



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](#)

A Thesis for the Degree of Master of Science in Medicine

The Effects of Assisted Ergometer Training
with a Functional Electrical Stimulation
on Exercise Capacity and Functional Ability
in Subacute Stroke Patients

So Young Lee

Department of Medicine
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

February, 2014

아급성기 뇌졸중 환자에서
기능적 전기자극을 이용한 에르고미터의 적용이
운동량과 기능적 능력에 미치는 영향

지도교수 강 사 윤
이 소 영

이 논문을 의학 석사학위 논문으로 제출함

2014년 2월

이소영의 의학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장

위 원

위 원

제주대학교 일반대학원

2014년 2월

The Effects of Assisted Ergometer Training
with a Functional Electrical Stimulation
on Exercise Capacity and Functional Ability
in Subacute Stroke Patients

So Young Lee

(Supervised by Professor Sa-Yoon Kang)

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

2014. 2.

This thesis has been examined and approved

.....
.....
.....

.....

Department of Medicine
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

ABSTRACT

The Effects of Assisted Ergometer Training with a Functional Electrical Stimulation on Exercise Capacity and Functional Ability in Subacute Stroke Patients

So Young Lee

Department of Medicine

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

Supervised by Professor Kang, Sa-Yoon

Objective: To determine if assisted ergometer training can improve the functional ability and aerobic capacity of subacute stroke patients and if functional electrical stimulation (FES) of the paretic leg during ergometer cycling has additional effects.

Methods: Sixteen subacute stroke patients were randomly assigned to the FES (n=8) group or the control (n=8) group. All patients underwent assisted ergometer training for 30 minutes (five times per week for 4 weeks). The electrical stimulation group received FES of the paretic lower limb muscles during assisted ergometer training. Peak oxygen consumption

($V_{O_{2peak}}$), metabolic equivalent (MET), respiratory exchange ratio (RER), resting and maximal heart rate (RHR, MHR), resting and maximal blood pressure (RBP, MBP), maximal rate pressure product (MRPP), estimated anaerobic threshold (AT), submaximal rate pressure product (SRPP), submaximal rate of perceived exertion (SRPE) and exercise duration (Ex Dur) were determined with the exercise tolerance treadmill test before and after treatment. The six minute walk test (6MWT), Berg balance scale (BBS), and the Korean version of modified Barthel index (K-MBI) were evaluated at the beginning and end of treatment.

Results: At 4 weeks after treatment, the FES assisted ergometer training group showed significant improvements in $V_{O_{2peak}}$ ($p=0.02$), MET ($p=0.02$), estimated AT ($p=0.02$), 6MWT ($p=0.01$), BBS ($p=0.01$) and K-MBI ($p=0.01$). The control group showed improvements in only BBS ($p=0.01$) and K-MBI ($p=0.02$). However, there was no significant difference in exercise capacity and functional ability between the two groups.

Conclusion: This study demonstrated that ergometer training for 4 weeks improved the functional ability of subacute stroke patients. In addition, aerobic capacity was improved after assisted ergometer training with a FES only.

Keywords: Electrical stimulation, Ergometry, Bicycling, Stroke, Oxygen consumption

CONTENTS

ABSTRACT.....	I
CONTENTS.....	III
LIST OF TABLES.....	V
LIST OF FIGURES.....	VI
LIST OF ABBREVIATIONS.....	VII
I. INTRODUCTION.....	1
II. MATERIALS AND METHODS.....	4
1. Subjects	
2. Intervention	
3. Exercise treadmill testing protocol	
4. Outcome measures	

1) Assessment of aerobic capacity	
2) Assessment of functional ability	
5. Statistical analysis	
III. RESULTS.....	16
1. General characteristics of the participants	
2. Changes of parameters before and after treatment within each group	
3. Changes of parameters before and after treatment between the two groups	
IV. DISCUSSION.....	23
V. CONCLUSION.....	27
VI. REFERENCES.....	28
VII. ABSTRACT IN KOREAN.....	34
VIII. APPENDICES.....	36

LIST OF TABLES

Table 1. Baseline characteristics of the two groups.....	17
Table 2. Exercise capacity, functional ability and motor function at baseline....	18
Table 3. Changes of parameters before and after treatment within each group and between the two group	22

LIST OF FIGURES

Figure 1. EMG-FES 2000 [®] (Cyber Medic, Seoul, Korea).....	6
Figure 2. Placement on the paretic quadriceps, tibialis anterior, hamstring and gluteus maximus	7
Figure 3. Symptom-limited low velocity graded treadmill test.....	9

LIST OF ABBREVIATIONS

6MWT, six minute walk test

AT, anaerobic threshold

BBS, Berg balance scale

CO₂, carbon dioxide

ECG, electrocardiogram

Ex Dur, exercise duration

FES, functional electrical stimulation

K-MBI, Korean - modified Barthel index

MdBP, maximal diastolic blood pressure

MET, metabolic equivalent;

MHR, maximal heart rate

MI, motricity index

MRPP, maximal rate pressure product

MsBP, maximal systolic blood pressure

O₂, oxygen

RdBP, resting diastolic blood pressure

RER, respiratory exchange ratio

RHR, resting heart rate

RsBP, resting systolic blood pressure

SCI, spinal cord injury

SRPE, submaximal rate of perceived exertion

SRPP, submaximal rate pressure product

VE, pulmonary ventilation

$\text{Vo}_{2 \text{ peak}}$, peak oxygen consumption

VT, ventilatory threshold

I. INTRODUCTION

Stroke is a leading cause of disability that impairs ambulatory activity and daily living functions (Bobath, 1990; Gresham et al., 1975). Post-stroke functional deficits such as postural imbalance, muscle weakness, or spasticity may promote physical inactivity and a deconditioning state, which can lead to reduced cardiovascular fitness (Gresham et al., 1975; Brown et al., 1998; Mayo et al., 1999; Szecsi et al., 2008; Jorgensen et al., 1999). The low aerobic capacity eventually results in low ambulatory function, social participation, and quality of life (Mayo et al., 1999). Therefore, it is essential to encourage aerobic exercise in post-stroke patients, but very few can participate in intensive gait training immediately after their stroke event (Hwang et al., 2003) because of muscle weakness, fatigue, or general deconditioning (Janssen et al., 2008).

Cycling exercise is a safe, functional treatment that is accessible by these patients for the relearning of motor skills required for locomotion (Hunt et al., 2004; Takahashi et al., 2004). Pedaling is an aerobic exercise and a repetitive, functional activity, which requires reciprocal contraction of agonist and antagonist muscles of the lower limbs in a repeating pattern similar to that required for walking (Raasch et al., 1999). The motorized cycling ergometer is an especially useful treatment for severe disabled stroke patients, as automatic pedaling facilitates phasic, coordinated muscle activity with continuous use of the affected-side

extremity (Hancock et al., 2012). This exercise improves cardiovascular fitness such as peak oxygen consumption, workload, and endurance (Potempa et al., 1995). Also, because cycling is practiced in the sitting position, it is safe, easy to perform, and can be widely applied, regardless of the severity of motor impairment (Brown et al., 1997). Therefore, cycling has been proposed to have potential patient benefit when used as an adjunct to therapy after stroke (Potempa et al., 1995; Holt et al., 2011; Fujiwara et al., 2006; Katz-Leurer et al., 2003; Katz-Leurer et al., 2006; Quaney et al., 2009).

In addition, functional electrical stimulation (FES) exercise can increase strength and prevent atrophy of paralyzed muscles by using stimulation patterns that induce repetitive contractions in selected muscle groups (Sheffler et al., 2007). FES is a technique that uses electrical currents to induce repetitive contraction in selected muscle group affected by paralysis resulting from spinal cord injury (SCI), head injury, stroke and other neurological disorders. FES is primarily used to restore function in people with disabilities. Previous study (SY Lee et al., 2012) reported improvement of cardiovascular function after the application of electrical stimulation in healthy adults. FES could be an alternative strategy to increase the muscle work performed in severely disabled patients (Kesar et al., 2010; Santos et al., 2006).

Motorized cycle ergometer combined with FES became available in 1984, and are used primarily as a therapy for people with SCI (Petrofsky et al., 1984). Several studies have reported using the FES-evoked leg cycle ergometer as a rehabilitation therapy for lower limb paralysis following SCI (Petrofsky et al., 1992; Petrofsky et al., 2004; Hooker et al., 1995;

Skold et al., 2002; Nash et al., 1996; Raymond et al., 1999; Raymond et al., 2002). The therapy was found to increase the number of activated muscle fibers, muscle mass, strength, functional performance, and circulation.

However, no previous study has investigated the effectiveness of assisted ergometer training with a FES on hemiparetic legs in subacute stroke patients, including evaluation of the patient's functional ability and aerobic capacity. Therefore, the aims of this study were to evaluate assisted ergometer training with a FES in subacute stroke patients for improving their functional ability and aerobic capacity.

II. MATERIALS AND METHODS

Subjects

This study was conducted in 16 stroke patients who had been treated in the rehabilitation department of our hospital. All subjects provided written informed consent before the selection procedure. The study protocol was reviewed and approved by the Institutional Review Board. The participants (1) suffered a primary ischemic or hemorrhagic stroke as revealed by computed tomography or magnetic resonance imaging scans, (2) had an onset of stroke within 3 months, and (3) presented with mild to moderate paresis of the lower extremities (manual muscle function test \geq grade 3). Patients who had (1) severe deficits in communication, memory, or understanding, (2) any additional neurological or orthopedic disease causing motor deficits, such as fractures, joint degenerative changes, or clinical instability of the hip or knee joint, (3) psychiatric problems or unstable cardiorespiratory disease, or (4) inability to tolerate, or contraindications to electrical stimulation (e.g., epilepsy, cancer, skin ulcer, pacemaker, pregnancy) were excluded.

Intervention

Eligible patients were randomly assigned to two groups. Eight patients (mean age 63.25 ± 15.00 years) were assigned to the electrical stimulation group and another eight patients (mean age 63.25 ± 14.12 years) to the control group. All patients underwent assisted ergometer training five times per week for 4 weeks to maintain a pedaling cadence of 30 rpm for 30 minutes. The electrical stimulation group received FES on the paretic quadriceps, hamstring, gluteus maximus, and tibialis anterior muscles using two EMG-FES 2000[®] (Cyber Medic, Seoul, Korea) during assisted ergometer training. One was applied to paretic quadriceps and tibialis anterior, and the other was applied to hamstring and gluteus maximus (Fig. 1, 2). The stimulation protocol consisted of a symmetrical biphasic square pulse at 60 Hz, a constant pulse width of 300 μ sec, and a duty cycle of 1.0 sec on and 1.0 sec off alternatively. We endeavored to synchronize FES stimulation timing to the cycling movement according to each muscle activation pattern, although we could not use an automatic synchronizing FES ergometer. The maximum power output of the stimulator was 100 mA. The stimulation intensity was increased within the range of motor threshold to the maximal comfortably tolerated intensity.



Figure 1. EMG-FES 2000[®] (Cyber Medic, Seoul, Korea)



Figure 2. FES electrodes were applied to the paretic quadriceps, tibialis anterior, hamstring and gluteus maximus

Exercise treadmill testing protocol

Both groups underwent the symptom-limited low velocity graded treadmill test using a modified Harbor protocol (Buchfuhrer et al., 1983; Macko et al., 1997). The exercise test was performed using a CH2000, Integrated 12-lead Stress Testing ECG (Cambridge Heart, Tewksbury, USA), Quark CPET Breath Gas Exchange data analysis (Cosmed Inc, Rome, Italy), a T-2100 treadmill (GE, Fairfield, USA), and a BP (blood pressure) and HR (heart rate) monitor. The initial round of treadmill walking without an 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. The test was started with the participants walking at zero-incline treadmill for the initial 2 min, followed by 2 min at 4% incline. Then, the grade subsequently was increased 2% incline every 2 min until the test was terminated at volitional exhaustion or in the presence of gait instability or cardiovascular decompensation sign (Fig. 3).



Figure 3. The figure shows symptom-limited low velocity graded treadmill stress test

Outcome measures

Assessment of aerobic capacity

Peak oxygen consumption ($\text{Vo}_{2\text{ peak}}$), metabolic equivalent (MET), resting and maximal heart rate (RHR, MHR), resting and maximal blood pressure (RBP, MBP), maximal rate pressure product (MRPP), exercise duration, respiratory exchange ratio (RER), estimated anaerobic threshold (AT), submaximal rate pressure product (SRPP) and submaximal rate of perceived exertion (SRPE) were determined before and after the exercise test.

Peak oxygen consumption ($\text{Vo}_{2\text{ peak}}$) is the maximal oxygen uptake or the maximum volume of oxygen that can be utilized in one minute during maximal or exhaustive exercise. It is measured as milliliters of oxygen used in one minute per kilogram of body weight, and it is one factor that can determine a capacity to perform sustained exercise. $\text{Vo}_{2\text{ peak}}$ is also expressed in metabolic equivalents (MET), these are generally considered the best indicator of cardiorespiratory endurance and aerobic fitness. $\text{Vo}_{2\text{ peak}}$ was reached by all participants as defined by meeting the following criteria: (1) increase in $\text{Vo}_{2\text{ peak}} < 150$ mL in the final minute of exercise, i.e., a $\text{Vo}_{2\text{ plateau}}$; (2) peak RER > 1.0 ; (3) peak SBP > 200 mmHg; and (4) MHR within 15 beats per minute of the predicted maximal heart rate [$220 - \text{age}$] (Howley et al., 1995).

Respiratory exchange ratio (RER) is the ratio between the amount of CO_2 produced and O_2

consumed in one breath. RER increase with the exercise intensity, and measured RER under steady state conditions is commonly used to show the muscle's oxidative capacity to get energy (Simonson et al., 1990; Pendergast et al., 2000). The $Vo_{2\text{ peak}}$ and RER were determined using a Quark CPET Breath Gas Exchange data analysis (Cosmed Inc, Rome, Italy) as 15 sec averages during each stage of the test.

Resting heart rate (RHR) was recorded after a 15 min rest period, and maximal heart rate (MHR) was analysed the average heart rate during the last 30 sec of exercise using an integrated 12-lead Stress Testing ECG (Cambridge Heart, Tewksbury, USA). Systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were measured at rest, every 2 min during exercise. The rate pressure product (RPP) was defined as the workload or oxygen demand of the heart, and reflects hemodynamic stress. Maximal rate pressure product (MRPP) was multiplied of the heart rate and blood pressure (Thompson et al., 2009) with the maximal value defined as the average of the values recorded during the last 30 sec of the test.

And anaerobic threshold (AT) was estimated using gas exchange variables, including rate of pulmonary ventilation (VE), utilization of oxygen (O_2) and production of carbon dioxide (CO_2). AT is the point at which lactate begins to accumulate in blood, causing an increase in ventilation, and is important to document clinically. This is often termed the ventilator threshold (VT), provide better indices of aerobic fitness, especially for sustainable submaximal work and competitive endurance performance. The modified V-slope and the

ventilator equivalents methods have been reported to be sensitive and reliable for determining the AT (Gaskill, 2001). Ventilator equivalent method is the intensity of activity which causes the first rise in the ventilatory equivalent of oxygen (VE/O_2) without a concurrent rise in the ventilatory equivalent of carbon dioxide (VE/CO_2). Modified V-slope method is the intensity of exercise which, in a plot of the minute production of CO_2 over the minute utilization of oxygen (O_2).

And, at point of estimated AT, submaximal rate pressure product (SRPP) and borg rating of perceived exertion (SRPE) (from 6 to 20) were recorded.

Exercise duration was defined as the time from the initiation to the termination of the exercise test protocol.

Assessment of functional ability

Functional abilities measured by the six minute walk test (6MWT), Berg balance scale (BBS), and the Korean version of the modified Barthel index (K-MBI) were evaluated at the beginning and the end of treatment.

Gait function was evaluated with the six minute walk test (6MWT). The test has been widely used to measure of functional capacity targeted at people with at least moderately severe impairment (Paul, 2003). It measures the distance that a patient can walk along a flat 50 m track comfortably in a period of 6 minutes without support when possible.

Berg balance scale (BBS) was evaluated, which is a widely used clinical test of a person's static and dynamic balance abilities (Blum, 2008). It is a valid instrument used for evaluation of balance function by assessing the performance of 14 functional tasks. Korean version of the BBS has been validated (Jung et al., 2006) (Appendix 1).

Korean-modified Barthel index (K-MBI) was used to evaluate activities of daily living (ADL) functions. The modified Barthel index (MBI) is a measure of ADL, which shows the degree of independence of a patient from any assistance. It covers 10 domains of functioning (activities): bowel control, bladder control, as well as help with personal hygiene, bathing, feeding, dressing, toilet use, transfers, walking, and climbing stairs. The MBI is a reliable and valid instrument for measuring the functional status of stroke patients, and the Korean version

of the MBI (K-MBI) has been validated (Jung et al., 2007) (Appendix 2).

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using SPSS for Windows version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The Chi-square and Mann-Whitney tests were used to compare the baseline characteristics of the two groups. Wilcoxon's rank sum test was also used to compare the exercise capacity and functional ability within each group at baseline and 4 weeks after testing. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used for the inter-group comparison of all parameters of exercise capacity and functional ability between the two groups according to the time period until 4 weeks. A p-value < 0.05 was considered statistically significant.

III. RESULTS

General characteristics of the participants

The baseline characteristics of the participants are summarized in Table 1. Eight participants were assigned to each study group and each included four men. The mean age at enrolment was 63.25 ± 15.00 years in the electrical stimulation group and 63.25 ± 14.12 years in the control group. Demographic characteristics including gender, age, time since cardiovascular accident (CVA), height and weight were not significantly different.

Data on the baseline exercise capacity, functional ability, and motor function (Mortricity Index- the hemiparetic leg score) (Appendix 3) of the two groups are presented in Table 2, and any significant differences were not found between the two groups.

Table 1. Baseline characteristics of the two groups

	FES+Ergometer	Ergometer	<i>p</i> -value
Patients (numbers)	8	8	
Gender (Male/Female)	4/4	4/4	
Age (years)	63.25±15.00	63.25±14.12	0.96
Infarction/Hemorrhage	4/4	6/2	
Side of lesion (Right/Left)	5/3	5/3	
Time since CVA (days)	62.50±52.23	57.38±34.63	0.88
Height (cm)	158.13±8.80	162.13±9.37	0.38
Weight (kg)	60.76±7.26	55.00±22.96	0.96

Values are presented as mean±standard deviation or number of cases.

FES, functional electrical stimulation., CVA, cerebrovascular accident.

Table 2. Exercise capacity, functional ability and motor function at baseline

	FES+Ergometer	Ergometer	<i>p</i> -value
Vo ₂ peak (mL/kg/min)	16.00±2.79	20.08±5.79	0.16
MET	4.55±0.82	5.75±1.66	0.13
RER	0.97±0.15	0.98±0.12	0.80
RHR (bpm)	87.50±12.72	94.50±21.80	0.72
MHR (bpm)	128.50±25.82	143.38±28.08	0.28
RsBP (mmHg)	127.88±18.95	123.63±19.60	0.72
RdBP (mmHg)	77.63±13.24	68.17±7.20	0.11
MsBP (mmHg)	177.75±18.24	173.13±34.01	0.80
MdBP (mmHg)	79.63±16.62	80.75±19.52	0.96
MRPP (mmHg*bpm)	23017.13±6007.24	24898.63±7445.89	0.80
AT (mL/kg/min)	11.35±1.36	13.61±4.40	0.38
SRPP (mmHg*bpm)	17303.25±4164.66	16747.50±5174.25	0.96
SRPE	12.00±1.52	11.00±1.52	0.33
Ex Dur (sec)	506.88±193.13	697.50±285.73	0.13
6MWT (m)	193.63±102.97	291.00±82.61	0.07
BBS	43.88±7.14	47.38±5.66	0.20
K-MBI	76.38±10.64	83.38±10.23	0.28
MI	70.00±4.54	72.50±6.02	0.51

Values are presented as mean±standard deviation.

FES, Functional electrical stimulation; Vo₂ peak, peak oxygen consumption; MET, metabolic equivalent; RER, respiratory exchange ratio; RHR, resting heart rate; MHR, maximal heart rate; RsBP, resting systolic blood pressure; RdBP, resting diastolic blood pressure; MsBP, maximal systolic blood pressure; MdBP, maximal diastolic blood pressure; MRPP, maximal

rate pressure product; AT, estimated anaerobic threshold; SRPP, submaximal rate pressure product; SRPE, submaximal rate of perceived exertion; Ex Dur, exercise duration; 6MWT, six minute walk test; BBS, Berg balance scale; K-MBI, modified Barthel index; MI, motricity index.

Changes of parameters before and after treatment within each group

At 4 weeks after treatment, the FES assisted ergometer training group showed a significant improvement in both exercise capacity and functional ability (Table 3). $\text{VO}_{2\text{ peak}}$ increased from 16.00 ± 2.79 mL/kg/min to 17.83 ± 3.09 mL/kg/min ($p=0.02$), MET increased from 4.55 ± 0.82 to 17.83 ± 3.09 ($p=0.02$), and the estimated AT increased from 11.35 ± 1.36 mL/kg/min to 13.72 ± 2.49 mL/kg/min ($p=0.02$). In addition, 6MWT increased from 193.63 ± 102.97 m to 266.25 ± 113.38 m ($p=0.01$), BBS increased from 43.88 ± 7.14 to 47.13 ± 6.98 ($p=0.01$), and K-MBI increased from 76.38 ± 10.64 to 84.00 ± 8.59 ($p=0.01$). The control group showed no significant changes in exercise capacity, whereas statistically significant improvements occurred in the BBS ($p=0.01$) and the K-MBI ($p=0.02$).

Changes of parameters before and after treatment between the two groups

After 4 weeks, no significant intergroup differences were found in the exercise capacity and functional ability (Table 3).

Table 3. Changes of parameters before and after treatment within each group and between the two group

	Intragroup						Intergroup
	FES + Ergometer			Ergometer			<i>p-value</i>
	Before	after	<i>p-value</i>	Before	after	<i>p-value</i>	
Vo ₂ peak(mL/kg/min)	16.00±2.79	17.83±3.09	0.02	20.08±5.79	20.30±7.00	1.00	0.36
MET	4.55±0.82	5.10±0.87	0.02	5.75±1.66	5.79±2.01	1.00	0.31
RER	0.97±0.15	0.98±0.18	0.34	0.98±0.12	0.99±0.12	0.67	1.00
RHR(bpm)	87.50±12.72	91.13±11.97	0.67	94.50±21.80	91.00±20.63	0.73	0.53
MHR(bpm)	128.50±25.82	123.38±23.93	0.29	143.38±28.08	135.50±25.54	0.44	0.78
RsBP(mmHg)	127.88±18.95	133.63±17.94	0.23	123.63±19.60	124.13±21.10	0.89	0.47
RdBP(mmHg)	77.63±13.24	73.13±12.68	0.07	68.17±7.20	72.17±12.67	0.35	0.06
MsBP(mmHg)	177.75±18.24	186.63±24.21	0.14	173.13±34.01	177.00±22.25	0.67	0.73
MdBP(mmHg)	79.63±16.62	84.13±19.80	0.24	80.75±19.52	76.25±13.93	0.36	0.13
MRPP(mmHg*bpm)	23017.13±6007.24	23385.75±5728.4	0.87	24898.63±7445.89	24141.50±5865.65	0.74	0.76
AT(mL/kg/min)	11.35±1.36	13.72±2.49	0.02	13.61±4.40	14.71±4.42	0.07	0.26
SRPP(mmHg*bpm)	17303.25±4164.66	17035.75±4213.58	0.58	16747.50±5174.25	16441.88±5092.21	1.00	0.99
SRPE	12.00±1.52	11.75±1.04	0.66	11.00±1.52	12.25±1.49	0.20	0.19
ExDur(sec)	506.88±193.13	562.50±174.38	0.67	697.50±285.73	735.00±264.83	0.48	0.84
6MWT(m)	193.63±102.97	266.25±113.38	0.01	291.00±82.61	331.50±60.22	0.23	0.42
BBS	43.88±7.14	47.13±6.98	0.01	47.38±5.66	51.63±2.50	0.01	0.56
K-MBI	76.38±10.64	84.00±8.59	0.01	83.38±10.23	90.25±8.40	0.02	0.81

Values are presented as mean±standard deviation.

FES, functional electrical stimulation; Vo_{2 peak}, peak oxygen consumption; MET, metabolic equivalent; RER, respiratory exchange ratio; RHR, resting heart rate; MHR, maximal heart rate; RsBP, resting systolic blood pressure; RdBP, resting diastolic blood pressure; MsBP, maximal systolic blood pressure; MdBP, maximal diastolic blood pressure; MRPP, maximal rate pressure product; AT, estimated anaerobic threshold; SRPP, submaximal rate pressure product; SRPE, submaximal rate of perceived exertion; Ex Dur, exercise duration; 6MWT, six minute walk test; BBS, Berg balance scale; K-MBI, modified Barthel index.

VI. DISCUSSION

The results of this study provide evidence that FES assisted ergometer training in the hemiparetic muscles of subacute stroke patients improved their aerobic capacities as well as functional abilities.

Several investigations (Szecsi et al., 2008; Janssen et al., 2008; Skold et al., 2002; Raymond et al., 2002; Ferrante et al., 2006; Ferrante et al., 2008; Ambrosini et al., 2011; Lo et al., 2012; Smart et al., 2013) have demonstrated similar beneficial effects of FES assisted ergometer training in patients with SCI, heart failure, and stroke. Szecsi et al. (Szecsi et al., 2008) assessed whether FES-assisted cycling on the paretic leg in subjects with hemiparesis in subacute stroke could improve quantifiable biomechanical parameters such as smoothness, power, and symmetry of cycling. They showed that FES-assisted cycling was associated with strengthening the affected leg, reestablishing the side balance of forces, and improving pedaling control, particularly in patients with hemiparesis in the early phase of convalescence after stroke. Although they did not evaluate functional abilities and aerobic capacities, they noted that objective goals such as functional outcomes can be achieved with the clinical application of this therapy. Lo et al. (Lo et al., 2012) also reported that cycling exercise with FES on the hemiparetic leg improved postural control and spasticity of the extremities in subacute stroke patients. They suggested that the application of FES to the affected leg during cycling training has additional benefits,

especially for patients with high muscle tone. These findings emphasized the beneficial effects of FES on hemiparetic legs specifically in subacute stroke patients.

Additionally, FES induced cycling on the both legs (affected-side and intact-side) has demonstrated significant improvement in lower extremity strength and functional ability in subacute stroke patients. Ferrante et al. (Ferrante et al., 2008) and Ambrosini et al. (Ambrosini et al., 2011) evaluated the effectiveness of FES induced cycling on both legs in subacute stroke patients. Their studies revealed that FES cycling training significantly improved lower extremity strength, motor control, motor recovery, and walking abilities such as motricity index, trunk control test, upright motor control test, and maximum isometric voluntary contraction (MVC) compared to cycling only. These results confirmed that FES cycling training applied in the subacute stroke phase may play an important role in facilitating and accelerating motor recovery. The investigators concluded that the improvements they observed resulted from increased sensorial input provided to the brain by FES.

The improvements observed through the six minute walk test (6MWT), Berg balance scale (BBS), and the Korean version of modified Barthel index (K-MBI) in our study are in line with the results cited above. However, in our study, FES applied only to the muscles on the hemiparetic side was effective in improving functional abilities. This suggests that FES induced cycling may facilitate coordinated muscle activity, relearning of how to execute movements of paretic muscles voluntarily, and induction of continuous use of the affected-

side extremity.

Janssen et al. (Janssen et al., 2008) reported that their FES assisted cycling training program on paretic lower extremities in chronic stroke patients improved cycling performance, functional performance, and aerobic exercise such as power of output (PO max), $Vo_{2\ peak}$, 6MWT, and BBS performance. Except for muscle strength, it had no additional effect over assisted ergometer only. Our study reached a similar conclusion in subacute stroke patients in that it showed improvements in aerobic capacities such as $Vo_{2\ peak}$, MET, and estimated AT in the FES assisted ergometer training group within 4 weeks. These results could be explained by repetitive voluntary contraction of leg muscles as an adaptation to FES, which also promotes circulatory adaptations, hypertrophy, and histochemical changes in muscles, all of which are helpful in relearning how to execute movements. The changes in response to therapy increase metabolic capacity, prevent muscle atrophy, and induce functional recovery. Also, FES helps patients to focus on treatment during cycling, thus improving the efficiency of the exercise (Ambrosini et al., 2011). Moreover, improvement in estimated AT provides meaningful evidence that FES could be used to improve exercise endurance. Also, our study found that FES plus assisted motorized cycling was beneficial for aerobic capacity in subacute stroke patients.

There are several study limitations. The most serious limitation is the small number of subjects evaluated, making it insufficient to monitor the effects of FES training. Second, a therapeutic intervention period of 4 weeks might be too short to demonstrate the added

effects of FES training, compared to the control. Third, this study could not evaluate the changes in muscle strength, mass, and muscle spasticity, although they might have influenced the functional ability. Fourth, subjects could not perfectly synchronize FES stimulation timing with the angular movement of the ergometer motor. Finally, subjects did not use the cycling graded exercise stress test, which could be applied in the sitting position. Thus, symptom-limited exercise tests had to be performed by walking or running, and the participants might have already reached functional recovery at baseline exercise test. Accordingly, additional large scale, long term follow-up studies considering FES synchronization and other relevant factors should be conducted to evaluate functional ability and aerobic capacity after FES assisted ergometer training exercise.

V. CONCLUSION

This study demonstrated that ergometer training for 4 weeks improved the functional ability of subacute stroke patients. In addition, aerobic capacity was improved after assisted ergometer training with a FES only. Therefore, we suggest assisted ergometer training with a FES as a useful alternative therapy for increasing the aerobic capacity of subacute stroke patients.

VI. REFERENCES

- Ambrosini E, Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G, Molteni F. Cycling induced by electrical stimulation improves motor recovery in postacute hemiparetic patients: a randomized controlled trial. *Stroke* 2011;42:1068-73.
- Blum Lisa, Korner-Bitensky Nicol. Usefulness of the Berg balance scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Physical therapy* 2008;88:559-566.
- Bobath B. *Adult hemiplegia: evaluation and treatment*. 3rd ed. London: Butterworth-Heinemann Oxford; 1990. p. 1-5.
- Brown D, Kautz S, Dairaghi C. Muscle activity adapts to anti-gravity posture during pedalling in persons with post-stroke hemiplegia. *Brain* 1997;120:825-37.
- Brown D, Kautz S. Increased workload enhances force output during pedaling exercise in persons with poststroke hemiplegia. *Stroke* 1998;29:598-606.
- Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983;55:1558-64.
- Collin C Wade D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *J Neurology Neurosurg Psychiatry*. 1990;53:576-579.
- Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G, Molteni F. FES cycling treatment on hemiplegic patients: preliminary results. 11th Annual Conference of the Functional Electrical Stimulation Society. Miyagi-Zao, Japan; 2006.
- Ferrante S, Pedrocchi A, Ferrigno G, Molteni F. Cycling induced by functional electrical

stimulation improves the muscular strength and the motor control of individuals with post-acute stroke. *Eur J Phys Rehabil Med* 2008;44:159-67.

Fujiwara T, Liu M, Tanuma A, Hase K, Tsuji T. Pedaling exercise for neuromuscular re-education: a review. *Crit Rev Phys Rehabil Med* 2005;17:163-78.

Gaskill, SE, Ruby AJ, Walker OA, Sanchez RC, Serfass, Leon AS. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Med. Sci. Sports Exerc* 2001;33:1841-1848

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;293:954-6.

Hancock NJ, Shepstone L, Winterbotham W, Pomeroy V. Effects of lower limb reciprocal pedalling exercise on motor function after stroke: a systematic review of randomized and nonrandomized studies. *Int J Stroke* 2012;7:47-60.

Holt R, Kendrick C, McGlashan K, Kirker S, Jenner J. Static bicycle training for functional mobility in chronic stroke: case report. *Physiotherapy* 2001;87:257-60.

Hooker SP, Scremin AM, Mutton DL, Kunkel CF, Cagle G. Peak and submaximal physiologic responses following electrical stimulation leg cycle ergometer training. 1995;32:361-6.

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

Hunt KJ, Stone B, Negard NO, Schauer T, Fraser MH, Cathcart AJ, et al. Control strategies

- for integration of electric motor assist and functional electrical stimulation in paraplegic cycling: utility for exercise testing and mobile cycling. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2004;12:89-101.
- Hwang IS, Lee HM, Cherng RJ, Chen JJ. Electromyographic analysis of locomotion for healthy and hemiparetic subjects--study of performance variability and rail effect on treadmill. *Gait Posture* 2003;18:1-12.
- Janssen TW, Beltman JM, Elich P, Koppe PA, Konijnenbelt H, de Haan A, et al. Effects of electric stimulation-assisted cycling training in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:463-9.
- 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.
- Jung HY, Park, JH, Shim JJ, Kim MJ, Hwang MR, Kim SH. Reliability test of Korean version of Berg balance scale. *J Korean Acad Rehab Med* 2006;30:611-618
- 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.
- Katz-Leurer M, Carmeli E, Shochina M. The effect of early aerobic training on independence six months post stroke. *Clin Rehabil* 2003;17:735-41.
- Katz-Leurer M, Sender I, Keren O, Dvir Z. The influence of early cycling training on balance in stroke patients at the subacute stage. Results of a preliminary trial. *Clin Rehabil*

2006;20:398-405.

Kesar TM, Perumal R, Jancosko A, Reisman DS, Rudolph KS, Higginson JS, et al. Novel patterns of functional electrical stimulation have an immediate effect on dorsiflexor muscle function during gait for people poststroke. *Phys Ther* 2010;90:55-66.

Lee SY, Im SH, Kim BR, Choi JH, Lee SJ, Han EY. The effects of neuromuscular electrical stimulation on cardiopulmonary function in healthy adults. *Ann Rehabil Med* 2012;36:849-56.

Lo HC, Hsu YC, Hsueh YH, Yeh CY. Cycling exercise with functional electrical stimulation improves postural control in stroke patients. *Gait Posture* 2012;35:506-10.

Macko RF, Katzel LI, Yataco A, Tretter LD, DeSouza CA, Dengel DR, et al. Low-velocity graded treadmill stress testing in hemiparetic stroke patients. *Stroke* 1997;28:988-92.

Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Ahmed S, Gordon C, Higgins J, McEwen S, et al. *Disabil Rehabil* 1999;21:258-68.

Nash MS, Montalvo BM, Applegate B. Lower extremity blood flow and responses to occlusion ischemia differ in exercise-trained and sedentary tetraplegic persons. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:1260-5.

Enright PL. The six-minute walk test. *Respir Care* 2003;48:783-785.

Pendergast DR, Leddy JJ, Venkatraman JT. A perspective on fat intake in athletes. *J. Am. Coll Nutr.* 2000;19:345–50.

Petrofsky JS, Phillips CA. The use of functional electrical stimulation for rehabilitation of

- spinal cord injured patients. *Cent Nerv Syst Trauma* 1984;1:57-74.
- Petrofsky JS, Stacy R. The effect of training on endurance and the cardiovascular responses of individuals with paraplegia during dynamic exercise induced by functional electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;64:487-92.
- Petrofsky JS, Laymon M. The effect of previous weight training and concurrent weight training on endurance for functional electrical stimulation cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:392-8.
- Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tincknell T. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke* 1995;26:101-5.
- Quaney BM, Boyd LA, McDowd JM, Zahner LH, He J, Mayo MS, et al. Aerobic exercise improves cognition and motor function poststroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23:879-85.
- Raasch CC, Zajac FE. Locomotor strategy for pedaling: muscle groups and biomechanical functions. *J Neurophysiol* 1999;82:515-25.
- Raymond J, Davis GM, Climstein M, Sutton JR. Cardiorespiratory responses to arm cranking and electrical stimulation leg cycling in people with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:822-8.
- Raymond J, Schoneveld K, Van Kemenade CH, Davis GM. Onset of electrical stimulation leg cycling in individuals with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1557-62.
- Santos M, Zahner LH, McKiernan BJ, Mahnken JD, Quaney B. Neuromuscular electrical

- stimulation improves severe hand dysfunction for individuals with chronic stroke: a pilot study. 2006;30:175.
- Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. *Muscle Nerve* 2007;35:562-90.
- Simonson DC, DeFronzo RA. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. *Am. J. Physiol.* 1990;258:399–12
- Skold C, Lonn L, Harms-Ringdahl K, Hultling C, Levi R, Nash M, et al. Effects of functional electrical stimulation training for six months on body composition and spasticity in motor complete tetraplegic spinal cord-injured individuals. *J Rehabil Med* 2002;34:25-32.
- Smart NA, Dieberg G, Giallauria F. Functional electrical stimulation for chronic heart failure: a meta-analysis. *Int J Cardiol* 2013;167:80-6
- Szecs J, Krewer C, Müller F, Straube A. Functional electrical stimulation assisted cycling of patients with subacute stroke: kinetic and kinematic analysis. *Clin Biomech* 2008;23:1086-94.
- Takahashi T, Takazawa M, Nishiyama Y, Nakano E, Handa Y. FES cycling chair for the lower limbs disabled people with electric motor power assist. 9th Annual Conference of the International FES Society; 2004 Sep; UK. Bournemouth; 2004. 247-9.
- Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9thed. Baltimore:LippincottWilliams&Wilkins;HubstaLtd;2009.

VII. ABSTRACT IN KOREAN

아급성기 뇌졸중 환자에서 기능적 전기자극을 이용한 에르고미터의 적용이 운동량과 기능적 능력에 미치는 영향

이 소 영

제주대학교 일반대학원 의학과

지도교수 강 사 윤

목적: 본 연구는 아급성기 뇌졸중 환자에서 에르고미터 유산소 운동이 운동심폐기능과 보행, 기능적 능력에 미치는 영향과 기능적 전기자극을 이용하여 에르고미터 운동을 시행 하였을 때 미치는 부가적 효과에 대하여 알아보고자 한다.

방법: 총 16 명(실험군 8 명, 대조군 8 명)의 아급성기 뇌졸중 환자들이 연구에 모집되었다. 무작위로 두 군으로 나누어 실험군은 마비측 다리에 신경전기자극을 적용하도록 하고 대조군은 적용하지 않도록 하여 하루 30 분씩, 주 5 회, 총 4 주 동안 에르고미터 유산소 운동을 시행하였다. 모든 피험자들은 증상 제한적, 단계적 저속 트레드밀 운동부하검사를 시행하였으며 운동부하검사의 평가

지표들로 최고 산소소비량, 단위 대사당량, 최고 호흡교환율, 휴식시와 최고 심박수, 휴식시와 최고 수축기 및 이완기 혈압, 최고 심근산소소비량, 예측성 무산소 역치, 최대하 심근산소소비량, 최대하 자각적 운동강도, 평가 수행 시간을 측정하였다. 그 외에 기능적 상태 평가 지표로서 보행기능의 평가 지표인 6 분 걷기 검사와 균형 능력의 평가 지표인 버그 균형지수, 일상생활동작 평가 지표인 한글판 수정바텔지수를 평가하였다. 4 주의 재활치료 후에, 모든 평가지표를 반복적으로 측정하였다.

결과: 4 주의 재활치료 후, 실험군에서는 최고 산소소비량, 단위 대사당량, 예측성 무산소 역치, 6 분 걷기 검사, 버그 균형 지수, 한글판 수정바텔지수에서, 대조군에서는 버그 균형 지수, 한글판 수정바텔지수에서 유의한 호전이 관찰되었다. 그러나 재활치료 전후의 모든 평가지표의 변화량은 두 군간에 유의한 차이점이 관찰되지 않았다.

결론: 아급성기 뇌졸중 환자에서 4 주간의 에르고미터 유산소 운동은 환자의 기능적 능력 호전에 유의한 영향을 끼친다. 또한 기능적 전기자극을 이용하여 에르고미터 유산소 운동을 했을 때 에르고미터 운동만 하는 경우보다 운동심폐기능에 부가적인 호전을 가져올 수 있다는 것을 알 수 있었다.

VIII. 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 국내의 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, 턱밀의 수염 깎기, 뒷머리 빗기, 한 손을 말리기에 도움이 필요하다. 작업을 끝내기 위해 지속적인 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	설명
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)	손가락 같은 식사 도구를 스스로 다룰 수 있으나 누군가가 식사하는 동안 적극적인 도움을 주어야 함.	환자는 음식을 입으로 가져갈 수 있으나 타인이 손가락에 음식을 올려주어야 한다. ☞ 손가락에 음식(밥이나 반찬)을 올려주면 입으로 가져갈 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 손가락에 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 매이거나 급히 먹을 수 있으므로 적절한 지시나 격려, 감시하는 관찰자가 필요할 수 있다. ☞ 손가락으로 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 병동에 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 확실하게 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. 변기가 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 부족하는 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	설명
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. ☞ 시늬만 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 배변자세를 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	설명
1 (0)	배뇨조절이 의존적이며 실뇨가 있거나 지속적인 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	설명
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 보조구(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 헛나 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	설명
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, 바닥갈래가 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 (접수)	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>

Berg 균형검사 평가지

이름		연령/성별	
진단명		장애	
병력번호		임상과	

내용	남자			
1. 앉은 상태에서 서기				
2. 도움 없이 서 있기				
3. 기대지 않고 스스로 앉기				
4. 선 상태에서 앉기				
5. 이동하기				
6. 눈감고 서 있기				
7. 양 발을 모으고 서 있기				
8. 선 자세에서 팔을 펴고 뺨기				
9. 선 상태에서 바닥에서 물건 잡아 올리기				
10. 서서 양쪽 어깨를 넘어 뒤돌아보기				
11. 360° 돌기				
12. 서 있는 동안 발판에 양 발을 교대로 놓기				
13. 한 발을 다른 발 앞에 놓고 지지 없이 서 있기				
14. 한 발로 서 있기				
합계 점수	/ 56	/ 56	/ 56	/ 56

Berg 균형검사 안내문

일반 안내문

아래 예시된 대로 각 항목에 대해 설명하고 시범을 보여주십시오. 점수화할 때에는 적용된 항목의 가장 낮게 반응한 항목을 사용하십시오.

대부분의 항목에서, 피검자는 일정한 시간 동안 요구되는 자세를 유지하여야 합니다. 요구되어지는 시간 동안 혹은 요구되는 거리를 수행하지 못한 경우, 피검자가 감시를 필요로 할 경우, 혹은 피검자가 외부 지지물에 접촉하거나 검사자의 도움을 받았을 경우에는 그 정도에 따라 점수가 감점되어집니다. 모든 평가 시 환자는 건축과 편마비측의 사용에 제한없이 환자 스스로 편안한 방법을 선택하여 평가에 임하도록 설명하며, 피검자는 과제를 수행하는 동안 균형을 유지하고 있어야 한다는 것을 이해해야 합니다.

(검사에는 정지가 가능한 초시계, 자(2, 5, 10인치 자, 혹은 5, 12.5, 25 cm 자)가 필요하다. 적절한 높이의 의자가 필요하다. 한 걸음 혹은 평균 걸음 높이가 12번 항목의 검사에서 측정될 수도 있다.)

1. 앉은 상태에서 서기

<지시 : 서 보세요. 이때 지지하기 위해 두 손을 사용하지 마십시오.>

- 4점 손을 사용하지 않고 독립적으로 일어서고 안정화할 수 있다.
- 3점 손을 사용하여 독립적으로 일어설 수 있다.
- 2점 여러 번 시도 후 양 손을 사용하여 일어설 수 있다.
- 1점 서거나 안정화되기 위해서 최소(25%)의 도움이 필요하다.
- 0점 서기 위해서는 중등도 도움(50%) 또는 최대 도움(75%)이 필요하다.

2. 의지하지 않고 서 있기

<지시: 붙잡지 말고 2분 동안 서 있어 보세요.>

- 4점 안전하게 2분 동안 서 있을 수 있다.
- 3점 감독 하에 2분 동안 서 있을 수 있다.
- 2점 의지하지 않고 30초간 서 있을 수 있다.
- 1점 의지하지 않고 30초간 서 있기 위해 여러 번의 시도가 필요하다.
- 0점 도움 없이는 30초간 서 있을 수 없다.

*** 의지하지 않고 2분간 서 있을 수 있다면, 3번 항목은 검사하지 말고 3항목을 만점 처리하고, 4번 항목으로 가시오.

3. 기대지 않고 스스로 앉기

<지시: 두 팔에 의지하고 2분간 앉아 있으세요.>

- 4점 안전하게 2분 동안 앉아 있을 수 있다.
- 3점 감독 하에 2분 동안 앉아 있을 수 있다.
- 2점 30초간 앉아 있을 수 있다.
- 1점 10초간 앉아 있을 수 있다.
- 0점 10초간 지지 없이 앉아 있을 수 없다.

4. 선 상태에서 앉기

<지시: 앉아보세요.>

- 4점 양 손을 최소한으로 사용하여 안전하게 앉을 수 있다.
- 3점 양 손을 사용하여 앉기 조절이 가능하다.

- 2점 양다리를 의자에 기대어 앉기 조절이 가능하다.
- 1점 독립적으로 앉지만 턱씩 주저앉는다.
- 0점 앉기에 도움이 필요하다.

5. 이동하기

<지시: 한쪽으로 이동할 수 있도록 의자를 배열해 놓는다. 팔걸이가 있는 의자로 가도록 환자에게 이동을 요구한다. 그리고 팔걸이가 없는 의자로 가도록 환자에게 이동을 요구한다(검사자는 팔걸이가 있는 의자 그리고 팔걸이가 없는 의자를 사용할 수도 있다.)>

- 4점 양 손을 최소한으로 사용하여 안전하게 이동할 수 있다.
- 3점 양 손을 적절히 사용하여 안전하게 이동할 수 있다.
- 2점 구두지시나 또는 감독 하에 이동할 수 있다.
- 1점 1명의 도움이 필요하다.
- 0점 도움이나 안전을 위해 2명의 도움이 필요하다.

6. 눈감고 서 있기

<지시: 두 눈을 감고 10초 동안 서 있어 보세요.>

- 4점 안전하게 10초간 서 있을 수 있다.
- 3점 감독 하에 10초간 서 있을 수 있다.
- 2점 3초간 서 있을 수 있다.
- 1점 눈을 감은 채 3초간 유지하기가 어려우나 잠깐은 설 수 있다.
- 0점 넘어지지 않으려면 도움이 필요하다.

7. 양 발 모으고 서 있기

<지시: 양 발을 모으고 잡지말고 서보세요.>

- 4점 독립적으로 양 발을 모으고 안전하게 1분간 서 있을 수 있다.
- 3점 독립적으로 양 발을 모으고 감독 하에 1분간 서 있을 수 있다.
- 2점 독립적으로 양 발을 모으고 30초간 서 있을 수 있다.
- 1점 자세 유지에 도움이 필요하지만 15초간 서 있을 수 있다.
- 0점 자세 유지에 도움이 필요하고 15초간 서 있을 수 없다.

8. 선 자세에서 팔 펴고 뺨기

<지시: 팔을 90도로 올리시오. 손가락을 펴고 가능한 한 앞으로 멀리 뺨어 보세요.>

(피검자가 팔을 90도로 들고 있는 동안 자를 손톱 끝에 놓는다. 손을 앞으로 뺨는 동안 자가 손가락에 닿지 않도록 한다. 측정된 거리는 손가락을 앞으로 가장 멀리 뺨었을 때의 거리이다. 가능하면 몸통을 비틀어서 앞으로 뺨지 못하도록 두 손을 모두 사용하여 뺨도록 한다.)>

- 4점 25 cm (10 인치) 이상 앞으로 뺨을 수 있다.
- 3점 12.5 cm (5 인치) 이상 안전하게 앞으로 뺨을 수 있다.
- 2점 5 cm (2 인치) 이상 안전하게 앞으로 뺨을 수 있다.
- 1점 앞으로 뺨을 수 있지만 감독이 필요하다.
- 0점 시도하는 동안 균형을 잃고 외부의 도움이 필요하다.

9. 선 자세에서 바닥에서 물건 잡아 올리기

<지시: 피검사의 발 앞에 있는 신발/슬리퍼를 집어보세요.>

- 4점 쉽고 안전하게 슬리퍼를 주울 수 있다.
- 3점 슬리퍼를 주울 수 있지만 감독이 필요하다.
- 2점 슬리퍼는 주울 수 없지만, 슬리퍼로부터 5 cm까지 접근할 수 있고, 독립적으로 균형을 유지할 수 있다.
- 1점 시도하는 동안 도움이 필요하며 주울 수 없다.
- 0점 시도할 수 없고 균형을 잃지 않고 넘어지지 않기 위해 도움이 필요하다.

10. 선 자세에서 양쪽 어깨를 넘어 뒤돌아보기

<지시: (선 자세에서) 좌측 어깨를 넘어 뒤를 돌아보세요. 우측 어깨를 넘어 뒤를 돌아보세요. 검사자는 피검자가 더 잘 뒤돌아볼 수 있도록 피검자 뒤에서 물건을 들고 있어도 된다.>

- 4점 체중이동을 잘하며 양쪽 어깨 넘어 잘 뒤돌아 볼 수 있다.
- 3점 한쪽은 가능하나 반대쪽은 체중이동이 잘 되지 않는다.
- 2점 옆으로 돌아보기까지만 균형유지가 가능하다.
- 1점 돌아볼 때 감독이 필요하다.
- 0점 균형을 잃거나 넘어지는 것을 방지하기 위해 도움이 필요하다.

11. 360° 돌기

<지시: 한 바퀴를 완전히 돌고 또 반대 방향으로 한 바퀴를 완전히 돌아보세요.>

- 4점 4초 내에 안전하게 360° 돌 수 있다.
- 3점 4초 내에 한쪽으로만 360° 돌 수 있다.
- 2점 안전하게 돌 수 있으나 시간이 오래 걸린다.
- 1점 근접 감독이나 말로 지시를 해야 한다.
- 0점 도는 동안 도움이 필요하다.

12. 선 자세에서 발판에 양 발 교대로 놓기

<지시: 양 발을 발판에 각각 교대로 올려놓아 보세요. 4번 반복해서 양 발을 교대로 발판에 올려놓아 보세요.>

- 4점 발판에 8번 오르내리기를 20초 이내에 한다.
- 3점 발판에 8번 오르내리기를 20초 이상 걸린다.
- 2점 감독 하에 도움 없이 4번 오르내릴 수 있다.
- 1점 최소한의 도움으로 2번 오르내릴 수 있다.
- 0점 시도할 수 없거나 넘어지지 않기 위해 도움이 필요하다.

13. 한 발을 다른 발 앞에 놓고 지지 없이 서 있기

<지시: (피검자에게 시범을 보여준다.) 한 발을 다른 발 바로 앞에 놓는다. 피검자가 발을 다른 발을 바로 앞에 놓고 설 수 없다면, 설 수 있을 만큼 발을 앞으로 더 내밀어 앞발의 뒤꿈치가 뒷발의 앞꿈치보다 앞으로 가게하고 서도록 한다(보장이 한발 길이를 초과하고, 보폭은 거의 정상 범위라면 3점을 준다).>

- 4점 30초간 독립적으로 한 발을 다른 발 앞에 붙여서 놓을 수 있다.
- 3점 30초간 독립적으로 한 발을 다른 발 앞에 띄어서 놓을 수 있다.
- 2점 30초 동안 유지가 가능하며 독립적으로 작은 보폭으로 발 놓기를 할 수 있다.
- 1점 15초간 유지가 가능하나 발 놓을 때 도움이 필요하다.
- 0점 발 놓기 및 서 있는 동안 균형을 잃는다.

14. 한 발로 서 있기

<지시: 잡지 말고 가능한 한 오래 한 발로 서보세요.>

- 4점 독립적으로 10초 이상 유지하며 한 발 서기를 할 수 있다.
- 3점 독립적으로 5~10초 유지하며 한 발 서기를 할 수 있다.
- 2점 독립적으로 3초 또는 그 이상의 시간을 유지하며 한 발 서기를 할 수 있다.
- 1점 3초 동안 한 발 서기를 유지할 수 없지만 독립적으로 서 있을 수 있다.
- 0점 넘어짐을 방지하기 위해 도움이 필요하며 서 있을 수 없다.

() 합계 점수 (최대=56)

<Appendix 3>

The Motricity Index for Motor Impairment After Stroke

Overview: The Motricity Index can be used to assess the motor impairment in a patient who has had a stroke.

Tests for Each Arm:

(1) pinch grip: using a 2.5 cm cube between the thumb and forefinger

- 19 points are given if able to grip cube but not hold it against gravity
- 22 points are given if able to hold cube against gravity but not against a weak pull
- 26 points are given if able to hold the cube against a weak pull but strength is weaker than normal

(2) elbow flexion from 90° so that the arm touches the shoulder

- 14 points are given if movement is seen with the elbow out and the arm horizontal

(3) shoulder abduction moving the flexed elbow from off the chest

- 19 points are given when the shoulder is abducted to more than 90° beyond the horizontal against gravity but not against resistance

Tests for Each Leg:

(1) ankle dorsiflexion with foot in a plantar flexed position

- 14 points are given if there is less than a full range of dorsiflexion

(2) knee extension with the foot unsupported and the knee at 90°

- 14 points are given for less than 50% of full extension
- 19 points are given for full extension yet it can be easily pushed down

(3) hip flexion with the hip bent at 90° moving the knee towards the chin

- 14 points are given if there is less than a full range of passive motion
- 19 points are given if the hip is fully flexed yet it can be easily pushed down

MRC Grade	MRC Score	Points for Pinch Grip	Points for Other Tests
no movement	0	0	0
palpable flicker but no movement	1	11	9
movement but not against gravity	2	19	14
movement against gravity	3	22	19
movement against resistance	4	26	25
normal	5	33	33

arm score for each side = SUM(points for the 3 arm tests) + 1

leg score for each side = SUM(points for the 3 leg tests) + 1

side score for each side = ((arm score for side) + (leg score for side)) / 2

Interpretation:

- minimum score: 0
- maximum score: 100