

## 16주간의 복합운동이 파킨슨병 환자의 혈중 도파민 농도, 기능적 체력 및 삶의 질에 미치는 영향

김도연<sup>1</sup> · 박찬호<sup>2</sup> · 김지선<sup>3</sup> · 천지언<sup>4,†</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 체육교육과, 교수

<sup>2</sup>동의대학교 레저스포츠태권도학부, 교수

<sup>3</sup>중원대학교 스포츠산업전공, 교수

<sup>4</sup>동의대학교 레저스포츠태권도학부, 강사

(2021년 8월 2일 접수: 2021년 8월 30일 수정: 2021년 8월 30일 채택)

## Effects of 16-week Combined Exercise on Blood Dopamine Concentrations, Functional Fitness and Qol in Patients with Parkinson's Disease

Do-Yeon Kim<sup>1</sup> · Chan-Ho Park<sup>2</sup> · Ji-Sun Kim<sup>3</sup> · Ji-Un Cheon<sup>4,†</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

<sup>2</sup>Division of Leisure Sports & Taekwondo, Dong-Eui University, Busan, Korea

<sup>3</sup>Department of Sports Industry, Jungwon University, Chungbuk, Korea

<sup>4</sup>Division of Leisure Sports & Taekwondo, Dong-Eui University, Busan, Korea

(Received August 2, 2021; Revised August 30, 2021; Accepted August 30, 2021)

**요약** : 본 연구의 목적은 파킨슨병 환자를 대상으로 16주간 복합운동을 수행하였을 때 혈중 도파민 농도, 기능적 체력 및 삶의 질에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하는데 있다. 이를 위해 본 연구에 참여한 60대 이상의 파킨슨병 환자 24명을 운동군(n=12)과 통제군(n=12)으로 분류한 후 운동군을 대상으로 16주 동안 주 2회, 회기 당 70분의 복합운동을 실시하였다. 복합운동 실시 전·후 항목별 차의 비교를 위해 그룹 내 차이는 대응 t 검정, 그룹 간 차이는 독립 t 검정, 상호작용 검증을 위해 이원 반복측정 분산분석을 사용하였으며, 각 항목별 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다. 그 결과 첫째, 도파민 농도는 운동군(p<.01)이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고, 통제군의 경우 유의한 차이가 나타나지 않았다. 둘째, 기능적 체력에서 악력은 운동군(p<.001)과 통제군(p<.05) 모두 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고, 텀벨들기(p<.001), 의자 일었다 앉기(p<.001), 3m 걸어갔다 돌아오기(p<.01)가 16주간 운동 전보다 운동 후 운동군에서 유의한 차이를 보였고, 통제군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 셋째, 삶의 질은 운동군(p<.001)이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 16주간의 복합운동은 파킨슨병 환자에게 매우 효과적임을 알 수 있었으며, 도파민 농도를 증가시키고 근력, 근지구력, 평형성 및 보행능력 등 기능적 체력과 삶의 질을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다고 사료된다.

**주제어** : 복합운동, 파킨슨병, 도파민, 기능적 체력, 삶의 질

†Corresponding author

(E-mail: nanyeon@hanmail.net)

**Abstract :** The purpose of the study was to examine the effects of the 16-week combined exercise on the blood dopamine concentrations, functional fitness and QOL in patients with parkinson's disease. To this end, 24 persons parkinson's disease in over 60 years old who participated in this study were classified in to the exercise group(n=12) and control group(n=12), and then the exercise group was twice a week for 16-weeks, 70 min per session combined exercise was applied. The test data were analyzed by two-way repeated measures ANOVA, paired t-test, and independent t-test. The alpha level of .05 of significance. As a result, first, parkinson's disease who regularly participated in the combined exercise significantly increased blood dopamine concentrations( $p < .001$ ). Second, parkinson's disease who regularly participated in the combined exercise significantly improved grip strength( $p < .001$ ), arm curl( $p < .001$ ), stand up and sit down a chair( $p < .001$ ), 3m walk and come back( $p < .01$ ). Third, parkinson's disease who regularly participated in the combined exercise significantly improved QOL( $p < .001$ ). Thus, the combined exercise had the positive effects and may be helpful to increased the blood dopamine concentration and improved functional fitness and QOL.

*Keywords :* combine exercise, parkinson's disease, dopamine, functional fitness, qol

## 1. 서론

파킨슨병(Parkinson's disease)은 중추신경계의 퇴행성 질환(degenerative disease) 중 알츠하이머병(Alzheimer's disease) 다음으로 호발하는 진행성 질환으로, 유병률은 10만명 당 100~200명 정도이고, 65세 이상에서는 약 2%가 파킨슨병을 앓고 있으며, 나이가 많아짐에 따라 발병률이 증가하는 경향을 보여 향후 파킨슨병 환자가 계속 늘어날 것으로 예상된다[1-3].

파킨슨병은 대뇌 기저핵의 신경전달물질인 도파민의 분비 저하로 인해 발생하며, 그 원인은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않고 있다[4]. 도파민은 청년기에서 노년기로 접어들면서 자연적으로 감소하고, 흑질(substantia nigra) 내 도파민 신경세포는 65세가 되면 평균 35% 정도가 감소한다[5]. 하지만 파킨슨병의 운동증상은 80% 이상의 도파민 신경세포가 감소되었을 때 나타나므로[6], 파킨슨병을 진단받기 10~20년 전부터 파킨슨병이 진행되었음을 알 수 있다[7].

도파민의 감소는 운동, 학습, 집중 등의 여러 가지 장애를 초래하며[8], 임상적 특징으로 떨림(tremor), 경직(rigidity), 강직(stiffness), 운동완서(bradykinesia), 자세불안정(postural instability), 보행장애 및 보행동결(freezing) 등의 증상이 주요한 특징이다[9-11]. 또한 이 특징 중 두 가지 이상의 증상이 관찰되거나 그 중 적어도 하나는 안정 시 진전이거나 운동완서일 때 명확한 파킨

슨병으로 진단할 수 있다.

파킨슨병 환자들은 운동기능 저하와 약물치료에 따른 부작용으로 인해 일상생활 활동을 하기가 어렵고 사실상 완치가 불가능하므로 치료의 초점이 질병의 억제나 증상의 완화에 두고 있다[12-13]. 특히 파킨슨병 환자는 운동기능 장애가 주증상이므로 약물요법과 함께 운동요법이 치료의 기본으로 알려져 있고, 무엇보다 중요한 것은 환자의 장애를 최소화시키고 독립적인 삶을 영위할 수 있도록 하여 삶의 질을 향상시킬 수 있도록 하는 것이기 때문에 파킨슨병 환자에게는 운동요법이 반드시 필요한 치료방법의 하나이다.

파킨슨병 환자에게 있어서 적당한 운동은 도파민 수준의 증가를 가져오며[14], 신체기능을 향상시키고 운동장애를 개선시키는데 매우 효과적이다[15-18]. 또한 운동요법은 심폐기능, 근력, 운동 개시, 일상생활능력, 보행능력 및 삶의 질을 향상시킬 수 있으며[19-22], 규칙적인 운동참여는 신체적 효과뿐만 아니라 인지적 기능을 향상시키는데 매우 효과적임이 입증되었다[23].

그러나 파킨슨병 환자들은 기능적 움직임, 기능적 체력, 인지능력 및 삶의 질 등에 대한 개인차가 크고 일반인과는 다르게 기본적인 운동강도에 따른 프로그램을 시행하는데 어려움이 많으며[24-26], 운동프로그램을 실시할 때 그 상황에 맞게 변화시켜야 할 필요성이 있어 정확한 운동강도에 대한 가이드라인을 제시하는 데는 많은 어려움이 있다[27-28].

파킨슨병 환자는 신체적으로 불편할 뿐만 아니라 인지기능장애, 정서장애 그리고 수면장애 등이 흔히 나타나므로 전 단계에 걸쳐 삶의 질에 부정적인 영향을 미치며 우울증의 유병률도 높다고 보고되고 있다[29]. 특히, 떨림, 경직, 구부정한 자세, 굳어지는 얼굴 등의 증상으로 인해 대인관계에서 열등감을 가지게 되며, 일상생활에서의 의존도가 높아지면서 자책감이나 슬픔, 감정의 기복이 심하게 된다. 이러한 우울이나 정서적인 문제는 신체적 활동을 축소시키는 요소가 되기 때문에 파킨슨병 환자에게 더 많은 영향을 미친다[30].

이러한 파킨슨병 환자의 운동장애 및 비운동장애에 도움이 되도록 운동을 하는 것은 신체적 독립성을 향상시키고 일상생활에서의 불편함과 불안감, 열등감 등으로 발생하는 우울 등을 예방한다[31]. 또한 운동에 대해 적극성을 가지기 위해서는 개인적으로 운동을 하는 것 보다는 그룹운동에 참여하는 것이 좋으며, 날씨가 좋지 않아 이동이 불편한 경우 활동하기를 기피하는 경향이 있으므로 영상을 통한 비대면 수업으로 운동프로그램에 적극적으로 참여할 수 있도록 다양한 방법을 제시하여 동기부여를 주는 것도 중요하다고 생각된다.

파킨슨병 환자를 위한 운동프로그램은 유연성, 이완운동 뿐만 아니라 유산소운동, 근력운동, 평형성 및 보행능력을 향상시킬 수 있도록 구성되어야 하며[32], 특히 파킨슨 환자들은 낙상위험에 일반인들 보다 많이 노출되어 있어 균형능력 향상을 목적으로 하는 운동이 파킨슨 환자들에게 매우 효과적일 것으로 기대된다. 그러나 기존 선행연구에서는 파킨슨 환자를 대상으로 한 연구들이 단일 운동만을 적용한 경우가 대다수였으며, 유산소운동과 저항성 운동으로 구성된 복합운동을 적용한 경우는 매우 제한적인 상황이다.

이에 본 연구는 파킨슨병 환자들을 대상으로 근력, 근지구력, 유연성, 평형성 등의 기능적 체력을 위한 복합운동 프로그램을 실시하여 파킨슨병 환자의 혈중 도파민 농도, 기능적 체력 및 삶의 질에 미치는 영향을 규명하고 파킨슨병 환자를 위한 적절한 운동프로그램의 자료를 활용할 수 있도록 하는데 있다. 나아가 파킨슨병 환자들을 이 운동을 생활의 한 부분으로 즐겁고 안전하게 실시할 수 있도록 하여 자립적이고 활동적인 생활을 유지하고 삶의 질을 향상 시키고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상

본 연구는 B광역시 파킨슨협회에서 파킨슨병으로 진단된 환자 중 H&Y 2~3단계에 있는 파킨슨병 환자를 대상으로 하였고, 인지장애가 있는 환자는 제외하였다. P대학교 생명윤리위원회의 승인(PNU IRB/2019\_57\_HR)을 받았으며, 실험에 들어가기에 앞서 연구대상자들에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 전달하고 자발적 의사보인 자에 한하여 실험동의서를 받아 참여하도록 하였다. 본 연구는 60세 이상의 파킨슨병 환자를 대상으로 실험을 진행하였으며 대상자 수는 G-Power 3.1을 이용하여 effect size F=0.6에 의거 분석한 결과 total sample size는 총 24명으로 산출되었으나, 연구대상자의 중도 탈락 등의 원활한 연구 진행을 위하여 총 29명으로 구성되어 실시하였다. 그러나 본 연구의 수행과정에서 80% 이상 출석하지 않은 경우와 개인 사정으로 인한 중도 탈락자를 제외한 후, 운동군 12명과 통제군 12명으로 총 24명이 본 연구에 참여하였다. 연구기간 동안의 약물처방은 전문의에 의해 일정하게 유지한 상태에서 운동프로그램을 진행하였으며, 연구대상자의 일반적 특성은 <Table 1>과 같다.

### 2.2. 측정항목

본 연구의 혈중 도파민 농도, 기능적 체력 및 삶의 질의 검사는 운동군과 통제군 모두 복합운동 실시 전과 16주 후 안정시 총 2회에 걸쳐 실시하였다.

#### 2.2.1. 혈중 도파민 농도

신경전달물질인 도파민 분비수준을 검사하기 위하여 12시간 공복상태에서 혈액채취가 이루어질 수 있도록 하였다. 혈액채취는 1회용 주사기를 사용하여 1회 약 10ml씩 사전·사후 2회에 걸쳐 채취하였으며, 채취된 혈액은 EDTA 처리된 튜브에 넣고 5회 이상 흔들어서 섞은 후 20분 동안 3000rpm, 원심분리 하였다. 분리된 혈장을 microtube에 옮겨 냉동 보관 하였으며, HPLC System과 전기화학 검출기를 이용하여 분석을 실시하였다. 혈액검사의 구체적인 사항은 <Table 2>와 같다.

Table 1. The characteristics of subjects

Variables	Group		t	P
	Experimental( <i>n</i> =12)	Control( <i>n</i> =12)		
Age(years)	65.24±3.88	66.12±5.47	-.546	.592
Height(cm)	156.16±3.47	157.94±2.81	-.490	.630
Weight(kg)	61.18±5.08	62.40±3.56	-.662	.516
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	24.03±2.05	23.63±1.50	.497	.626
K-MMSE(point)	26.53±0.84	26.76±0.82	-.535	.600
H&Y(stage)	2.24±0.42	2.34±0.48	-.493	.628

Values are M±SD

Table 2. Measurement Item

Field	Factor	Equipment
Dopamine Concentrations	dopamine	Bio-Red, USA
Functional Fitness	grip strength	Dynamometer(TKK-5401)
	arm curl	dumbbell(2kg)
	stand up and sit down a chair	chair, stopwatch
	back stretch	tapeline
	chair sit and reach	chair, tapeline
QOL	3m walk and come back	cone, stopwatch
	Parkinson symptoms	QOL척도(Boer, 1996)
	systemic symptoms	
	emotional functioning	
social functioning		

### 2.2.2. 기능적 체력

파킨슨병 환자의 기능적 체력은 Gladwin, Rikli 그리고 Jones[33-34]의 측정항목을 참고로 하여 수정·보완하였다. 측정항목은 악력, 덤벨들기, 의자에서 일어섰다 앉기, 등 뒤에서 손잡기, 의자에서 윗몸 앞으로 굽히기, 3m 걸어갔다 돌아 오기를 측정하였다. 기능적 체력 검사의 구체적인 사항은 <Table 2>와 같다.

### 2.2.3 삶의 질

삶의 질 평가는 Hong[29]이 변안한 Bodr 등 [35]의 QOL(quality of life)을 인용하여 사용하였으며 QOL은 37개의 문항으로 구성된 자기보고형 질병 특이적 삶의 질 척도로서 파킨슨 증상(Parkinson symptoms, 14문항), 전진적 증상(systemic symptoms, 7문항), 감정적 기능(emotional functioning, 9문항), 사회적 기능(social functioning, 7문항)에 관한 하위구조로

구성 되어 있다. 각 문항은 1점에서 5점까지 채점되며 평가는 점수가 높을수록 나은 삶의 질을 의미한다. 삶의 질 검사의 구체적인 사항은 <Table 2>와 같다.

### 2.3. 운동프로그램

운동프로그램은 파킨슨병 환자에게 근력, 근지구력, 유연성, 평형성을 개선하고 강화시킬 수 있도록 Best-Martion, Page 그리고 Sung[31, 36-37]을 참고로 하여 구성하였다. 파킨슨병 환자를 위하여 동작을 단순화하고 변형한 라인댄스 운동을 15분 실시하고, 근력강화를 위하여 탄력 밴드 운동을 40분 이어서 실시한다. 복합운동 프로그램은 총 16주간, 주 3회 실시하며, 파킨슨병 환자의 체력과 운동능력을 고려하여 쉽게 따라할 수 있도록 지도하였다. 본 연구에서 실시한 운동프로그램은 <Table 3>과 같다.

Table 3. An combine exercise program

Stage	Contents	Intensity /Duration	Note	
Warm-up (10min)	neck movement, shrug, shoulder turn, trunk rotation, lean body sideways, swing arm back and forth, wrist flex, grip and extend fist, pinch and spread fingers, play the piano, ankle stretch and bend, ankle turn, draw a circle knee, open and close the legs, sit and walk, recreation dance	RPE 9-11 10sec 2~3set		
	rhythmical movement - line dance and aerobics	RPE 11-13		
Main-exercise (55min)	bicep curl	RPE 11-13 10-15rep 2~3set	1-4week red(green)band (1kg-2kg)	
	triceps extension			
	shoulder lateral raise			
	trunk rotation			
	kinetic exercise	seated leg extension	RPE 11-13 20sec 2~3set	5-16week green(blue)band (2kg-3kg)
		seated leg press		
	statics exercise	seated calf raise	RPE 11-13 20sec 2~3set	
		chair squat		
		elbow flexion		
		elbow extension		
		shoulder adduction		
		shoulder abduction		
		hip flexion		
		hip extension		
hip adduction				
hip abduction				
Cool-down (5min)	· breathing	RPE 9-11 2~3set		
	· gait(forward, back, left, right, rotation)			
	· stretch(face, finger, tongue)			

## 2.4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS ver 23.0을 사용하여 측정항목에 대한 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출하고, 측정 변인들에 대한 그룹 및 측정 시기 간 상호작용을 검증하기 위하여 two-way repeated measures ANOVA를 실시하였다. 그룹 및 시기의 주효과 또는 그룹과 측정 시기 간 상호작용이 유의한 경우, 그룹 내 전·후의 차이는 paired t-test, 그룹 간 차이는 independent t-test로 분석하였고, 항목별 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1. 혈중 도파민 농도

파킨슨병 환자를 대상으로 16주간 복합운동 프로그램 후 운동군과 통제군의 혈중 도파민 농도에 대한 비교·분석 결과는 <Table 4>와 같다. 시기(p<.05)의 주효과와 상호작용 효과(p<.001)가 유의한 것으로 나타났고, 그룹 내 운동군에서 유의하게 증가하였으며(p<.001), 그룹 간 차이는 16주 후(p<.01), 변화값(p<.001)에서 운동군이 통제군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

Table 4. Changes in blood dopamine concentrations after 16-week combine exercise

Factor	Group	pre	post	$\Delta$	F	
Dopamine (pg/ml)	Exercise	3204.26±	5624.53±	2420.27±	Group	2.326
		2435.90	2701.51***	265.61		
	Control	3518.06±	2768.64±	-749.42±	Interaction	23.270***
		1813.73	1654.03##	159.70###		

Values are mean±SD, <sup>+</sup>p<.05, <sup>\*\*\*</sup>p<.001: significant main effect or interaction, <sup>##</sup>p<.01, <sup>###</sup>p<.001: significant difference between two groups, <sup>\*\*\*</sup>p<.001: significant difference between pre- and post- test

Table 5. Changes in functional fitness after 16-week combine exercise

Factor	Group	pre	post	$\Delta$	F	
grip strength (kg)	Exercise	27.83±6.30	30.45±6.14***	2.62±0.16	Group	1.167
	Control	26.87±6.44	25.79±6.70*	-1.08±0.26	Time	10.841 <sup>++</sup>
					Interaction	62.726***
arm curl (number)	Exercise	16.25±2.34	20.33±2.18***	4.08±0.16	Group	7.845 <sup>+</sup>
	Control	15.08±3.02	15.33±3.47##	0.25±0.45###	Time	46.621***
					Interaction	36.483***
stand up and sit down a chair (number)	Exercise	10.67±1.67	14.17±1.33***	3.50±0.34	Group	11.440 <sup>+</sup>
	Control	10.17±1.89	10.33±1.72##	0.16±0.17###	Time	61.907***
					Interaction	51.163***
back stretch (cm)	Exercise	-11.56±12.34	-9.69±12.56	1.87±0.22	Group	0.032
	Control	-15.59±8.43	-14.22±12.28	1.37±3.85	Time	1.022
					Interaction	4.080
sit and reach (cm)	Exercise	12.80±8.55	14.58±8.72	1.78±0.17	Group	0.122
	Control	12.53±5.28	13.82±5.58	1.29±0.30	Time	2.264
					Interaction	17.016
3m walk and come back (sec)	Exercise	9.03±1.72	6.87±1.73***	2.16±0.01	Group	1.167
	Control	9.16±2.00	8.99±2.54#	0.17±0.54###	Time	17.683***
					Interaction	12.731 <sup>++</sup>

Values are mean±SD, <sup>+</sup>p<.05, <sup>++</sup>p<.01, <sup>+++</sup>p<.001: significant main effect or interaction, <sup>#</sup>p<.05, <sup>##</sup>p<.01, <sup>###</sup>p<.001: significant difference between two groups, <sup>\*</sup>p<.05, <sup>\*\*\*</sup>p<.001: significant difference between pre- and post- test

### 3.2. 기능적 체력

파킨슨병 환자를 대상으로 16주간 복합운동 프로그램 후 운동군과 통제군의 기능적 체력에 대한 비교·분석 결과는 <Table 5>와 같다. 악력은 시기(p<.01)의 주효과와 상호작용 효과(p<.001)가 유의한 것으로 나타났고, 그룹 내 운동군에서 유의하게 증가하였으며(p<.001), 통제군에서 유의하게 감소하였다(p<.05). 그룹 간 차이와 변화값에

서는 유의한 차이가 없었다. 덤벨들기는 그룹(p<.05) 및 시기(p<.001)의 주효과와 상호작용 효과(p<.001)가 유의한 것으로 나타났고, 그룹 내 운동군에서 유의하게 증가하였으며(p<.001), 그룹 간 차이는 16주 후(p<.01), 변화값(p<.001)에서 운동군이 통제군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 의자에서 일어섰다 앉기는 그룹(p<.05) 및 시기(p<.001)의 주효과와 상호작용효과

Table 6. Changes in qol after 16-week combine exercise

Factor	Group	pre	post	△	F	
Qol (point)	Exercise	100.08±23.43	133.25±14.62 <sup>***</sup>	33.17±8.81	Group	0.811
	Control	109.25±35.04	104.67±33.57 <sup>***</sup>	-4.58±1.47 <sup>###</sup>	Time	14.927 <sup>++</sup>
					Interaction	26.037 <sup>+++</sup>

Values are mean±SD, <sup>++</sup>p<.01, <sup>+++</sup>p<.001: significant main effect or interaction, <sup>#</sup>p<.05, <sup>###</sup>p<.001: significant difference between two groups <sup>\*\*</sup>p<.01, <sup>\*\*\*</sup>p<.001: significant difference between pre- and post- test

(p<.001)가 유의한 것으로 나타났고, 그룹 내 운동군에서 유의하게 증가하였으며(p<.001), 그룹 간 차이는 16주 후(p<.01), 변화값(p<.001)에서 운동군이 통제군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 등 뒤에서 손잡기와 앉아 윗몸 앞으로 굽히기는 그룹, 시기, 상호작용 효과 모두 유의한 차이가 없었으며, 그룹 내 변화, 그룹 간 차이 및 변화값에서도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 3m 걸어갔다 돌아오기는 시기(p<.001)의 주효과와 상호작용 효과(p<.01)가 유의한 것으로 나타났고, 그룹 내 운동군에서 유의하게 증가하였으며(p<.001), 그룹 간 차이는 16주 후(p<.05), 변화값(p<.001)에서 운동군이 통제군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

### 3.3. 삶의 질

파킨슨병 환자를 대상으로 16주간 복합운동 프로그램 후 운동군과 통제군의 삶의 질에 대한 비교·분석 결과는 <Table 6>와 같다. 시기(p<.01)의 주효과와 상호작용 효과(p<.001)가 유의한 것으로 나타났고, 그룹 내 운동군에서 유의하게 증가하였으며(p<.001), 통제군에서 유의하게 감소하였다(p<.01). 그룹 간 차이는 16주 후(p<.05), 변화값(p<.001)에서 운동군이 통제군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

## 4. 논 의

### 4.1. 혈중 도파민 농도

도파민은 카테콜아민의 일종으로 신경전달물질인 에피네프린과 노르에피네프린 합성의 전구체이며, 시상하부에 있는 특정한 뉴런으로부터 혈관으로 방출되어 프로락틴 등 호르몬 분비를 조절하는 기능을 하여 뇌하수체로 전달되는 신경 전

달물질로 작용한다[38]. 또한 인간의 뇌에서 정신, 기억 및 운동기능에 영향을 주며 운동을 통해 신체적 자극이 발생하면 에너지 대사과 신체의 항상성을 유지시키고 기분의 상태를 변화시킬 수 있다[39]. 파킨슨병 환자의 도파민 수준은 일반인에 비해 보다 낮을 수 있고, 도파민의 낮은 수준은 신체적, 정신적 기능을 저하시키므로 도파민 농도의 수준을 높이고 다양한 방법을 이용하여 관리하는 것이 파킨슨병 환자에게 있어 매우 중요하다. 복합운동을 통해 파킨슨병 환자의 혈중 도파민 농도의 변화를 알아보기 위해 실시된 본 연구에서는 그룹 내 운동군에서 사전과 비교하였을 때 유의하게 증가하였으며(p<.001), 그룹 간 차이는 운동군이 통제군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다(p<.001). 도파민과 관련한 연구에 의하면 뇌신경 질환을 유발한 쥐에서 뇌 도파민이 결핍되었지만 지속적 운동은 뇌 도파민 합성과 혈중 도파민 농도가 증가하였다고 하였고[40], Haass 등[41-43]의 연구에서도 운동은 도파민 농도의 증가를 야기하여 퇴행성 뇌신경 질환을 호전시킬 수 있다고 하여 본 연구의 운동프로그램 구성에 대해 뒷받침하고 있다. 그러나 파킨슨병 환자에게 있어 도파민과 같은 신경전달물질은 작은 변화에도 민감하게 반응하기 때문에 개인의 심리상태나 환경 요인, 약물복용, 운동의 강도나 시간 등 여러 문제가 발생할 수 있어 각각 다른 결과를 나타내는 것으로 생각된다. 따라서 좀 더 명확한 효과를 알아보기 위해서는 운동기간을 길게 설정하고 다양한 연령대의 대상자 그리고 운동 강도와 유형 등을 달리한 연구가 다각적으로 이루어져야 할 필요가 있으며, 특히 혈중 도파민 농도는 약물복용의 유·무와 관련하여 측정 결과에 대한 오차가 크게 나타날 수 있으므로 혈액 검사 전 약물복용 중재에 대해 각별한 주의가 있어야만 정확한 결과를 도출해 낼 수 있을 것으로 사

료된다.

#### 4.2. 기능적 체력

파킨슨병 환자에 있어 기능적 체력이란 일상생활을 독립적으로 영위하는데 도움이 되는 체력뿐만 아니라 운동증상인 경직이나 떨림, 가동능력의 저하, 자세의 불안정성 및 이동, 보행능력, 운동완서 등을 개선시키기 위하여 필요한 근력, 근지구력, 유연성, 평형성, 협응성 등이라 할 수 있다[43]. 기능적 체력의 항목 중 상지의 근력/근지구력은 일상생활에서 수저질하기, 글쓰기, 옷입기 등과 관련이 있으며, 선행연구에서도 아령들기와 H&Y, 삶의 질의 상관이 높다고 보고하였다[31]. 하지의 근력/근지구력은 신체의 추진력과 몸의 평형을 유지하는데 가장 기초가 되며[44], 파킨슨병의 보행 장애와 자세 불안정과 관련해서 독립된 보행을 위해 필요한 체력이다[31]. 또한 일상생활에서 개인위생이나 화장실 사용, 시장보기 등 원활하게 이동하기 위해서는 하체 근력/근지구력을 증진시키는 것이 권장된다고 보고하였다[43].

본 연구에서 기능적 체력 항목 중 상체의 근력/근지구력을 측정하기 위한 악력검사와 덤벨들기는 사전과 비교하여 운동군에서 각각 평균 2.62kg와 4.08회 증가하였고, 하체의 근력/근지구력을 측정하기 위한 의자에서 일어섰다 앉기는 3.50회 증가한 것으로 나타났다. 반면 통제군에서는 악력검사와 덤벨들기에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 이와 같은 연구결과는 탄력밴드를 이용한 저항운동을 12주간 주 3회 실시하여 파킨슨병 환자의 근력이 향상되었다는 Sung과 Yang[32]의 연구와 파킨슨병 환자를 대상으로 10주간 주 3회 복합운동을 실시하여 근력이 증가한 Mark 등[45]의 연구 그리고 파킨슨병 환자를 근력 운동군과 균형 운동군으로 나누어 주 3회, 12주 동안 운동프로그램을 실시한 결과 두 그룹 모두 상·하체 근력/근지구력이 증가한 연구에서도 매우 유사한 결과를 나타낸다. 본 연구에서도 장애의 위치에 따라 약간의 차이는 있었지만 상체 및 하체의 근력/근지구력이 향상되었는데 이는 탄력밴드를 이용한 근력운동이 영향을 미친 것으로 생각된다. 탄력밴드 운동 시 자극이 되는 부위를 정확하게 인지할 수 있도록 피드백 하였으며 운동하는 도중에 포기하지 않도록 하기 위해서 구령과 박자를 붙임으로 대상자들에게 도움이 되고자 하였다. 또한 정적운동을 실시하여 떨림의 정도를 줄이는데 영향을 주었으며, 16주 동안 탄

력밴드를 잡고 운동하므로 해서 무엇보다도 일상생활에서 필요한 활동에서 제한성을 크게 느끼게 되는 손의 동작에 도움을 줄 수 있었다.

유연성은 가동범위를 통해 관절을 움직일 수 있는 능력인데, 강직과 같은 파킨슨병의 운동장애와 관련해 유연성 운동의 필요성이 제기된다[46]. 등 뒤에서 손잡기는 상체 유연성을, 윗몸 앞으로 굽히기는 하체 유연성을 각각 평가하기 위해 실시한다.

본 연구에서 두 집단 모두 상·하체 유연성 향상은 있었으나, 집단 간 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 운동프로그램의 구성이 근력 및 균형운동으로 유연성 향상을 위한 운동보다는 근력과 자세의 중심이동 및 보행능력과 같은 다른 운동 시간이 많았고, 파킨슨병 환자의 특성상 강직과 떨림 또는 편측 능력 장애로 인해 운동전과 후의 유연성 차이에 크게 영향을 주지 않았다. Sung과 Yang[32]의 연구에서 파킨슨병 환자를 대상으로 복합운동(밴드운동, 포크댄스)을 12주간, 주 3회 실시하여 기능적 체력 중 하체 유연성에서 차이가 나지 않았고, Chae와 Yang[47]의 연구에서도 근력 운동군과 균형 운동군으로 나누어 복합운동(태극권, 포크댄스)을 12주간, 주 3회 실시하여 상·하체 유연성 모두 유의한 차이가 나지 않아 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

근지구력 향상과 더불어 평형성은 운동군에서 사전과 비교하여 향상 되었으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < .001$ ). 이는 파킨슨병 환자를 대상으로 평형성 운동을 적용한 선행연구들[45, 48-49]의 결과와도 동일하다.

본 연구에서는 단순하게 라인댄스 동작을 변형한 스텝 연습으로 평형성과 보행능력에 도움이 되었으며, 운동프로그램이 동작의 전환이나 스텝의 부드러운 연결로 구성되어 평형성 향상에 영향을 줄 수 있었던 것으로 생각된다. 그러나 안정시 뿐만 아니라 운동시에서 떨림이 심하고 강직이 있는 환자의 경우 스스로 컨트롤하기가 힘들 수 있으므로 운동프로그램 시 증상이 심한 경우는 의자에 앉아서 발만 실시하는 것이 도움이 되며, 이러한 증상들이 심할 때에 도움을 줄 수 있는 운동치료에 대한 연구가 차후 더 필요할 것이라 사료된다.

#### 4.3. 삶의 질

파킨슨병 환자의 삶의 질에 가장 큰 영향을 미치는 인자가 우울증이라 하였으며[29], 이러한 우

을 증상은 일상생활에서의 불편함과 불안감, 열등감 등이 원인으로 운동프로그램을 실시할 때 단지 신체적 능력만 향상시키는 것이 아니라 사회적, 정신적 영역까지 고려되어야 할 것이다 [50]. Micheal과 Ray[51]는 파킨슨병 환자의 25~40%가 우울증을 가지고 있으며, 파킨슨병 환자의 우울 증상을 나타내는 것으로 피로, 에너지 감소, 기분 침체, 수면장애, 보잘 것 없다는 느낌, 기억력 장애, 죽음에 대한 생각 등 감정적인 부분에 빠져들어 우울증이 많이 발생된다고 하였으며, 삶의 질과도 깊은 관계가 있다고 보고하였다.

Jeon 등[52-53]의 보고에 의하면 각각 태극권 수련과 건강운동체조를 통해 정서적인 안녕감이 높아지고, 심리적 고통, 피로감과 같은 부정적 정서가 낮아졌고, 우울 증상 또한 감소하였다고 보고하였으며, Baatile 등[54]은 6명의 파킨슨병 환자에게 운동프로그램 후 기능적 독립이 삶의 질을 향상시킨다고 하였다. 또한 Cees 등[55-56]은 그룹 운동치료가 대인관계의 친숙도를 높이고 사회통합기능을 가지게 하여 삶의 질에 긍정적인 영향을 주었다고 보고하였다.

본 연구에서도 복합운동프로그램 후 삶의 질은 운동군에서 사전과 비교하여 향상 되었으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < .001$ ). 이는 프로그램 내용이 즐거운 음악에 맞추어 스텝 동작을 하는 라인댄스로 구성되어 있고, 그룹운동을 통해 친밀도를 높여 대인관계 형성을 좋게하므로 사회적 기능 향상에 영향을 미친 것으로 보인다. 무엇보다도 다양한 증상을 가진 사람들을 만나서 함께 운동하게 됨으로써 공감대가 형성되고 서로를 의지하며 마음을 여는 계기가 만들어져 파킨슨병 환자의 삶의 질이 향상된 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 파킨슨병 환자를 대상으로 16주간의 복합운동프로그램 중재가 혈중 도파민 농도, 기능적 체력, 삶의 질에 미치는 영향을 규명하는데 있으며, 이를 위해 파킨슨병 환자 24명을 운동군 12명, 통제군 12명으로 분류하고 16주간 회당 70분씩, 주 3회 실시하여 측정된 자료를 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

혈중 도파민 농도의 변화에서 운동군이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고, 통제군의 경우 유의한 변화가 없었다. 기능적 체력에

서 악력은 운동군이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고 통제군은 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 덤벨들기는 운동군이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고, 통제군의 경우 유의한 변화가 없었다. 의자에서 일어섰다 앉기는 운동군이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 증가하였고, 통제군의 경우 유의한 변화가 나타나지 않았다. 등 뒤에서 손잡기와 앉아 윗몸 앞으로 굽히기는 16주간 운동 전보다 운동 후 운동군과 통제군 모두 증가하였으나 유의한 변화는 없었다. 3m 걸어갔다 돌아오기는 운동군이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 향상되었고, 통제군의 경우 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다. 삶의 질의 변화에서 운동군이 16주간 운동 전보다 운동 후 유의하게 향상되었고, 통제군의 경우 유의하게 감소하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 16주간의 복합운동 프로그램은 파킨슨병 환자의 혈중 도파민 농도를 증가시키는 한편 기능적 체력 향상을 가져오므로써 그들의 사회적 기능 향상을 통하여 삶의 질을 높이는데 도움이 될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 2018년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018S1A5B5A07073152)

## References

1. M. Trail, E. Pratas, E. C. Lai, "Neurorehabilitation in Parkinson's disease: Anevidence-based treatment model", The orfare, New Jersey: SLACK Inc. (2008).
2. K. J. Lee, I. J. Rhyu, "Effects of Exercise on Structural and Functional Changes in the Aging Brain", *Journal of korea medication association*, Vol.52, No.9, pp. 907-919, (2009).
3. *Health Insurance Review & Assessment Service*, [www.hira.or.kr](http://www.hira.or.kr), (accessed Jul., 8, 2014).
4. J. H. Kim, C. H. Won, "Analysis of Information Processing on Akinesia in

- Patients with Parkinson's Disease", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.43, No.4, pp. 171-181, (2009).
5. J. U. Kim, G. U. Ghang, S. C. Bae, "The Review of Parkinson's Disease(PD) for Physical Therapist", *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy*, Vol.8, No.2, pp. 73-87, (2002).
  6. S. A. Offen, B. Shtatif, D. Hadad, A. Weizman, E. Melamed, I. Gil-Ad, "Protective effect of insulin-like growth-factor-1 against dopamine-induced neurotoxicity in human and rodent neuronal cultures: Possible implications for Parkinson's disease", *Neuroscience Letters*, Vol.316, No.3, pp. 73-87, (2002).
  7. C. Missale, S. R. Nash, S. W. Robinson, M. Jaber, M. G. Caron, "Dopamine receptors: from structure to function", *Physiological Reviews*, Vol.78, No.1, pp. 190-225, (1998).
  8. J. Obeso, M. C. Rodriguez-Oroz, B. Benitez-Temino, "Functional organization of the basal ganglia: therapeutic implications for Parkinson's disease", *Movement Disorders*, Vol.23, No.3, pp. 548-889, (2008).
  9. Nakamura, "Ambulatory motor activity monitoring of Parkinson's disease", *International Medicine*, Vol.43, No.8, pp. 645, (2004).
  10. N. Vaseman, "Parkinson's disease and osteoporosis", *Journal of Joint Bone spine*, Vol.72, 484-468, (2005).
  11. A. Galvan, T. Wchmann, "Pathophysiology of parkinsonism. Clinical neurophysiology", *Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, Vol.119, No.7, pp. 1459-1474, (2008).
  12. S. K. Hong, K. W. Park, J. K. Cha, S. H. Kim, D. Y. Chun, C. K. Yang, J. W. Kim, "Quality of Life in Patients with Parkinson's Disease", *Journal of the Korean Neurological Association*, Vol.20, No.3, pp. 227-233, (2002).
  13. J. H. Bower, D. H. Maraganore, S. K. Mcdonnell, W. A. Rocca, "Incidence an distribution of parkinsonism in Olmsted Country", *Neurology*, Vol.52, 1214-1220, (1999).
  14. A. M. Crizzle, I. J. Newhouse, "Is physical exercise beneficial for persons with Parkinson's disease?", *Clinical Journal of Sport Medicine*, Vol.16, No.5, pp. 422-425, (2006).
  15. V. A. Goodwin, S. H. Richards, R. S. Taylor, A. H. Taylor, J. L. Campbell, "The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis", *Movement Disorders*, Vol.23, No.5, pp. 631-640, (2008).
  16. K. Y. Sohng, J. S. Moon, K. S. Lee, D. W. Choi, "The Development and Effect of a Tailored Exercise Program on Physical Fitness in Patients with Parkinson's Disease", *Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing*, Vol.13, No.3, pp. 390-400, (2008).
  17. C. J. T. Goede, S. H. J. Keus, G. Kwakkel, R. C. Wagenaar, "The effect of physical therapy in Parkinson's disease. A research synthesis", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.82, pp. 509-515, (2001).
  18. S. H. Keus, B. R. Bloem, J. J. A. Ashbumb, M. Munneke, "Effectiveness of Physiotherapy in Parkinson's disease: The feasibility of a randomized controlled trial", *Parkinsonism and Related Disorders*, Vol.13, pp. 115-121, (2007).
  19. K. Bishop-Lindsay, C. J. Hass, S. L. Wolf, M. J. Haber, A. Bush, J. L. Juncos, "The Relationship of heart rate and perceived exertion is altered by severity of Parkinson's disease", *The American College of Sports Medicine*, Vol.35, No.1, pp. 1976-1990, (2003).
  20. B. M. Haas, M. Trew, P. C. Castle, "Effects of respiratory muscle weakness on daily living function, quality of life, activity levels, and exercise capacity in mild to moderate Parkinson's disease",

- American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.83, 601-607, (2004).
21. L. Shel, B. Peggy, P. Monica, "A strenuous exercise program benefits patients with mild to moderate Parkinson's disease", *Clinical exercise physiology*, Vol.2, No.1, pp. 43-48, (2000).
  22. L. Tom, R. Stafford, "Parkinson's disease: Functional concerns and therapeutic considerations", *Clinical Exercise Physiology*, Vol.2, No.4, pp. 176-184, (2000).
  23. R. J. Uitti, "Treatment of Parkinson's disease: Focus on quality of life issues. Parkinson's disease and osteoporosis", *Journal of Joint Bone Spine*, Vol.72, 484-488, (2012).
  24. M. Plotnik, N. Giladi, J. M. Hansdorff, "Bilateral coordination of walking and freezing of gait in Parkinson's disease", *European Journal of Neuroscience*, Vol.27, 1999-2006, (2008).
  25. E. Pelosin, L. Avanzino, M. Bove, P. Stramesi, A. Nieuwboer, G. Abbruzzese, "Action Observation Improves Freezing of Gait in Patients with Parkinson's Disease", *Journal of Neurorehabilitation and Neural Repair*, Vol.24, No.8, pp. 746-752, (2010).
  26. A. D. Speelman, B. P. Warrenburg, M. Nimwegen, G. M. Petzinger, M. Munneke, B. R. Bloem, "How might physical activity benefit patients with Parkinson disease?", *Nature Reviews Neurology*, Vol.7, 528-534, (2011).
  27. J. L. Durstine, G. E. Moore, P. L. Painter, S. O. Roberts, "ACSM's Exercise Management for Persons with Chronic Disease and Disabilities Third Edition", *Activity, Adaptation & Aging*, Vol.36, No.2, pp. 182-183, (2012).
  28. W. R. Thompson, N. F. Gordon, L. S. Pescatello, "ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription ,Eighth edition", *ACSMS Health and Fitness Journal*, Vol.13, No.4, pp. 23-26, (2009).
  29. S. K. Hong, "Quality of Line in Patients with Parkinson's Disease", Dong-A University, (2001).
  30. A. Schrag, M. Jahkshaji, N. P. Quinn, "What contributes to depression in Parkinson's disease?", *Psychol. Med*, Vol.31, No.1, pp. 65-73, (2001).
  31. H. R. Sung, "Effects Combined Exercise Program on UPDRS, Functional Fitness and QOL in Patients with Parkinson's Disease", Pusan National University, (2005).
  32. H. R. Sung, J. H. Yang, "Effect of Combined Exercise Program on UPDRS, Functional Fitness, and QOL in Patients with Parkinson's Disease", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.44, No.6, pp. 1161-1174, (2005).
  33. L. A. Gladwin, "Parkinson's disease and exercise", *American Fitness*, Vol.17, No.3, pp. 52-57, (1999).
  34. R. E. Rikli, C. J. Jones, "Senior fitness test manual", IL: Human Kinetics, (2001).
  35. A. G. de Bodr, W. Wihker, J. D. Speelman, J. C. de Haes, "Quality of life in patients with Parkinson's disease: development of a questionnaire", *Journal of Neurology Psychiatry*, Vol.61, No.1, pp. 70-74, (1996).
  36. E. Best-Martion, D. K. Botenhangen, "Exercise of frail elderly", IL: Human Kinetics, (2003).
  37. P. Page, T. Emmenbecker, "The scientific and clinical application of elastic resistance", IL: Human Kinetics, (2003).
  38. J. O. Bae, "The Effect of Dance Therapy on the Changes of Social Adaptive Behavior & Neurotransmitters to the Mental Retarded", Han-Yang University, (2002).
  39. R. M. Karlsson, A. Hlomes, "Galanin as a modulator of anxiety and depression and a therapeutic target for affective disease", *Amino Acids*, Vol.31, No.3, pp. 231-239, (2006).
  40. D. Sutoo, K. Akiyama, "Regulation of

- brain function by exercise", *Neurobiology of Disease*, Vol.13, pp. 1-14, (2002).
41. B. M. Haass, M. Trew, P. C. Castle, "Effects of respiratory muscle weakness on daily living function, quality of life, activity levels, and exercise capacity in mild to moderate Parkinson's disease", *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.83, pp. 601-607, (2004).
  42. J. Ll Tillerson, W. M. Gaudle, M. E. Reveron, G. W. Miller, "Exercise induces behavioral recovery and attenuates neurochemical deficits in rodent of Parkinson's disease", *Neuroscience*, Vol.119, pp. 899-911, (2003).
  43. S. Tom, R. Stafford, "Parkinson's disease: Functional concerns and therapeutic considerations" *Clinical Exercise Physiology*, Vol.2, No.4, pp. 176-184, (2000).
  44. Y. M. Na, "*Sports Medicine: Injury & Rehabilitation*", Seoul: Hanmi Medical Publishing, (2012).
  45. A. H. Mark, T. Tonya, G. M. Charles, A. R. Rebert, "The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.84, pp. 1109-1117, (2003).
  46. American College of Sports Medicine, "*Exercise Tests-Exercise Prescription Guidelines*", Seoul: Hanmi Medical Publishing, (2006).
  47. B. K. Chae, J. H. Yang, "Effect of Exercise Type on Functional Fitness and Fall in Women Patients with Parkinson's Disease", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.50, No.6, pp. 487-499, (2011).
  48. P. Kluding, P. Q. McGinnis, "Multidimensional exercise for people with Parkinson's disease: a case report", *Physiother Theory and Practice*, Vol.22, No.3, pp. 153-162, (2006).
  49. T. Toole, M. A. Hirsch, A. Forkink, D. A. Lehman, C. G. Maitland, "The effects of a balance and strength training program on equilibrium in Parkinsonism: A preliminary study", *Neuro Rehabilitation*, Vol.14, No.3, pp. 165-174, (2000).
  50. H. R. Sung, J. H. Yang, M. S. Kang, "Effect of Tai Chi Chuan exercise on UPDRS-ME, function fitness, BDI and Qol in patients with Parkinson's disease", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.45, No.6, pp. 583-590, (2006).
  51. S. O. Micheal, L. W. Ray, "Depression associated with Parkinson's disease: Clinical features and treatment", *Neurology*, Vol.58, pp. 63-70, (2002).
  52. M. Y. Jeon, E. S. Bark, E. G. Lee, J. S. Im, B. S. Jeong, E. S. Choe, "The Effects of Korean Traditional Dance Movement Program in Elderly Women", *Journal of Korean Academy of Nursing*, Vol.35, No.8, pp. 1268-1276, (2005).
  53. H. S. Kang, B. Y. Kim, M. J. Pak, Y. H. Sin, "The Effect of the Psychological Well-bing According to Taichichuan Training in Middle-aged Women" *Korea sport research*, Vol.16, No.2, pp. 869-875, (2005).
  54. J. Baatile, W. E. Langbein, F. Weaver, C. Maloney, M. B. Jost, "Effect of exercise on perceived quality of life of individuals with Parkinson's disease", *Journal Rehabil Res Dev*, Vol.37, pp. 529-534, (2000).
  55. J. T. Cees, P. T. Gorde, H. J. Samyra, P. T. Keus, K. Gert, C. W. Robert, "The effects of physical therapy in Parkinson's disease: A research synthesis", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.82, pp. 509-515, (2000).
  56. L. Reuter, M. Engelhardt, "Exercise training and Parkinson's disease", *Physician & Sports Medicine*, Vol.30, No.3, pp. 43-48, (2002).