

파킨슨환자의 보행 속도에 따른 보행 양상 변화

The change of gait pattern according to different walking speeds in a patient with Parkinson disease

오재건, 박기연, 정병준¹, 이일석, 최산호, 이상관, 성강경*

원광대학교 한의과대학 광주한방병원 심계내과학교실, ¹원광대학교 광주병원 양방재활과

Jaegun Oh, Kee-eon Park, Byongjun Jung¹, Ilsuk Lee, Sanho Choi, Sangkwan Lee, Kang-keyng Sung*

Department of internal medicine and neuroscience, College of Korean medicine, Wonkwang University

¹Department of Rehabilitation Medicine, Gwang-ju Waonkwang University hospital

■ **Objectives** The goal of this study was to observe the gait patterns from a patient with Parkinson disease under three different walking speeds.

■ **Methods** The patient walked on a treadmill and we measured gait parameters using a treadmill gait analysis system for 2 minutes. The Parkinson patients walked under three different conditions, first, at the preferred walking speed, second, at slower speed than the preferred walking speed, and, third, at faster speed than the preferred walking speed.

■ **Results** In terms of temporal gait parameters, as speed of treadmill increased, stance phase and total double support decreased, and swing phase increased. In terms of spatial parameters, as speed of treadmill increased, step and stride length increased. In terms of kinetic parameters, max pressure increased as speed of treadmill increased.

■ **Conclusion** According to different walking speeds, some gait parameters of spatiotemporal and kinetic was changed.

■ **Key words** Parkinson disease, Gait pattern, Treadmill gait analysis

□ 서론

인간의 움직임에 관여하는 신경은 추체로(pyramidal tract)와 추체외로(extrapyramidal tract)인데, 주요 운동신경 경로는 추체로(pyramidal tract)이고, 추체외로는 선조체(striatum)의 긴장성 도파

민성 신경(tonic dopamine innervations)에 따라 움직임을 촉진시키거나 억제시키는 역할을 한다¹⁾. 파킨슨병은 추체외로의 손상으로 인하여 발생하며, 뇌에서 신경전달 물질인 도파민 분비저하로 생기는 퇴행성 질환이다¹⁾. 도파민은 흑질(substantia nigra)에서 분비되는 신경 전달 물질인데, 대뇌 기저핵(basal ganglia)의 기능을 조절하고, 기저핵은 운동기능을 조절한다¹⁾. 따라서 도파민의 부족은 기저핵의 기능

* 교신저자: 성강경

전화: 062 670 6412, E-mail : sungkk@wonkwang.ac.kr

저하를 유발하고 운동기능의 장애를 초래한다¹⁾.

파킨슨 환자들은 운동완서(bradykinesia)와 보행이상 같은 운동 기능장애를 보인다^{2, 3)}. 특히 파킨슨 질환 초기에는 발을 지면에 끌면서 보행 속도가 감소하고, 한 걸음 길이가 짧아지며, 충분한 heel strike가 일어나지 않는다⁴⁾. 또한, 엉덩이, 무릎과 발목에서 충분하게 굴곡되지 않고, 양쪽 하지의 한 걸음 시간이 비대칭적이며⁴⁾, 보행 중에 적절한 상지 움직임이 감소하게 된다⁵⁾. 파킨슨 질환 후기에는 동작 시작의 지연과 freezing 현상을 동반하게 되는데, freezing은 일시적이고 비자발적인 움직임을 야기하게 된다⁶⁾.

이와 같이 파킨슨 환자의 보행의 외형적 특징에 대한 연구는 많으나, 파킨슨 환자 보행에 중요한 보행속도와 보행 분석을 통한 세분화된 변수들의 연관성을 파악한 연구는 많지 않다.

이에 본 연구는 파킨슨 환자의 선호 보행속도, 선호 보행 속도보다 느린 속도, 선호 보행 속도보다 빠른 속도에서 보행하는 중에 보이는 파킨슨 환자의 보행 특징을 조사하였다.

□ 재료 및 방법

1. 연구대상

2012년 9월에 안정 시 좌측 손 떨림(hand rest tremor), 좌측 상하지 무력감(Left limb weakness)을 자각하여, 거주지부근 대학병원 신경과에서 파킨슨 질환으로 진단받은 64세의 여성(박○○) 1명을 대상으로 하였다. 현재 치료약물로는 동일 신경과에서 양약(Table 1)을 처방 받아 복용 중이며, 기타 고

혈압, 당뇨병, 심장질환, 뇌졸중 등의 소견은 보이지 않았다.

2. 보행분석 방법

원광대학교 광주한방병원 시냅스뇌신경재활센터에 설치된 treadmill gait analysis system(Zebris Co.Ltd. FDM-T)을 활용하여 보행분석을 시행하였다. 속도에 따른 보행의 특성을 분석하기 위해 파킨슨 환자는 treadmill 위에서 속도가 다른 세가지 조건에서 2분간 보행을 하였다. 세 가지 서로 다른 보행속도 조건은 선호된 보행속도 조건, 선호된 보행속도보다 느린 속도 조건, 선호된 보행속도보다 빠른 속도 조건인데, 각각 3.0km/h, 2.5km/h, 3.5km/h 이었다. 보행분석 전에 트레드밀 보행에 충분히 적응하기 위해 다양한 속도에서 걸어보는 시간이 부여됐으며, 그 과정 중에 걷기에 가장 편하고 적합한 속도를 피험자 스스로 선택한 것이 선호된 보행속도(3.0km/h)이다.

보행 분석 관련 측정변수(Table 2)는 시간적 변수인 1분간 보행수, 입각기, 유각기, 양하지 지지기의 비율, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간, 최대힘 측정시간, 입각기 중 최대힘 측정시간 비율, 접촉시간, 입각기 중 접촉시간 비율, 발뒤꿈치에서 전족부까지 이동한 시간, 발뒤꿈치에서 전족부까지 이동한 시간 비율을 측정하였다. 또한 공간적 변수인 한 발짝 길이와 한 걸음 길이, 운동학적 변수인 최대힘과 최대압력을 측정하였다. 데이터는 0.05초마다 획득되었다.

보행 중 낙상을 대비하여 환자에게 탈부하 보행기(unloading walker)를 부착시켰으나, 보행에 방해되지 않게 탈부하 시키지는 않았다(Fig. 1).

Table 1. The List of Current Medication of a Subject with Parkinson Disease.

약물	복용법
마오비정(Mao-B Tab.)	하루 2회, 1정씩 복용
디아세렌캡슐(diacerhen cap.)	하루 2회, 1알씩 복용
유란탁정 75mg(urantac Tab 75mg)	하루 2회, 1정씩 복용
이모튼캡슐(lmotun cap.)	하루 1회, 1알씩 복용
모빅캡슐 7.5mg(Mobic cap. 7.5mg)	하루 1회, 1알씩 복용

Table 2. Measured Gait Related Parameters and Their Descriptions.

보행의 시간적 변수(Temporal gait parameter)	
1분간 보행수(cadence, step/min)	Step frequency
입각기(Stance phase, %)	The phase of a gait cycle in which the foot has contact with the ground
유각기(Swing phase, %)	The phase of a gait cycle during which the foot has no contact with the ground
양하지 지지기(Double support, %)	The phase of a gait cycle during which the feet has contact with the ground
한 발짝 시간(Step time, sec)	The phase within a gait cycle between the heel contact of one side of the body and the heel contact of the contralateral side
한 걸음 시간(Stride time, sec)	Time span of a stride
최대힘 측정시간(Max force time, sec)	Time of max force
입각기 중 최대힘 측정시간 비율(%)	The percentage of max force in stance phase
접촉시간(Contact time, sec)	The average contact time of the three zones, forefoot width, mid-foot and heel
입각기 중 접촉시간 비율(%)	The percentage of average contact time of the three zones, forefoot width, mid-foot and heel
발뒤꿈치에서 전족부까지 이동시간(sec)	Time of change heel to forefoot
발뒤꿈치에서 전족부까지 이동비율(%)	Percentage of change heel to forefoot
보행의 공간적 변수(Spatial parameter)	
한 발짝 길이(Step length, cm)	The distance between the heel contact of one side of the body and the heel contact of the contralateral side
한 걸음 길이(Stride length, cm)	The distance between two heel contacts on the same side of the body
운동학적 변수(Kinetic parameter)	
최대힘(Max force, N)	The average maximum values reached in Newton for the three zones: forefoot width, mid-foot and heel.
최대압력(max pressure, N/cm ²)	The average maximum values reached in N/cm ² for the three zones: forefoot width, mid-foot and heel.



Fig. 1. Treadmill gait analysis system and unloading walker.

□ 결과

1. 보행의 시간적인 변수(Temporal gait parameter)

보행과 관련된 시간적인 변수들로 1분간 보행수, 보행주기의 입각기와 유각기, 양하지 지지기, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간, 최대힘 측정시간, 입각기 중 최대힘 측정시간 비율, 접촉시간, 입각기 중 접촉시간 비율, 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간, 발뒤꿈치에서 전족부까지 이동시간 비율 등을 측정하였다.

트레드밀 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h 일

때, 1분간 보행수(step/min)는 각각 115.08 ± 2.60 , 129.47 ± 4.38 , 126.69 ± 3.12 , 좌측 하지 입각기(%)는 각각 63.75 ± 2.04 , 6.342 ± 2.13 , 61.75 ± 2.22 , 우측 하지 입각기(%)는 각각 65.95 ± 1.83 , 65.44 ± 2.32 , 63.38 ± 1.78 , 좌측 하지 유각기(%)는 각각 36.23 ± 2.04 , 36.58 ± 2.13 , 38.25 ± 2.22 , 우측 하지의 유각기(%)는 각각 34.05 ± 1.83 , 34.56 ± 2.32 , 36.62 ± 1.78 , 양하지 지지기(%)는 각각 29.70 ± 2.71 , 28.84 ± 3.37 , 25.09 ± 3.21 이었다(Fig. 2-4).

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 한 발짝 시간(sec)은 좌측 하지에서 각각 0.54 ± 0.02 , 0.48 ± 0.03 , 0.48 ± 0.02 , 우측 하지에서 각각 0.50 ± 0.02 , 0.45 ± 0.02 , 0.46 ± 0.02 , 한 걸음 시간(sec)은 각각 1.04 ± 0.02 , 0.92 ± 0.03 , 0.95 ± 0.02 이었다(Fig. 5).

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h

일 때, 최대힘 측정시간(sec)은 좌측 전족부에서 각각 0.43 ± 0.03 , 0.35 ± 0.05 , 0.37 ± 0.03 , 좌측 중족부에서 각각 0.48 ± 0.04 , 0.42 ± 0.04 , 0.39 ± 0.04 , 좌측 발뒤꿈치에서 각각 0.53 ± 0.04 , 0.48 ± 0.02 , 0.41 ± 0.05 , 우측 전족부에서 각각 0.46 ± 0.03 , 0.39 ± 0.04 , 0.38 ± 0.03 , 우측 중족부에서 각각 0.50 ± 0.04 , 0.45 ± 0.03 , 0.40 ± 0.05 , 우측 발뒤꿈치에서 각각 0.55 ± 0.04 , 0.51 ± 0.02 , 0.43 ± 0.06 이었다(Fig. 6).

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 입각기 중 최대힘 측정시간 비율(%)은 좌측 전족부에서 각각 64.94 ± 4.40 , 60.19 ± 7.54 , 63.10 ± 3.81 , 좌측 중족부에서 각각 17.48 ± 7.57 , 14.68 ± 12.77 , 12.34 ± 8.09 , 좌측 발뒤꿈치에서 각각 19.71 ± 5.53 , 16.99 ± 6.80 , 18.95 ± 4.26 , 우측 전족부에서 각각 66.23 ± 4.53 , 63.51 ± 5.90 ,

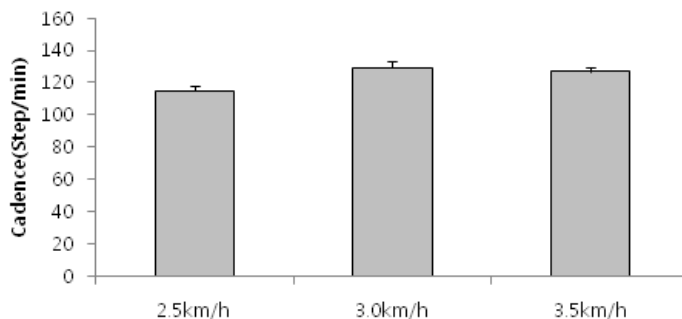


Fig. 2. Cadences under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean ± standard deviation.

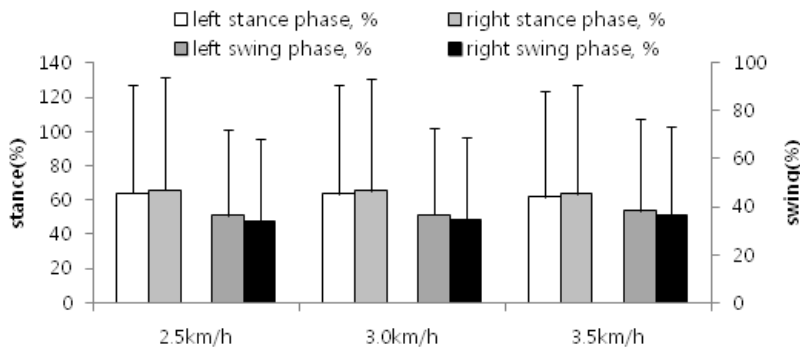


Fig. 3. Stance(left scale) and swing phase(right scale) under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean ± standard deviation.

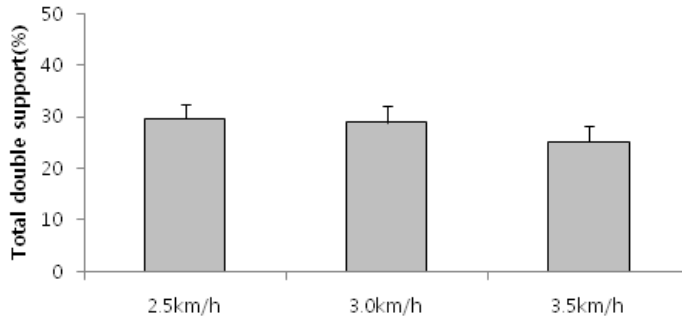


Fig. 4. Total double support under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

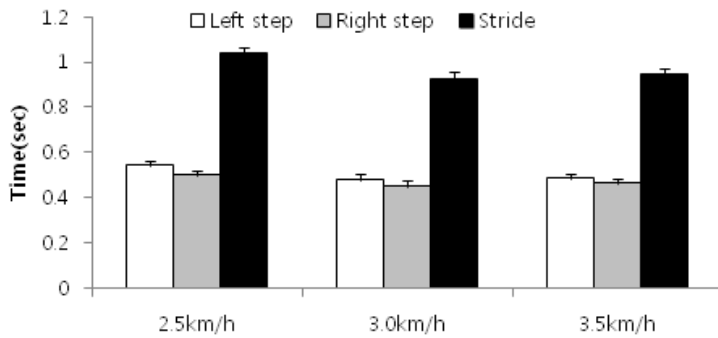


Fig. 5. Step and stride time of unaffected(right side) or affected(left side) limb under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

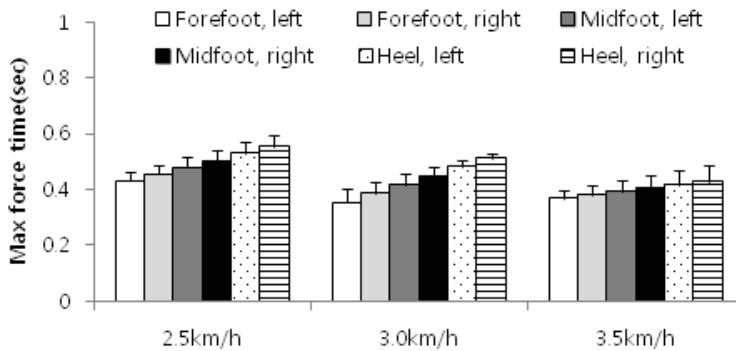


Fig. 6. Max force time under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

63.33 \pm 5.07, 우측 중족부에서 각각 34.91 \pm 23.46, 13.38 \pm 8.46, 15.78 \pm 12.66, 우측 발뒤꿈치에서 각각 22.41 \pm 6.32, 20.26 \pm 7.24, 18.62 \pm 4.35이었다 (Fig. 7).

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 접촉시간은 좌측 전족부에서 각각 0.60 \pm 0.02, 0.53 \pm 0.03, 0.52 \pm 0.02, 좌측 중족부에서 각각 0.56 \pm 0.03, 0.49 \pm 0.03, 0.49 \pm 0.02, 좌측 발뒤

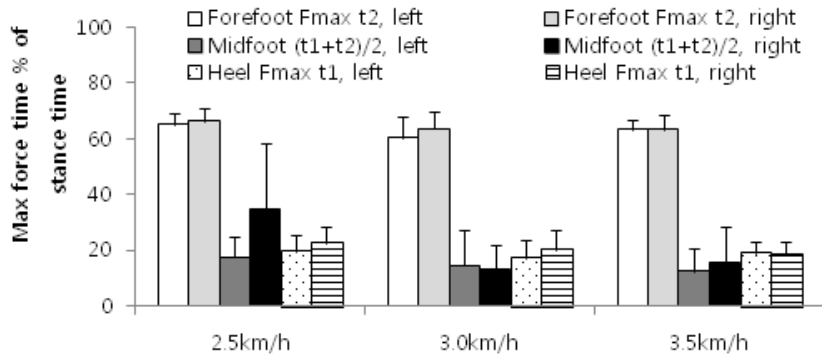


Fig. 7. Max force time of stance phase under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

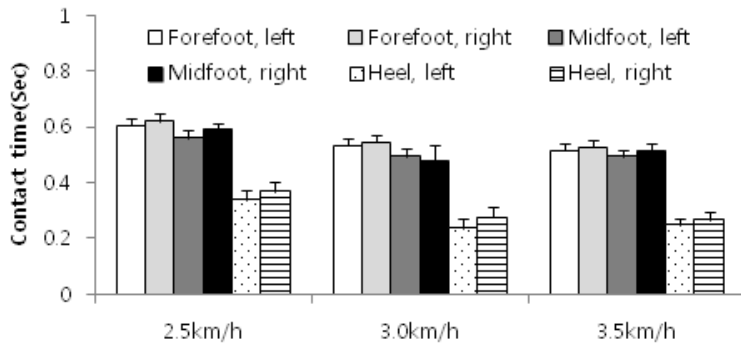


Fig. 8. Contact time under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

꿈치에서 각각 0.33 ± 0.03 , 0.24 ± 0.04 , 0.25 ± 0.03 , 우측 전족부에서 각각 0.62 ± 0.03 , 0.54 ± 0.03 , 0.52 ± 0.03 , 우측 중족부에서 각각 0.59 ± 0.02 , 0.48 ± 0.05 , 0.51 ± 0.02 , 우측 발뒤꿈치에서 각각 0.37 ± 0.04 , 0.27 ± 0.04 , 0.27 ± 0.03 이었다(Fig. 8).

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 입각기 중 접촉시간 비율(%)은 좌측 전족부에서 각각 91.19 ± 2.67 , 90.44 ± 2.65 , 88.26 ± 3.86 , 좌측 중족부에서 각각 84.32 ± 3.23 , 83.88 ± 3.39 , 84.68 ± 3.75 , 좌측 발뒤꿈치에서 각각 51.03 ± 5.22 , 40.27 ± 5.63 , 42.14 ± 4.07 , 우측 전족부에서 각각 90.22 ± 3.31 , 89.59 ± 3.44 , 87.79 ± 4.00 , 우측 중족부에서 각각 85.69 ± 3.31 , 79.03 ± 3.44 , 85.39 ± 4.00 , 우측 발뒤꿈치에서 각각 53.66 ± 3.31 , 45.14 ± 3.44 , 44.39 ± 4.00 이었다(Fig. 9).

또한, 좌측 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간(sec)은 각각 0.06 ± 0.04 , 0.04 ± 0.03 , 0.08 ± 0.04 , 우측 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간(sec)은 각각 0.19 ± 0.04 , 0.06 ± 0.04 , 0.16 ± 0.03 , 좌측 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간 비율(%)은 각각 8.99 ± 5.66 , 7.41 ± 5.32 , 13.72 ± 7.19 , 우측 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간 비율(%)은 각각 28.27 ± 5.90 , 9.37 ± 6.37 , 26.91 ± 4.71 이었다(Fig. 10).

2. 보행의 공간적 변수(Spatial gait parameter)

파킨슨 환자의 속도 변화에 따른 보행 변화를 확인하기 위해 보행의 공간적 변수들로 한 발짝 길이(step length)와 한 걸음 길이(stride length)를 측정하였다.

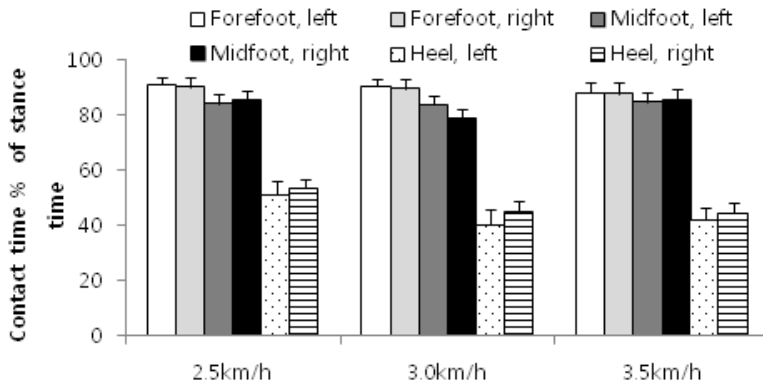


Fig. 9. Contact time of stance time according to treadmill velocity change.

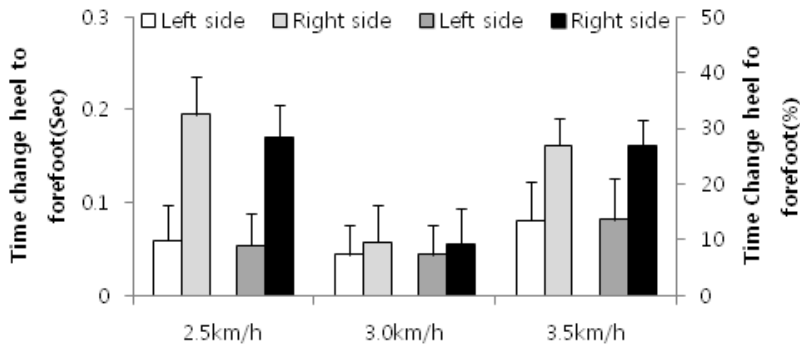


Fig. 10. Time change heel to forefoot(left axis) and time change heel to forefoot(right axis) under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean ± standard deviation.

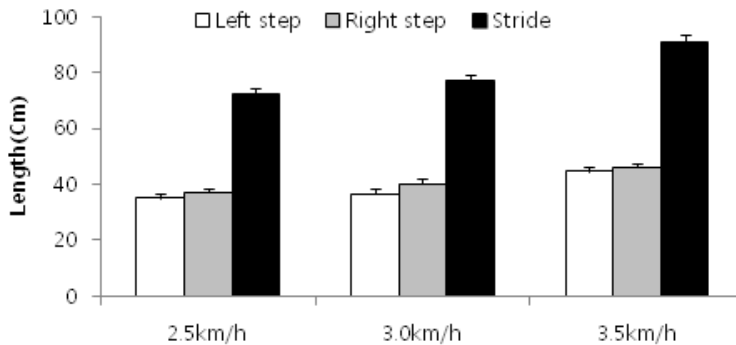


Fig. 11. Step and stride length of unaffected(right side) or affected limb(left side) under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean ± standard deviation.

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 한 발짝 길이(cm)는 좌측하지에서 각각 34.97 ± 1.57 , 36.61 ± 36.62 , 44.76 ± 1.48 , 우측하지

에서 각각 37.05 ± 1.45 , 40.30 ± 1.74 , 46.26 ± 1.48 , 한 걸음 길이(cm)는 각각 72.06 ± 2.10 , 76.92 ± 2.50 , 90.96 ± 2.46 이었다(Fig. 11).

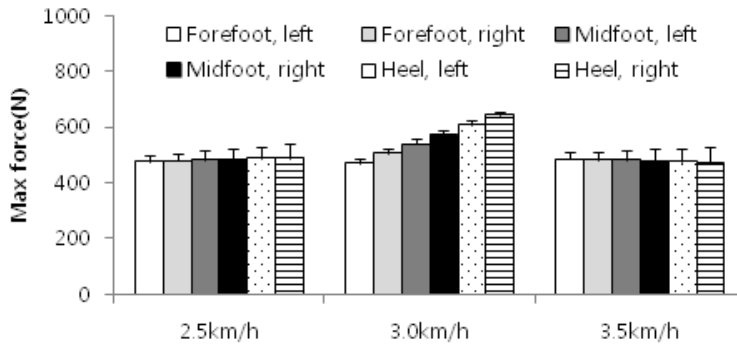


Fig. 12. Max force in three portion of foot under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

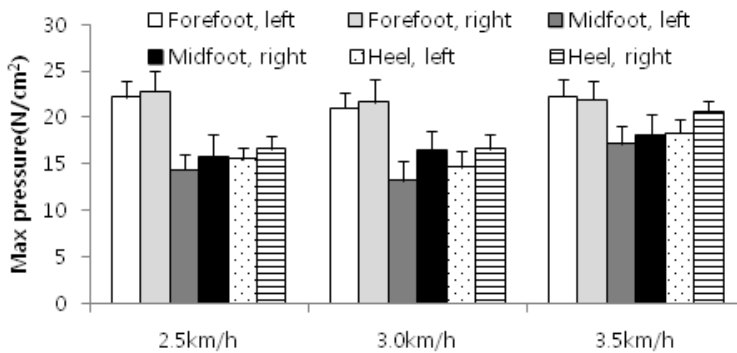


Fig. 13. Max pressure under three different conditions of treadmill velocity. Data represents mean \pm standard deviation.

3. 보행의 운동학적 변수(kinetic gait parameter)의 변화

파킨슨환자의 속도 변화에 따른 보행 변화를 확인하기 위해 보행의 운동학적 변수들로는 최대힘(Max force)과 최대압력(Max pressure)을 측정하였다.

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 최대힘(N)은 좌측 전족부에서 각각 475.22 ± 21.27 , 469.97 ± 19.11 , 486.40 ± 22.18 , 좌측 중족부에서 각각 480.94 ± 32.85 , 539.43 ± 16.30 , 481.00 ± 35.44 , 좌측 발뒤꿈치에서 각각 486.67 ± 44.42 , 608.89 ± 13.49 , 475.59 ± 48.69 , 우측 전족부에서 각각 478.08 ± 27.06 , 504.70 ± 17.71 , 483.70 ± 28.81 , 우측 중족부에서 각각 483.81 ± 38.64 , 574.16 ± 14.89 , 478.29 ± 42.07 , 우측 발뒤꿈치에서 각각 489.53 ± 50.21 , 643.63 ± 12.08 , 472.89 ± 55.32 이었다(Fig. 12).

트레드밀 보행 속도가 2.5km/h, 3.0km/h, 3.5km/h일 때, 최대압력(N/cm²)은 좌측 전족부에서 각각 22.22, 21.03, 22.29, 좌측 중족부에서 각각 14.37, 13.23, 17.15, 좌측 발뒤꿈치에서 각각 15.47, 14.62, 18.33, 우측 전족부에서 각각 22.77, 21.61, 21.95, 우측 중족부에서 각각 15.68, 16.43, 18.07, 우측 발뒤꿈치에서 각각 16.60, 16.60, 20.60이었다(Fig. 13).

□ 고찰 및 결론

파킨슨 환자를 대상으로 속도변화에 따른 보행 변화를 파악하기 위해 다양한 속도 조건에서 보행분석을 시행하여 보행관련 시공간적 변수들과 운동학적 변수들을 관찰하였다(Table 3).

시간관련 보행변수들의 변화된 양상을 파악해보

Table 3. Summary of Results.

보행관련 측정변수		< 선호속도 (2.5km/h)	선호속도 (3km/h)	> 선호속도 (3.5km/h)
시간관련 보행변수(Temporal gait parameters)				
1분간 보행수(Cadecne, step/min)		감소(↓)	-	감소(↓)
입각기(Stance phase, %)	좌측	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측	증가(↑)	-	감소(↓)
유각기(Swing phase, %)	좌측	감소(↓)	-	증가(↑)
	우측	감소(↓)	-	증가(↑)
양하지 지지기(Double support, %)		증가(↑)	-	감소(↓)
한 발짝 시간(Step time, sec)	좌측	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측	증가(↑)	-	증가(↑)
한 걸음 시간(Stride time, sec)		증가(↑)	-	증가(↑)
최대힘 측정시간 (Max force time, sec)	좌측 전족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 중족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	좌측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측 전족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측 중족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	감소(↓)
입각기 중 최대힘 측정시간 비율 (Max force time % of stance time, %)	좌측 전족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 중족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	좌측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 전족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	감소(↓)
접촉시간(contact time, sec)	좌측 전족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	좌측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 전족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	감소(↓)
입각기 중 접촉시간 비율 (contact time % of stance time, %)	좌측 전족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	좌측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 전족부	증가(↑)	-	감소(↓)
	우측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	감소(↓)
발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간 (time change heel to forefoot ,sec)	좌측	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측	증가(↑)	-	증가(↑)
발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간 비율 (time change heel to forefoot ,%)	좌측	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측	증가(↑)	-	증가(↑)

공간관련 보행변수(Spatial Parameters)				
한 발짝 길이(step length)	좌측	감소(↓)	-	증가(↑)
	우측	감소(↓)	-	증가(↑)
한 걸음 길이(stride length)		감소(↓)	-	증가(↑)
운동학적 보행변수(Kinetic gait parameters)				
최대힘(Max force, N)	좌측 전족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 중족부	감소(↓)	-	감소(↓)
	좌측 발뒤꿈치	감소(↓)	-	감소(↓)
	우측 전족부	감소(↓)	-	감소(↓)
	우측 중족부	감소(↓)	-	감소(↓)
	우측 발뒤꿈치	감소(↓)	-	감소(↓)
최대압력(Max pressure, N/cm ²)	좌측 전족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	좌측 발뒤꿈치	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 전족부	감소(↓)	-	증가(↑)
	우측 중족부	증가(↑)	-	증가(↑)
	우측 발뒤꿈치	감소(↓)	-	증가(↑)

-, baseline

면, 환자가 선호속도보다 느리게 걸을 때, 시간적 변수 중 1분간 보행수, 유각기는 감소하였고, 입각기, 양하지 지지기, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간, 최대힘 측정시간, 입각기 중 최대힘 측정시간 비율, 접촉시간, 입각기 중 접촉시간 비율, 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간, 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간 비율 등은 증가하였다. 공간적 변수는 한 발짝 길이, 한 걸음 길이는 감소하였고, 운동학적 변수 중에 최대힘은 좌측 전족부에서만 증가하고, 나머지 좌측 중족부, 발뒤꿈치, 우측 전족부, 중족부, 발뒤꿈치 등에서는 모두 감소하였다. 최대압력은 우측 전족부, 우측 발뒤꿈치에서만 감소하였고, 좌측 전족부, 중족부, 발뒤꿈치, 우측 중족부에서는 증가하였다.

환자가 선호속도보다 빠르게 걸을 때, 시간적 변수 중 1분간 보행수, 입각기, 양하지 지지기 등이 감소하였고, 최대힘 측정시간은 좌측 중족부, 좌측 발뒤꿈치, 우측 전족부, 우측 중족부, 우측 발뒤꿈치 등에서 감소하였으며, 입각기 중 최대힘 측정시간 비율은 좌측 중족부, 우측 전족부, 우측 발뒤꿈치 등에서 감소하였다. 접촉시간은 좌측 전족부, 우측 전

족부, 우측 발뒤꿈치 등에서 감소하였고, 입각기 중 접촉시간 비율은 좌측 전족부, 우측 전족부, 우측 발뒤꿈치 등에서 감소하였다.

반면에 유각기, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간 등은 증가하였다. 또한, 최대힘 측정시간은 좌측 전족부에서 증가하였고, 입각기 중 최대힘 측정시간 비율은 좌측 전족부, 좌측 발뒤꿈치, 우측 중족부에서 증가하였다. 접촉시간은 좌측 중족부, 좌측 발뒤꿈치, 우측 중족부 등에서 증가하였고, 입각기 중 접촉시간 비율은 좌측 중족부, 좌측 발뒤꿈치, 우측 중족부 등에서 증가하였다. 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간과 발뒤꿈치부터 전족부까지 이동시간 비율은 동시에 증가하였다.

조상현 등⁷⁾의 연구에서는 2.5km/h, 5.0km/h, 7.5km/h로 보행속도를 변화시키고 보행을 하면, 속도가 빨라짐에 따라 유각기는 증가하고, 입각기는 감소한다고 하였고, 박형길 등⁸⁾의 연구에서는 0.6m/s, 0.76m/s, 1.34m/s, 2.00m/s로 보행속도를 변화시켜 보행을 하면, 보행속도가 증가할수록 접촉시간, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간이 모두 감소한다고 보고

되었다. 이는 본 연구에서 선호속도보다 느린 조건에서 유각기는 감소하고 입각기는 증가되며 접촉시간, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간이 모두 증가하는 결과와 일치한다.

Soames와 Richardson 등⁹⁾은 보행 속도 증가에 따라 한 걸음 길이와 1분간 보행수 중 한가지 변수 혹은 두 가지 변수 모두 증가한다고 했고, Grillner 등¹⁰⁾과 Murray 등¹¹⁾은 보행속도가 빠를수록, 1분간 보행수가 증가하면서 접촉시간은 감소한다고 했으며, Zhu 등¹²⁾은 1분간 보행수가 70에서 120으로 증가하면, 발의 지면 접촉 시간이 64% 감소한다고 하였다. 이는 본 연구에서 선호속도보다 느리게 걷는 조건에서, 1분간 보행수가 감소하고 접촉시간은 증가하였다는 결과와 일치한다.

Rosenbaum 등¹³⁾은 발뒤꿈치와 중족부에서 최대 압력이 나타나는 상대적인 시간은 속도가 증가할수록 빨리 나타났으나, 안쪽 전족부와 엄지발가락에서는 차이가 없었다고 보고하였고, 류남욱 등¹⁴⁾은 보행 속도가 빨라짐으로 인해 발바닥에 가해지는 최대 압력이 나타나는 시점이 입각기 초기로 이동한다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 선호속도보다 느리게 걷는 조건에서 최대힘 측정시간이 증가하였다는 결과와 일치한다.

공간관련 보행변수들의 변화된 양상을 파악해보면, 선호속도보다 느리게 걷는 조건에서 한 발짝 길이와 한 걸음 길이가 감소하였고, 환자가 선호속도보다 빠르게 걸을 때, 한 발짝 길이와 한 걸음 길이는 증가하였다. 이는 조상현 등⁷⁾의 연구에서 2.5km/h, 5.0km/h, 7.5km/h의 보행속도 조건에서 걸을 때, 속도가 빨라짐에 따라 한 발짝 길이와 한 걸음 길이가 증가한다는 것과 일치한다.

운동학적 보행변수들의 변화된 양상을 파악해보면, 선호속도보다 느리게 걷는 조건에서 최대힘은 감소하였고, 선호속도보다 빠르게 걷는 조건에서 최대힘은 좌측 중족부, 좌측 발뒤꿈치, 우측 전족부, 우측 중족부, 우측 발뒤꿈치 등에서는 감소하였고, 좌측 전족부에서는 증가하였다. 이는 Rodgers 등¹⁵⁾의 연구에서 속도가 빨라짐에 따라 지면반발력은 증가한다는 것과 Roy 등¹⁶⁾의 연구에서 뉴턴의 제2법

칙(힘 = 질량 × 가속도)에 의해 보행 속도가 빨라지면 체중은 일정하나 가속도가 증가하여 전체적인 지면반발력이 증가한다는 결과와 일치한다. 다만, 최대압력이 우측 전족부와 우측 발뒤꿈치만 감소하고, 좌측 대부분은 감소하지 않았는데, 이는 환자가 좌측 위약 증상이 있기 때문일 것으로 사료된다.

본 논문의 제한점은 첫째, 실제 지상보행과 트레드밀 보행은 약간의 차이를 보인다는 것이다. 트레드밀 보행은 지상보행과 비교해 한 걸음 길이와 유각기가 상대적으로 짧고, 1분간 보행수와 양하지 지지기가 상대적으로 증가된다¹⁷⁾. 그러므로 트레드밀 보행결과를 전적으로 지상보행 결과로 일반화할 수 없다는 제한점이 있다. 그러나, 다양한 연구자에 의한 운동학적, 운동역학적, 근전도 비교에서 평지와 트레드밀 보행의 차이가 매우 작으므로^{18, 19)}, 그 제한점이 크다고 볼 수 없다. 둘째, 본 연구의 대상자는 파킨슨질환 초기 환자이므로 그 결과 역시 정상인을 대상으로 한 연구결과와 매우 유사하다. 그러므로 중등도의 파킨슨 질환 환자에게서는 결과가 동일하지 않을 가능성도 있다. 셋째, 환자 1명을 대상으로 한 사전연구이므로 개인차와 실험오류 등을 완전히 배제할 수 없다는 제한점이 있다. 그러므로 향후 대규모 연구를 시행하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 김종환, 원충희. 파킨슨 질환자의 동작개시 지연에 대한 정보처리과정의 분석. *Analysis of Information Processing an Akinesia in Patients with Parkinson's Disease*. 2004;43(4):171-80.
2. Marsden CD. Function of the basal ganglia as revealed by cognitive and motor disorders in Parkinson's disease. *The Canadian journal of neurological sciences Le journal canadien des sciences neurologiques*. 1984 Feb;11(1 Suppl):129-35. PubMed PMID: 6713311. Epub 1984/02/01. eng.
3. Bloem BR, Beckley DJ, Remler MP, Roos RAC, van Dijk JG. Postural reflexes in Parkinson's disease during 'resist' and 'yield' tasks. *Journal of the Neurological Sciences*. 1995;129(2):109-19.

4. McIntosh GC, Brown SH, Rice RR, Thaut MH. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1997;62(1):22-6.
5. Brown P, Steiger M. Basal ganglia gait disorders. *Balance, posture and gait* London: Arnold. 1996;156:67.
6. Giladi N, McMahon D, Przedborski S, Flaster E, Guillory S, Kostic V, et al. Motor blocks in Parkinson's disease. *Neurology*. 1992;42(2):333-.
7. 조상현. 보행방법과 속도변화에 따른 보행형태 및 근전도 비교 분석. 강릉: 강릉대학교 대학원; 2007.
8. 박형길. 뒤로 걷기와 앞으로 걷기의 보행형태 분석: 서울대학교 대학원; 2005.
9. Soames R, Richardson R. Stride length and cadence: Their influence on ground reaction forces during gait. *Biomechanics IX-A*. 1985;5:406.
10. Grillner S, Halbertsma J, Nilsson J, Thorstensson A. The adaptation to speed in human locomotion. *Brain research*. 1979;165(1):177-82.
11. Murray MP, Kory RC, Clarkson BH, Sepic S. Comparison of free and fast speed walking patterns of normal men. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1966;45(1):8-24.
12. Zhu H, Wertsch JJ, Harris GF, Alba HM. Walking cadence effect on plantar pressures. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1995;76(11):1000-5.
13. Rosenbaum D, Hautmann S, Gold M, Claes L. Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hindfoot angular motion. *Gait & Posture*. 1994;2(3):191-7.
14. 류남욱. 정상인에서 보행속도가 발바닥의 최대압력변화와 지면 접촉 시간, 보행 각도에 미치는 영향. 서울: 가톨릭대학교 대학원; 2008.
15. Rodgers MM. Dynamic biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. *Physical Therapy*. 1988;68(12):1822-30.
16. Roy K. Force, pressure, and motion measurements in the foot: current concepts. *Clinics in podiatric medicine and surgery*. 1988;5(3):491-508.
17. Murray M, Mollinger L, Gardner G, Sepic S. Kinematic and EMG patterns during slow, free, and fast walking. *Journal of Orthopaedic research*. 1984;2(3):272-80.
18. Lee SJ, Hidler J. Biomechanics of overground vs. treadmill walking in healthy individuals. *Journal of Applied Physiology*. 2008;104(3):747-55.
19. Riley PO, Paolini G, Della Croce U, Paylo KW, Kerrigan DC. A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects. *Gait & Posture*. 2007;26(1):17-24.