W, Adams H, Adelman A, Alexander D, Bishop D, Diller L, Donaldson N, Holland A. Post-stroke rehabilitation. Clinical practice guideline. Vol. 16: US Department of Health and Human Services, 1995.

Hill K, Ellis P, Bernhardt J, Maggs P, Hull S. Balance and mobility outcomes for stroke patients: a comprehensive audit. Aust J Physiother 1997;43:173-180.

Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Med Sci Sports Exerc 1995;27:1292-1301.

Ivey FM, Macko RF, Ryan AS, Hafer-Macko CE. Cardiovascular health and fitness after stroke. Top Stroke Rehabil 2005;12:1-16.

Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Stroke. Neurologic and functional recovery the Copenhagen Stroke Study. Phys Med Rehabil Clin N Am 1999;10:887-906.

Jorgensen JR, Bech-Pedersen DT, Zeeman P, Sorensen J, Andersen LL, Schonberger M. Effect of intensive outpatient physical training on gait performance and cardiovascular health in people with hemiparesis after stroke. Phys Ther 2010;90:527-537.

Jung HY, Park BK, Shin HS, Kang YK, Pyun SB, Paik NJ, Kim SH, Kim TH, Han TR. Development of the Korean version of modified Barthel index (K-MBI): Multi-center study for subjects with stroke. J Korean Acad Rehabil Med 2007;31:283-297.

Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, Zeman B, Raymond J. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. Arch Phys Med Rehabil 2003;84:1780-1785.

Kuys S, Brauer S, Ada L. Routine physiotherapy does not induce a cardiorespiratory training effect post-stroke, regardless of walking ability. Physiother Res Int 2006;11:219-227.

Liu M, Tsuji T, Hase K, Hara Y, Fujiwara T. Physical fitness in persons with hemiparetic stroke. Keio J Med 2003;52:211-219.

MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Cardiovascular stress during a contemporary stroke rehabilitation program: is the intensity adequate to induce a training effect? Arch Phys Med Rehabil 2002;83:1378-1383.

Mackay-Lyons MJ, Makrides L. Exercise capacity early after stroke. Arch Phys Med Rehabil 2002;83:1697-1702.

MacKay-Lyons MJ, Howlett J. Exercise capacity and cardiovascular adaptations to aerobic training early after stroke. Top Stroke Rehabil 2005;12:31-44.

Macko RF, Katzel LI, Yataco A, Tretter LD, DeSouza CA, Dengel DR, Smith GV, Silver KH. Low-velocity graded treadmill stress testing in hemiparetic stroke patients. Stroke 1997;28:988-992.

Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, Hanley D, Sorkin JD, Katzel LI, Silver KH, Goldberg AP. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. Stroke 2005;36:2206-2211.

Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Ahmed S, Gordon C, Higgins J, McEwen S, Salbach N. Disablement following stroke. Disabil Rehabil 1999;21:258-268.

Michael K, Macko RF. Ambulatory activity intensity profiles, fitness, and fatigue in chronic stroke. Top Stroke Rehabil 2007;14:5-12.

Pang MYC, Eng JJ, Dawson AS, Gylfadottir S. The use of aerobic exercise training in improving aerobic capacity in individuals with stroke: a meta-analysis. Clin Rehabil 2006;20:97-111.

Roth EJ. Heart disease in patients with stroke: incidence, impact, and implications for rehabilitation. Part 1: Classification and prevalence. Arch Phys Med Rehabil 1993;74:752-760.

Rowell LB. Cardiovascular adjustments to thermal stress. Compr Physiol;

2011;(suppl 8):967-1023

Rimmer JH, Wang E. Aerobic exercise training in stroke survivors. Top Stroke Rehabil 2005;12:17-30.

Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; Hubsta Ltd; 2009.

Wasserman K, Hansen J, Sue D, Casaburi R, Whipp B. Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed: Lippincott, Williams and Wilkins, 1999.

Yates JS, Studenski S, Gollub S, Whitman R, Perera S, Lai SM, Duncan PW. Bicycle ergometry in subacute-stroke survivors: feasibility, safety, and exercise performance. J Aging Phys Act 2004;12:64-74.

VIII. ABSTRACT IN KOREAN

아급성기 뇌졸중 환자에서 기능적 회복의 예후추정인자로서 심혈관계 운동척도의 평가

김 보 련

제주대학교 일반대학원 의학과

지도교수 주 승 재

목적: 본 연구는 아급성기 뇌졸중 환자에서 발병 초기의 운동부하검사의 심혈관계 운동지표들과 기능적 상태의 상관성을 조사하고, 초기의 운동부하검사의 여러 심혈관계 운동지표들 중 재활치료 후의 기능적 회복에 예후추정인자로서의 가치를 가지는 인자가 있는지에 대하여 알아보고자 하였다.

방법: 본 연구는 관찰적인 코호트 연구로, 총 55명(남자 37명, 여자 18명, 평균 나이 62.2세)의 아급성기 뇌졸중 환자들이 연구에 모집되었다. 모든 피험자들에 대하여 증상 제한적, 단계적 저속 트레드밀 운동부하검사를 시행하였다. 운동부하검사의 평가지표들로는 최고 산소소비량, 최고 호흡교환율, 휴식시와 최고 심박수, 예측되는 최대 심박수의 퍼센트, 휴식시와 최고 수축기 및 이완기 혈압, 최고 심근산소소비량, 보행기능의 평가지표로는 6분 걷기 검사, 기능적 상태의 평가지표로는 한글판 수정바델지수, 근력의 평가지표로는 운동지표를 측정하였다. 4주의 재활치료 후에, 한글판 수정바델지수를 반복적으로 측정하였다.

결과: 총 55명의 아급성기 뇌졸중 환자들의 평균 최고 산소소비량은 19.7 ± 6.7 mL/kg/min이었다. 최고 산소소비량, 최고 심박수, 6분 걷기 검사, 운동지표가 초기 한글판 수정바델지수와 유의한 상관관계를 보였으며, 그 중 최고 산소소비량과 운동지표가 초기의 기능적 상태를 예측하는 독립적인 예후 인자였다. 또한, 최고 산소소비량, 최고 심박수, 최고 심근산소소비량, 초기 한글판 수정바델지수, 운동지표는 4주의 재활치료 후 시행한 한글판 수정바델지수와 유의한 상관관계를 보였으며, 그 중 최고 산소소비량과 초기 한글판 수정바델지수가 4주의 재활치료 후 기능적 상태를 예측하는 독립적인 예후 인자였다.

결론: 아급성기 뇌졸중 환자에서 발병 초기에 시행한 운동부하검사의 여러 심혈관계 운동지표들이 초기 기능적 상태와 유의한 상관관계를 보였으며, 그 중 최고 산소소비량이 기능적 회복을 예측하는 중요한 예후인자임을 알 수 있었다.

IX. APPENDICES

<Appendix 1>

Appendix (K-MBI)

한글판 수정바델지수(K-MBI)	
1995년 SHAH S와 COOPER B의 수정판 바델 지수 사용을 위한 워크숍 지침서	수정판 바델 지수를 위한 다음의 지침서는 1989년 Journal of Clinical Epidemiology에 수록되었다. 덧붙인 설명은 국내외 사용자들로부터 온 질문에 기초하여 수행을 돕기 위해 적은 것이다.

한글판 수정바델지수 점수체계					1
	1	2	3	4	5
항목	과제를 수행할 수 없는 경우	최대의 도움이 필요한 경우	중등도의 도움이 필요한 경우	최소의 도움이나 감시가 필요한 경우	완전히 독립적인 경우
개인위생	0	1	3	4	5
목욕하기	0	1	3	4	5
식사하기	0	2	5	8	10
용변처리	0	2	5	8	10
계단 오르기	0	2	5	8	10
옷 입기	0	2	5	8	10
대변조절	0	2	5	8	10
소변조절	0	2	5	8	10
보행	0	3	8	12	15
의자차*	0	1	3	4	5
의자/침대 이동	0	3	8	12	15
범위	0	<———————————>			100

수정판 바델 지수의 일반적인 사용지침	2
1	평가항목의 과제를 수행할 수 없는 경우는 1로 분류하고 바델 점수는 0점에 해당한다.
2	보호자에게 거의 대부분을 의지하는 경우, 또는 누군가 곁에 있지 않으면 안전에 문제가 있는 경우는 2로 분류한다.
3	보호자에게 중등도로 의지하는 경우, 또는 과제를 끝까지 수행하기 위해 보호자의 감시가 필요한 경우는 3으로 분류한다.
4	보호자의 도움이나 감시를 최소로 필요로 하는 경우는 4로 분류한다.
5	완전히 독립적으로 과제를 수행할 수 있는 경우에는 5로 분류한다. 환자의 과제 수행 속도가 느린 경우, 그 기능의 수행을 위해 다른 사람의 도움을 필요로 하지 않는다면 점수를 아래 단계로 분류하지 않는다.

각 항목		3

1. 개인위생 ☞ *일반적인 원칙에 준하여 구분 가능.*

등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	환자가 개인위생을 할 수 없고, 모든 면에서 의존적이다.	환자가 치아(의치)닦기, 머리 빗기, 손 닦기, 세수하기, 면도, 화장하기에서 완전히 의존적이다.
2 (1)	개인위생의 모든 단계에서 도움이 필요하다.	환자가 상기 활동 중 한두 가지는 스스로 할 수도 있다. 의치 빼기, 면도 등 상기 활동에서 스스로 하는 부분보다 다른 사람의 도움에 의해 수행되는 부분이 많다.
3 (3)	개인위생을 수행할 때 하나 또는 그 이상의 단계에서 일부 도움이 필요하다.	화장하기, 한 손을 씻기, 이 닦기, 턱밑의 수염 깎기, 뒷머리 빗기, 한 손을 말리기에 도움이 필요하다. 작업을 끝내기 위해 계속적인 힌트가 필요하다
4 (4)	환자가 개인위생을 수행할 수 있으나, 수행 전, 후에 최소한의 도움이 필요하다.	플러그 끼우기, 면도기 날 고정하기, 뜨거운 물 다루기와 같은 일을 할 때 안전에 대해 주의가 필요하며, 화장을 하거나, 지우거나, 얼룩진 화장을 고칠 때 약간의 도움이 필요할 수 있다.
5 (5)	환자는 손이나 얼굴 닦기, 머리 빗기, 이 닦기, 면도를 할 수 있다. 남자 환자는 모든 종류의 면도기를 사용할 수 있으며, 면도날을 도움 없이 장착할 수 있고 서랍이나 선반에서 꺼낼 수 있어야 한다. 여성 환자는 스스로 화장을 할 수 있어야 한다.	환자는 모든 개인위생을 독립적으로 안전하게 수행할 수 있다. ☞ *면도날에 대한 질문은 생략 가능함.* *(남자는 손톱깎이, 여자는 화장하기 수행 여부 참고)*

2. 목욕하기 ☞ *일반적인 원칙에 준하여 구분 가능.*

등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	목욕하는데 전적으로 의존적이다.	환자는 목욕 전반에 의존적이거나 혹은 몸을 씻지 못하거나 닦고 말리지 못한다.
2 (1)	목욕의 모든 단계에서 도움이 필요하다.	환자는 목욕의 단계에서 도움과 지시가 필요하다. 가슴과 팔은 스스로 씻을 수도 있다.
3 (3)	샤워나 목욕을 위해 이동하거나 씻고 말리는데 도움이 필요하다; 환자 상태나 질환 등으로 목욕을 완벽하게 할 수 없는 것을 포함한다.	샤워나 목욕 또는 씻기/말리기를 위해서 이동 시 도움이 요구된다. 욕조에 앉기, 비누칠하기, 수건으로 닦기, 수건세척, 팔다리를 씻을 때 도움이 요구된다. 환자는 힌트, 유도 또는 감독을 필요로 한다. ☞ *적용범위가 넓음.*
4 (4)	물 온도를 맞추거나 이동 시 안전을 위하여 감시가 필요하다.	목욕하는 데 정상인에 비해 3배 이상의 시간이 소요된다. 목욕기구, 목욕물, 세제 등을 준비하는데 도움이 필요하다. 이동을 위해 재촉이나 감독이 요구된다.
5 (5)	환자가 욕조, 샤워기를 사용하고 스펀지나 목욕수건으로 몸을 잘 닦을 수 있다. 다른 사람 도움 없이 어떤 방법을 동원하더라도 목욕의 모든 단계를 수행할 수 있어야 한다.	환자는 다리와 발을 씻기 위해 손잡이 달린 스펀지 등을 사용할 수 있다. 환자는 독립적으로 모든 단계를 수행할 수 있고, 정상인에 비해 2배 이상의 시간이 소요될 수 있다.

3. 식사		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	모든 식사 과정을 전적으로 타인에게 의존해야 한다.	보호자가 음식을 떠서 입에 넣어주면 환자는 오직 씹고 삼키기만 한다. 튜브영양 때 주입, 연결, 세척, 주입 속도 조절 등에 모두 도움이 필요하다.
2 (2)	숟가락 같은 식사 도구를 스스로 다룰 수 있으나 누군가가 식사하는 동안 적극적인 도움을 주어야 함.	환자는 음식을 입으로 가져갈 수 있으나 타인이 숟가락에 음식을 올려주어야 한다. ☞ *숟가락에 음식(밥이나 반찬)을 올려주면 입으로 가져 갈 수 있음.*
3 (5)	감시하에서 식사를 스스로 할 수 있다. 차에 우유와 설탕을 넣거나, 음식에 소금과 후추를 치거나, 버터를 바르고, 국에 밥을 말거나 음식을 비비거나 쟁반을 돌리는 등 식사 준비 활동에 도움이 요구된다.	환자는 숟가락에 음식을 담아 입으로 가져가 먹을 수 있다. 물을 붓고, 마시고, 그릇을 열고, 고기를 자를 때 도움이 필요할 수 있다. 옷소매 접기, 의지, 보조기를 사용할 수도 있고, 식사준비에 도움이 필요하다. 음식이 목에 메이거나 급히 먹을 수 있으므로 적절한 지시나 격려, 감시하는 관찰자가 필요할 수 있다. ☞ *숟가락으로 직접 음식(밥이나 반찬)을 입으로 가져갈 수 있으나 나머지 동작에 도움 필요.*
4 (8)	고기를 자르거나 김치 자르기 혹은 생선 바르기, 우유팩이나 병뚜껑을 열 때 외에는 차려진 식탁에서 독립적으로 식사를 할 수 있다. 다른 사람이 옆에 있을 필요가 없다.	정상인보다 식사시간이 오래 걸린다. 음식을 잘 삼키게 하기 위해 배려가 필요하고, 음식을 가려 먹어야 할 경우가 있으나 더 이상의 도움은 필요치 않다. ☞ *감독 또는 준비가 필요한 경우.*
5 (10)	음식을 손이 미치는 위치에 놓아주면 환자 스스로 식탁에서 식사를 할 수 있다. 음식을 자르거나 소금이나 후추를 사용하고, 빵에 버터를 바르기 위해 보조 도구를 주어야 한다.	환자는 스푼, 포크, 젓가락, 컵, 유리잔, 긴 빨대, 보조 도구, 소매커버를 사용할 수 있고, 통조림을 열거나, 액체를 붓고, 고기를 자를 때 위험 없이 할 수 있다. 도움이 필요 없다. ☞ *완전히 독립적으로 수행 가능.*

4. 용변		☞ *고무줄 바지를 변동에 요구할 수도 있음.*
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	완전히 의존적이다.	환자는 용변의 모든 과정에 의존적이다
2 (2)	용변의 모든 과정에서 도움이 필요하다.	환자는 이동, 옷 입고 벗기, 화장지 사용, 회음부 위생에서 많은 도움이 요구된다.
3 (5)	착 탈의, 이동, 손 씻기에서 도움이 필요하다.	손 닦기, 옷 추스르기, 지퍼 열고 닫기 등을 할 때 이동이나 균형을 잡기 위해 타인의 감독이나 도움이 필요할 수 있다. ☞ *무엇이든 한 가지를 확실히 수행 가능* *(특히, 회음부 위생)*
4 (8)	안전하고 정상적인 용변을 위해서 감시가 필요하다. 밤에는 이동변기가 필요할 수 있고 이동변기를 비우고 씻는 데는 도움이 필요하다.	안전을 위해 감시나 화장지 준비 등에 도움이 필요할 수 있으며, 밤에는 이동변기를 사용할 수도 있다. 번기가 어디에 있는지 알려 줄 수도 있다. ☞ *감독 또는 준비가 필요한 경우.*
5 (10)	변기에 앉고 일어날 수 있고 착 탈의가 가능하고 옷을 더럽히지 않고, 도움 없이 화장지를 이용할 수 있다. 밤에는 이동변기를 사용할 수 있고 그것을 비우고 세척을 할 수 있어야 한다.	환자가 변기를 사용하기 전에 스스로 옷을 추스르고, 변기에 다가가서 변기를 열고 닫고, 변기를 사용한 후에 옷을 다시 가다듬을 수 있다. 여러 가지 보조 장비들, 즉 옷 집게, 지퍼 손잡이, 벽 손잡이 등을 이용할 수 있다. 환자는 용변을 위해서 옷을 벗고 입을 수 있으며, 용변의 과정에서 여러 가지 도구들을 사용할 수 있고 안전하게 균형을 유지할 수 있다.
5. 계단 오르내리기		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	환자가 계단을 오를 수 없다.	☞ *도와주는 사람이 2명일 경우.*
2 (2)	계단을 오르는데 보행 보조기를 포함한 모든 면에서 도움이 필요하다.	☞ *도와주는 사람이 부축하는 경우.*
3 (5)	계단을 오르내릴 수는 있으나, 보행 보조기를 사용할 수 없으며, 감독이나 보조가 필요하다.	
4 (8)	일반적으로 도움이 필요하지 않음. 가끔, 특히 오전에 사지 근육이 굳거나 숨이 찬 경우에 안전을 위해 감독이 필요하다.	☞ *감독이 필요한 경우.*
5 (10)	타인의 도움이나 관찰 없이 스스로 계단을 안전하게 오르내릴 수 있다. 필요할 때에는 난간, 지팡이, 목발을 사용할 수 있으며, 계단을 오르내리며 보조 장비를 가지고 갈 수 있다.	

6. 옷 입기		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	스스로 할 수 있는 요소가 없고 모든 동작을 타인에게 의존한다.	환자는 앞, 뒤로 기대거나 침대 난간을 이용할 수도 있다. 옷소매에 팔이나 다리를 집어넣거나 옷을 옮길 수도 있으나, 타인이 전적으로 옷을 입혀 주어야 한다.
2 (2)	어느 정도는 옷 입기에 참여하지만, 모든 과정에서 타인의 도움이 필요하다.	옷 입을 준비과정에서 타인의 도움이 최대한 필요하다. 환자가 스웨터에 팔을 끼울 수는 있으나 머리를 집어넣기 위해서는 타인의 도움이 필요하며, 다리를 집어넣고 바지를 올릴 수 있으나 나머지 부분은 타인의 도움이 필요하다. 브래지어에 팔을 끼울 수는 있으나 가슴에 맞추고 후크를 잠그는 것은 타인의 도움이 필요하다. ☞ *상의의 경우, 한쪽 팔만 소매에 집어넣을 수는 있으나 다른 팔을 집어넣지 못함. 하의의 경우, 다리를 집어넣는 동작은 가능하나 엉덩이까지 올리지 못함.* ☞ *단추만 잠글 수 있고 다른 동작이 불가능할 경우.*
3 (5)	옷을 입고 벗는 과정에서 타인의 도움이 필요하다.	입을 옷을 준비하거나 의상 부속품의 치장, 또는 옷을 입고 벗는 시작과 마무리 단계에서 타인의 도움이 필요하다. ☞ *조금이라도 도움이 필요함.*
4 (8)	옷을 조이는 과정(단추, 지퍼, 브래지어, 신발 등)에 타인의 도움이 약간 필요하다.	시작 과정에서는 도움이 필요하지만 옷을 입고 벗는 동작은 도움 없이 독립적인 수행이 가능하다. 옷장에서 옷을 꺼내거나 보조기나 의지를 착용하는 과정, 단추, 지퍼, 브래지어 등 옷을 조이는 과정에서 타인의 도움이 필요할 수도 있다. 이런 과정에서 유도, 재촉, 힌트가 필요할 수도 있고 동작 수행의 시간이 정상의 3배 이상 소요될 수도 있다. ☞ *감독 또는 준비가 필요한 경우.*
5 (10)	옷을 입고 벗고 조이거나 신발 끈 매기, 코르셋이나 보조기를 조이고 벗기 등을 독립적으로 수행 가능하다.	환자가 옷을 준비해서 입고 벗을 수 있고 옷과 신발 끈을 조이거나, 코르셋, 보조기, 의지를 조이고 벗을 수 있음. 환자는 속옷, 바지, 치마, 허리띠, 양말, 신발 끈을 조정할 수 있다. 브래지어, 목이 긴 스웨터, 지퍼, 단추 등을 관리할 수 있고, 벨크로, 지퍼 손잡이 등 다양한 보조 장치도 이용할 수 있다. 이상의 동작들을 적절한 시간 내에 수행할 수 있다.

7. 배변조절		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	배변을 조절하지 못한다.	환자가 기저귀나 흡수용 패드를 착용해야 한다.
2 (2)	배변자세를 취하거나 장운동촉진 방법을 시행하기 위해 도움이 필요하다.	도와주어도 종종 실변을 할 수 있으며 패드착용 필요함. ☞ *시늉만 함. 배변훈련 초기 단계에 있는 경우가 해당될 수 있음.*
3 (5)	적절한 배변자세를 취할 수 있지만 장운동촉진 방법을 할 수 없거나 항문 세척에 도움이 필요하고 종종 실변이 있다. 패드착용 등의 실변보조기구 착용에 도움이 필요하다.	환자가 배변자세는 취할 수 있지만 종종 실변이 있고 배변 후 세척이나 실변 보조기구 착용을 위해 타인의 도움이 필요하다. ☞ *종종 실변이 있으나 적절한 배변자세를 취할 수 있음. 회음부 뒤처리에 도움이 필요함.*
4 (8)	좌약투여나 관장 과정에서 감독이 필요할 수 있고 가끔 실변이 있다.	환자는 좌약이나 관장 혹은 기구를 사용할 때 감독이 필요하다. 실변은 드물지만 실변 예방을 위해서는 재촉이나 힌트 혹은 규칙적 배변이 필요하다. ☞ *가끔 실변이 있으나 감독이 필요한 정도*
5 (10)	배변조절이 가능하고 실변은 없다. 필요한 경우 좌약이나 관장을 이용할 수 있다.	환자가 배변조절을 스스로 완벽히 할 수 있기 때문에 실변은 없다. 손가락 자극, 변비약이나 좌약 사용, 관장을 주기적으로 할 수 있다. 인공항문형성술을 한 경우에는 이를 독립적으로 관리를 할 수 있다.
8. 배뇨조절		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	배뇨조절이 의존적이며 실뇨가 있거나 지속적 도뇨를 하고 있다.	도뇨를 할 수 있지만 밤낮 모두 실뇨가 있고 매일 젖어 있다. 외부도뇨, 배뇨백, 야간백 사용 모두 도움이 필요하다.
2 (2)	실뇨는 있지만, 삽입 혹은 외용 기구 사용으로 도움을 받을 수 있다.	배뇨자세를 취하기 위해서는 도움이 필요하지만 소변기를 제자리에 유지하고 있을 수 있다. 외부 도뇨기구, 튜브, 배뇨백 관리에 모두 도움이 필요하다. 실뇨는 있지만 기구사용으로 도움이 될 수 있다.
3 (5)	일반적으로, 실뇨가 낮에는 없지만 밤에는 있고, 기구 사용에 도움이 필요하다.	배뇨는 할 수 있지만 배뇨자세를 취하거나 기구, 패드 혹은 다른 기구 사용에 도움이 필요하다. 음경을 소변통에 넣을 수 있고 다리를 벌린 상태로 유지할 수 있으며 도뇨관을 삽입할 수 있지만 가끔 실뇨가 있다. 유도, 힌트, 감독이 필요할 경우도 있다.
4 (8)	대체적으로 실뇨가 낮과 밤 모두 없으나 가끔 발생하고 기구 사용에 약간의 도움이 필요하다.	화장실을 찾을 수 없거나 빨리 찾지 못하면 실뇨를 할 수 있다. 기구 사용이나 기구 사용 준비를 위해 약간의 도움이 필요할 수 있다. 배뇨조절 위해 약물치료가 필요할 수 있다. 실뇨 예방을 위해서는 재촉이나 힌트 혹은 규칙적 배뇨가 필요할 수 있다.
5 (10)	배뇨조절이 항시로 가능하며 보조기구를 독립적으로 사용할 수 있다.	독립적으로 배뇨조절이 가능하고, 약물이나 기구 사용을 스스로 할 수 있으며 패드나 기저귀가 젖기 전에 스스로 교환할 수 있다.

9. 보행(만일 보행이 불가능하여 의자차 훈련을 하면 적용하지 않는다)		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	스스로 보행할 수 없다.	보행을 할 수 없으며 보행을 위해서는 두 명의 도움이 필요하다. ☞ *평가하지 않고 의자차 항목을 평가함.*
2 (3)	보행 동안 계속 최소 한 명 이상의 도움이 필요하다.	보행을 위해 최대한 도움이 필요하다.
3 (8)	보행보조기구에 도달하거나 보조기구의 조작에 도움이 필요하다. 도움을 제공하기 위해 한 명이 필요하다.	보행보조기구에 도달하기 위해 도움이 필요하고, 길모퉁이를 돌 때, 문지방을 넘을 때, 불규칙한 지면을 지날 때 도움이 필요하지만 보행은 가능하다. ☞ *보행 준비 과정에서 보장구(cane, walker)에 도달하기 위해 도움 필요*
4 (12)	독립적인 보행이 가능하지만 도움 없이 50미터 이상을 보행할 수 없거나, 위험한 상황에서는 안전을 위하여 감독이 필요하다.	보행에 시간이 오래 걸리고 힌트나 재촉이 필요하다. ☞ *감독이 필요한 정도.* *50미터 보행 가능한지 물어볼 것.*
5 (15)	보조기를 사용한다면 보조기를 착용하고 안전장치를 풀거나 잠글 수 있어서 설 수 있어야 하며, 앉아서 필요한 기구들을 사용할 수 있는 위치로 놓을 수 있어야 한다. 목발, 지팡이, 보행기를 사용할 수 있고 도움이나 감독 없이 50미터(야드) 이상 보행할 수 있어야 한다.	복도를 왕복할 수 있고 길을 잃거나 넘어질 위험이 없어야 한다. 환자는 보행기, 지팡이, 의지, 보조기, 특수 신발 등을 혼자서 사용할 수 있어야 한다.
10. 의자차(보행 가능한 경우 적용하지 않는다: 2등급 이상)		☞ *일반원칙에 준하여 구분 가능.*
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	의자차 보행에 전적인 도움이 필요하다.	
2 (1)	평지에서 의자차를 단거리로는 전진시킬 수 있으나 그 외의 모든 의자차 조작에 도움이 필요하다.	대부분의 시간 동안 의자차를 사용하는 데 도움이 필요하고, 특히 브레이크를 잠그거나, 팔걸이와 쿠션 위치를 조절할 때 그리고 가구 주위나, 바닥깔개가 느슨하거나, 울퉁불퉁한 지형을 이동할 때는 도움이 필요하다.
3 (3)	한 명의 도움이 필요하고 탁자나 침대 등에 의자차를 가까이 할 때는 항상 도움이 필요하다.	의자차를 전진시킬 수 있으나 가구 주위나 제한된 공간에서 조작할 때는 도움이 필요하다.
4 (4)	환자가 평범한 지면에서는 의자차 보행을 충분한 시간 동안 혼자 사용할 수 있지만, 좁은 길모퉁이에서는 약간의 도움이 필요하다.	제한된 공간에서 의자차를 조작할 때 도움이나 구두 지시가 필요하다.
5 (5)	휠체어를 독립적으로 밀기 위해서는 길모퉁이 주위를 다닐 수 있고, 회전할 수 있고 탁자, 침대, 화장실 등에서 조작할 수 있어야만 한다. 환자는 휠체어를 적어도 50 m는 밀 수 있어야 한다.	

11. 의자/침대 이동		
등급 (점수)	주요 내용	설 명
1 (0)	이동에 환자가 전혀 도움이 되지 못하며, 장비의 사용 여부에 상관없이 이동하기 위해 두 명의 도움이 필요하다.	
2 (3)	이동하는 데 환자가 참여하기는 하지만, 이동 동작의 전 과정에서 한 명의 최대한의 도움이 필요하다.	
3 (8)	환자의 이동을 위해 한 명의 도움이 필요하며, 도움은 이동 동작의 어느 과정에서도 필요할 수 있다.	
4 (12)	확신을 주기 위해 혹은 안전 감독을 위해 한 명이 필요하다.	슬라이딩 보드를 조절하고, 의자차의 발판을 움직일 수 있고, 의자를 고정시키고 제동장치를 조정할 수 있다. 최소의 도움만 필요로 한다.
5 (15)	의자차로 침대까지 안전하게 도달하여 제동장치를 잠그고 발판을 들어 올린 후 침대로 이동하여 누울 수 있으며, 반대로 침대 모서리에 앉아 의자차를 제대로 위치시킨 후 의자차로 안전하게 이동할 수 있다. 환자는 수행 동작의 모든 과정에서 독립적이어야 한다.	환자가 보행이 가능하다면 설 수 있으며 의자에서 앉고 서거나 침대에서 의자로의 이동을 안전하게 하여야 한다.

<Appendix 2>

MOTRICITY INDEX

AND

TRUNK CONTROL TEST

PATIENT'S NAME:

HOSPITAL NUMBER:

	Date										
	Side tested										
ARM TO BE CONDUCTED IN SITTING POSITION											*TEST 1 (Pinch grip)* *0 = No movement* *11 = Beginnings of prehension* *19 = Grips cube but unable to hold against gravity.* *22 = Grips cube, held against gravity but not against weak pull.* *26 = Grips cube against pull but weaker than other/normal side.* *33 = Normal pinch grip.* *TESTS 2 - 6* *0 = No movement* *9 = Palpable contraction in muscle but no movement.* *14 = Movement seen but not full range/not against gravity.* *19 = Full range against gravity, not against resistance.* *25 = Movement against resistance but weaker than other side.* *33 = Normal power*
1. Pinch grip *2.5cm cube between thumb and forefinger.*											
2. Elbow flexion *from 90°, voluntary contraction/movement.*											
3. Shoulder abduction *from against chest*											
LEG TO BE CONDUCTED IN SITTING POSITION											
4. Ankle dorsiflexion *from plantar flexed position.*											
5. Knee extension *from 90°, voluntary contraction/movement.*											
6. Hip flexion *usually from 90°*											
ARM SCORE (1+2+3)											
LEG SCORE (4+5+6)											
SIDE SCORE (Arm + leg)/2											