

Changes in the Gait Pattern Depending on Induced Refractive Errors and Correlation Analysis of Visual Functions

Jae Hyeok Choi^{1,a}, Hyun Gug Cho^{2,b}, Byeong-Yeon Moon^{2,c}, Dong-Sik Yu^{2,d}, and Sang-Yeob Kim^{2,e,*}

¹Dept. of Optometry, Kangwon National University, Student, Samcheok 25949, Korea

²Dept. of Optometry, Kangwon National University, Professor, Samcheok 25949, Korea

(Received August 31, 2020: Revised September 15, 2020: Accepted September 17, 2020)

Purpose: To investigate changes in the gait pattern caused by induced refractive errors and analyze the correlation with visual function factors. **Methods:** We enrolled 40 healthy subjects with an average age of 22.23±1.99 years. To induce binocular myopia and hyperopia, S ±1.00, ±2.00, and ±3.00 D were used. The gait pattern depending on each induced refractive error was measured on a treadmill at a speed of 4 km/h using OptoGait. After each repeated test at each level of refractive error, the values measured in the full corrected condition were compared to those measured. In addition, the correlation between the gait pattern and visual function elements was analyzed. **Results:** The step length shortened and cadence increased significantly from induced myopia by +1.00 D and induced hyperopia by -1.00 D compared to the full corrected condition. In hyperopia, the visual function factor that is most relevant to gait pattern changes was analyzed as the reduced accommodative amplitude. **Conclusions:** Regardless of the refractive error type, the uncorrected refractive error was a visual state that temporarily interfered with the optimal gait pattern.

Key words: Refractive errors, Gait patterns, Step length, Cadence, OptoGait

서 론

보행은 인간의 가장 기본적이고 자연스러운 동작으로 물리적 이동을 위한 주기적인 운동이다.^[1] 이러한 보행운동을 안정적으로 유지하기 위해서는 다양한 감각 정보들의 동조가 필수적이다. 전정계는 보행 시 회전 움직임에 대한 감각과 직선상의 가속에 대한 감각을 인지하는 역할을 하고, 체성계는 모든 신체의 위치와 속도, 외부 물체(지면 포함)와의 접촉(충격) 및 중력 방향을 감지하는 여러 센서로 작용한다. 마지막으로 시각계는 환경에 대한 정보, 장애물 위치가 어느 정도 되는가에 대한 정보 그리고 지면 상태를 포함한 모든 정보를 수집한다.^[2]

보행 패턴은 보행주기의 시·공간적 특성을 이용하여 평가된다. 이것을 평가하기 위해 사용되는 요소로는 보행 속도(walking velocity), 분속수(cadence), 보폭 길이(step length) 등이 있다. 이러한 보행 패턴들은 지면 환경에 따라 달라지고,^[3] 뇌졸중, 관절염, 당뇨, 파킨슨병 등과 같은 병리적 원인에 의해서도 쉽게 불안정해진다.^[4,5] 또한, 생리적으로 연령증가^[6]와 성별^[7]에 따라서도 보행 속도와 보폭 길이의

뚜렷한 변화가 나타난다.

보행 패턴에 영향을 미치는 시각적 요인들을 살펴보면, Elliott 등^[8]은 모의 백내장 상태로 인한 시력 및 대비감도 저하, 협소한 시야는 젊은 성인에서조차 장애물과 접촉횟수가 증가하고 보행 경로 이탈 또한 빈번히 발생함을 보고하였다. Kim^[9]은 선천성 저시력지는 발달과정에서 시각 장애로 인해 이동에 대한 적절한 개념을 학습하지 못한다고 하였다. 이처럼 시각적 결손은 다양한 보행 오류(충돌, 교차로 보행 및 도로횡단 오류 등)들의 원인이 되며, 보행 시간 지연과 더불어 보행 안정성을 크게 감소시킨다. 또한, 시각적 환경과 관련하여 Figueiro 등^[10]은 주변 조명의 밝기에 따른 보행 패턴의 변화를 분석하였다. 그들은 주변 조명이 어두울 때 보행 속도가 느려지고, 보폭 길이가 크게 감소된다는 것을 밝혀냈다. 그러므로 원활한 보행운동을 유지하려면 현재의 환경뿐만 아니라 앞으로의 움직임을 예측하고 변화하는 환경에 적응하는 것이 요구되며, 이를 위해서는 적절하고 지속적인 시각 정보 제공이 필수적이어야 한다.^[11]

굴절이상은 조절 휴지 상태인 눈으로 들어오는 평행광

*Corresponding author: Sang-Yeob Kim, TEL: +82-33-540-3413, E-mail: syk@kangwon.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0001-5946-5986, ^bhttps://orcid.org/0000-0002-8267-3801, ^chttps://orcid.org/0000-0003-0645-4938, ^dhttps://orcid.org/0000-0002-4387-4408,

^ehttps://orcid.org/0000-0001-6806-3305

선이 망막에 초점을 맺지 못하는 상태로 시각적 흐림을 유발하는 흔한 요인이다.^[12] 다양한 전문 분야에서 보행과 연관된 연구들은 활발하게 수행되고 있지만, 최근까지도 안경 광학 영역에서 중요하게 다루는 굴절이상과 관련된 보행 분석 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 신체 건강한 성인을 대상으로 (±) 구면렌즈를 이용하여 양안 근시 및 원시를 정도별로 유발시킨 후 보행 패턴의 변화를 조사하고, 시각 기능과의 상관성을 분석하여 안정적인 보행에 있어 굴절교정의 중요성을 검증하고, 임상적 기초자료를 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 원활한 독립보행이 가능한 신체 건강한 20대 (평균 22.23±1.99세) 총 40명(남자 23명, 여자 17명)을 대상으로 하였다. 문진을 통해 근-굴격계 상해 또는 수술경험, 전신질환 및 안질환의 과거 병력, 이와 관련된 약물 복용을 하지 않았음을 확인하였다. 대상자 중 양안 교정시력이 0.9 이하, 비사시성 양안시 이상 및 조절기능 이상과 관련된 증상 및 징후가 있는 경우, 그리고 잦은 낙상 경험이나 불안정한 보행 패턴을 보이는 경우는 대상에서 제외하였다. 모든 검사과정과 규약은 기관생명윤리위원회 (Institutional Review Board, IRB, 승인번호: KWNUIRB-2019-01-005-02)의 승인을 받아 실시하였으며, 연구에 참여한 모든 대상자에게 실험 목적과 검사 방법에 대하여 구두와 서면으로 충분히 설명한 후 동의를 얻고 실험을 진행하였다.

2. 방법

1) 보행 패턴 평가 장비

보행분석계(Optogait, Hospi, Italy)를 이용하여 굴절이상에 의한 보행 패턴의 변화를 측정하였다(Fig. 1). Optogait는 1m의 두 개의 송·수신 바로 구성되어 있고, 한 개의 바에는 1cm 간격으로 발광다이오드가 설치되어 있으며 송신 바에서 수신 바로 계속해서 보내지는 적외선으로 통신한다.^[13] 이렇게 수집된 정보로 다양한 보행 패턴을 분석할 수 있으며, 이것은 자연스러운 보행뿐만 아니라 트레드밀 보행 조건에서도 사용가능하다.

2) 평가요소

(1) 보행 패턴 평가요소

- ① 보폭길이(step length) : 양발지지 상태에서 앞에 위치한 발의 뒤꿈치에서 뒤에 위치한 발의 뒤꿈치까지의 수평거리(cm)를 말한다.



Fig. 1. Gait analyzer and treadmill used in this study.

- ② 분속수(cadence) : 단위 시간당 일어나는 보폭의 수를 말하며 steps/min으로 나타낸다.

(2) 시각기능 평가요소

① 시력 및 굴절검사

수동 포롭터(CV-3000, Topcon, Japan)와 LCD시력표(LUCID/LC, Everview, Korea)를 이용한 자각적 굴절검사를 실시하였다. 난시검사는 방사선시표법과 잭슨크로스 실린더법으로 실시하였고, 양안조절균형 검사 후 양안 MPMVA(maximum plus maximum visual acuity)법을 기준으로 실험대상자의 완전교정굴절력을 검출하였다.^[14]

② 조절력 검사

모든 대상자에게 완전교정굴절력 값이 장입된 시험테를 착용시킨 후, push-up 방법으로 대상자의 양안 조절력을 측정하였다. 주시 타겟을 눈앞으로 천천히 이동시켜 자각적으로 인식하는 지속 흐린점을 기록하였다. 검사는 3회 씩 반복측정하였고, 그 평균값을 diopter 단위로 환산하여 기록하였다.

③ 입체시 검사

입체시는 Frisby stereotest를 사용하여 평가하였다. Frisby stereotest는 두께가 다른 3개의 측정판(1.5 mm, 3 mm, 6 mm)으로 구성되어 있다. 각 측정판을 이용해 대상자가 최종적으로 최대거리에서 입체감을 인식할 수 있는 곳을 측정하고 그 거리에 상응하는 입체시 값을 환산하여 기록하였다.^[15]

3) 평가방법

자각적 굴절검사를 통해 검출된 대상자의 완전교정값을

단안 PD를 설정할 수 있는 시험테(Trial Frame TF-3, Topcon, Japan)에 장입하여 착용하게 하였다. 그리고 완전교정된 시험테에 ±1.00 D, ±2.00 D, 그리고 ±3.00 D의 구면 렌즈를 부가하여 양안 근시(양안에 +구면렌즈 부가), 양안 원시(양안에 -구면렌즈 부가)를 정도별로 각각 유발시켰다.

보행 패턴을 측정하기 위해 Optogait의 송·수신바를 트레드밀(HSM-T04F1, Egojin, Korea)의 양쪽 난간에 각각 위치시켰다. 실험대상자에게 트레드밀 위에 올라서게 요청한 후, 4 km/h로 속도를 설정하고 자연스럽게 보행하도록 하였다. 그런 다음 설정한 속도에 도달하였을 때 보행 패턴의 측정을 시작하였고, 10초 동안의 보행(약 12 m의 보행거리확보)이 이루어지는 동안 수집된 정보를 토대로 실험대상자들의 보폭길이 및 분속수의 변화를 분석하였다. 유발시킨 굴절이상 유형에 따른 보행 패턴의 변화를 분석하기 위해 먼저 완전교정상태에서 보행 패턴의 측정을 실시한 후, 양안 근시 그리고 양안 원시 순으로 측정을 진행하였다. 각 굴절이상 유형에서 유발 정도에 따른 측정은 무작위 순서로 실시하였고, 굴절이상의 유형이 바뀔 때마다 10분, 유발 정도가 바뀔 때마다 5분의 휴식시간을 각

각 제공하였다. 완전교정상태에서 측정된 보폭길이 및 분속수를 각 굴절이상 조건하에서 측정된 값들과 비교·분석하고, 시각 기능 요소값들과의 상관성을 조사하였다.

3. 자료 분석

자료의 분석은 IBM SPSS 통계 프로그램(IBM SPSS Statistics 23, IBM, USA)을 이용하여 실시하였다. 굴절이상에 따른 보행 변수들의 변화를 분석하기 위해 반복측정 분산 분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였고, LSD(least significant difference) 사후분석을 수행하였다. 시각 기능요소와 보행 변수 간의 상관성을 분석하기 위해 피어슨 상관관계 분석(Pearson’s correlation analysis)을 실시하였다. 모든 결과값은 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 유발된 양안 근시 및 원시별 시각 기능들의 변화

Table 1은 양안에 (±) 구면렌즈를 덧대어 유발시킨 양안

Table 1. Changes in visual function factors depending on induced binocular myopia and hyperopia levels

Visual factors (unit)	Induced-binocular myopia powers			MPMVA ^{††}	Induced-binocular hyperopia powers		
	+3.00 D	+2.00 D	+1.00 D		-1.00 D	-2.00 D	-3.00 D
Binocular VA [†] (decimal)	0.16±0.01*	0.34±0.03*	0.71±0.04*	1.08±0.03	1.05±0.03*	0.96±0.04*	0.84±0.05*
Accommodation (diopter)	15.25±0.44*	14.53±0.41*	13.60±0.38*	13.03±0.41	11.43±0.44*	10.90±0.44*	9.83±0.44*
Stereoacuity (second of arc)	315.88±32.13*	184.25±29.94*	123.38±23.51*	31.50±4.59	64.38±15.08*	98.63±21.95*	195.50±35.20*

[†]VA: visual acuity
^{††}MPMVA: maximum plus to maximum visual acuity
^{*} $p < 0.05$: significantly different compared to MPMVA
ⁿ=40 for each test

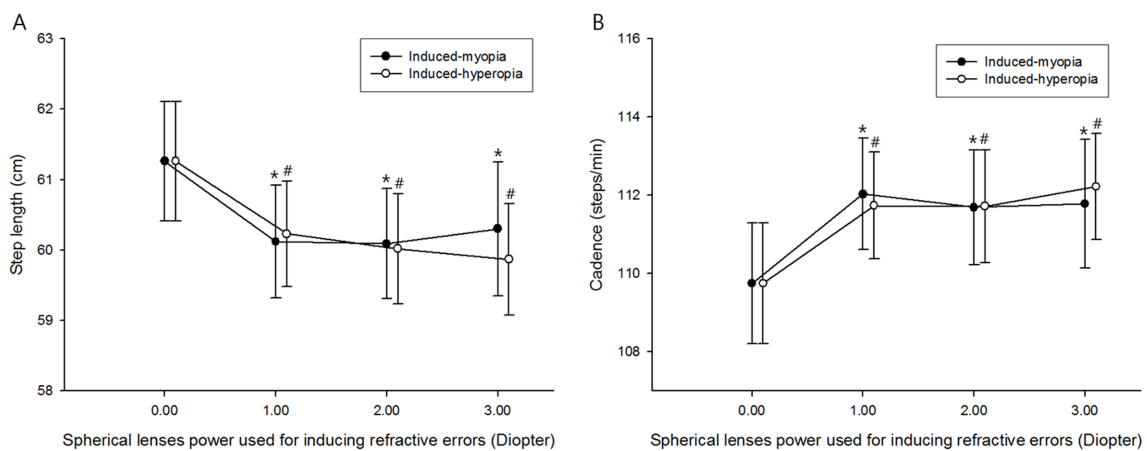


Fig. 2. Changes in the step length (A) and cadence (B) depending on induced binocular myopia and hyperopia levels.
^{*} $p < 0.05$: significantly different compared to 0.00 diopters under conditions of induced myopia
[#] $p < 0.05$: significantly different compared to 0.00 diopters under conditions of induced hyperopia
ⁿ=40 for each test

근시 및 원시 정도에 따른 시력, 조절력, 및 입체시의 변화를 나타낸 것이다. 양안 근시와 원시의 정도가 증가함에 따라 시력 및 입체시는 현저하게 감소하였다($F=310.836, p=0.000$). 조절력의 경우에는 양안 근시의 정도가 증가함에 따라 유의하게 증가하였고($F=18.815, p=0.000$), 양안 원시의 정도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였다($F=10.236, p=0.000$). 사후분석결과, 모든 값들은 $S\pm 1.00$ D로 유발시킨 양안 근시 및 원시 상태에서부터 완전교정상태와 비교하여 통계적으로 유의미한 차이를 보여 이러한 시각 기능의 저하는 ± 1.00 D 약도의 굴절이상 존재 하더라도 쉽게 발생 된다는 것을 알 수 있었다.

2. 유발된 양안 근시 및 원시 정도 별 보행 패턴의 변화

유발된 양안 근시 및 원시의 정도에 따른 보폭 길이와 분속수의 변화는 Fig. 2와 같다. 양안 근시와 원시의 정도가 증가함에 따라 보폭 길이는 현저하게 짧아졌으며(양안 근시: $F=6.683, p=0.001$ /양안원시: $F=5.698, p=0.003$, Fig. 2A), 분속수는 현저하게 증가하였다(양안근시: $F=8.278, p=0.000$ /양안원시: $F=8.601, p=0.000$, Fig. 2B). 사후분석결과, $S\pm 1.00$ D로 유발시킨 양안 근시 및 원시상태에서부터 완전교정상태와 비교하여 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

Wood 등^[16]은 감소된 대비 감도는 느린 보행 속도, 보폭 넓이 증가 및 보폭 길이 감소와 같은 보행 패턴의 변화를 일으킨다고 보고했다. Marigold 등^[17]은 발 모양을 표시해 둔 위치를 정확하게 밟을 수 있는지 조사한 보행실험에서 $S+2.50$ D 렌즈로 유발시킨 근시성 흐림이 발생되면 이러한 보행 정확성이 상당히 감소된다고 보고했다. 본 연구에서도 유사하게 근시성 흐림은 보행 패턴을 쉽게 변경시키는 시각적 상태임을 확인하였고, $S+1.00$ D(양안 교정시력 평균 0.7 수준)로 유발된 저도 근시에서조차 보행 패턴에 영향을 미친다는 것을 본 연구를 통해 밝혀내었다. 또한, $S-1.00$ D로 유발된 원시의 경우, 흥미롭게도 1.0 이상의 교정시력에도 불구하고 보행 패턴의 변화는 근시 상태와 동일하게 발생하였다. 이렇듯 각 굴절이상을 유발하였을 때 보폭 길이가 짧아지고 분속수가 증가한 것은 일시적으로 변경된 시각 정보가 입력된 상황에서 전반적인 보행 안정성을 향상시키기 위해 보상기전이 작용된 것으로 판단된다. 보행 안정성을 향상시키기 위한 일반적인 보상작용으로는 보행 속도를 줄이는 것이며,^[18] 만약 보행 속도를 줄이지 못하는 경우, 보폭 길이를 줄이는 전략이 사용된다.^[19] 본 연구의 결과는 일정한 속도로 작동하는 트레드밀에서 보행 평가를 진행하였기 때문에 보폭 길이를 줄여 보행 안정성을 유지하고자 하는 보상전략에 따른 현상으로 해석된다. 따라서 저자들은 굴절이상 유형과 관계없이 1.00 D

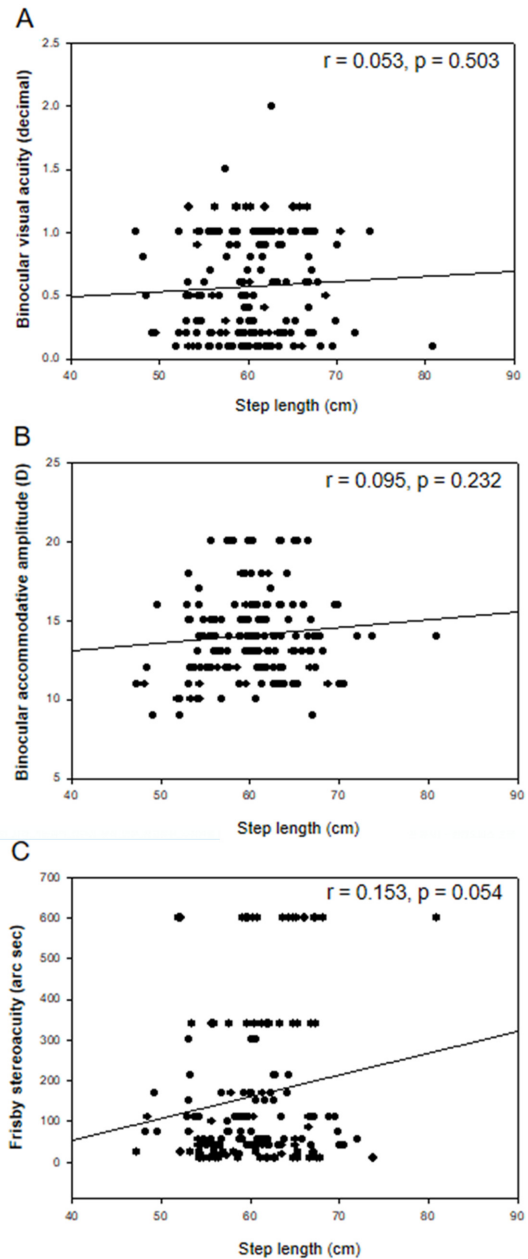


Fig. 3. Correlation between visual function factors and the step length depending on induced binocular myopia levels.

A: Binocular visual acuity vs. step length
 B: Binocular accommodative amplitude vs. step length
 C: Frisby stereoacuity vs. step length
 n=160 for each analysis

정도의 약도 굴절이상이라도 최적의 보행 패턴을 방해하는 시각적 요인이 되며, 이것은 보행의 효율성 저하로 이행될 수 있음을 주장하는 바이다.

3. 유발된 각 굴절이상에서 시각 기능요소와 보행 변수 간의 상관성

앞서 \pm 구면렌즈를 이용하여 유발시킨 근시 및 원시 상

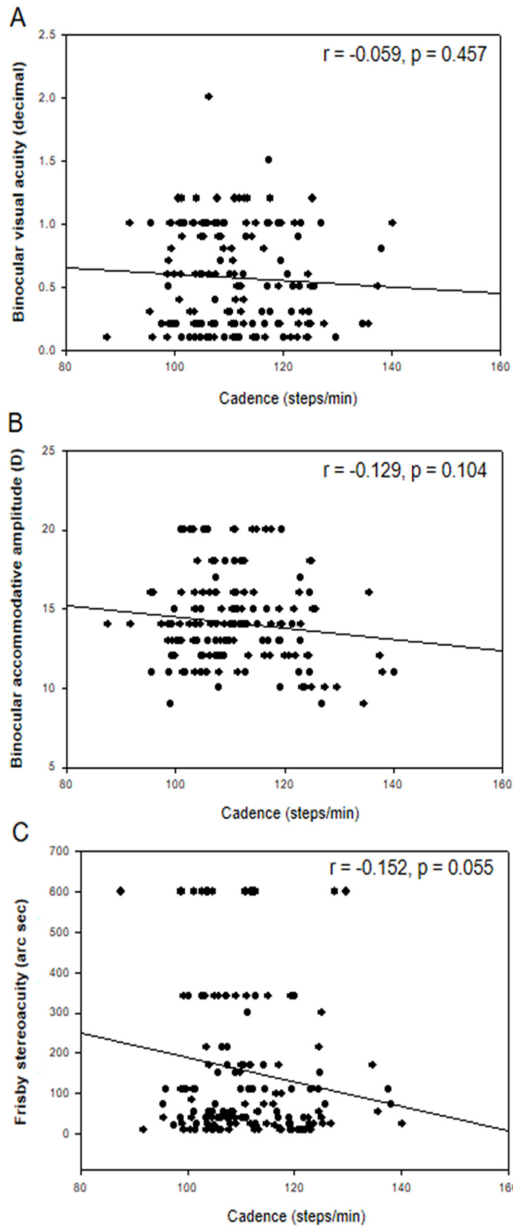


Fig. 4. Correlation between visual function factors and cadence depending on induced binocular myopia levels.
 A: Binocular visual acuity vs. cadence
 B: Binocular accommodative amplitude vs. cadence
 C: Frisby stereoacuity vs. cadence
 n=160 for each analysis

태에서 보폭 길이가 짧아지고, 분속수가 증가하는 결과에 대하여 고찰하였다. 이러한 현상이 주요 시각 기능요소들과 상관성이 있는지 분석해보았다. 이를 위해 완전교정상태에서 측정된 시각 기능요소의 측정값과 유발된 굴절이상 각 조건(S±1.00 D, 2.00 D, 3.00 D 부가)에서 측정된 값들을 모두 포함하여 상관성 분석을 실시하였다(n=160). 먼저 Fig. 3과 4에서 보듯이 양안 근시가 증가 될 때 시력, 조절력 그리고 입체시와 보행 변수 간의 상관 분석 결과, 모든 시각 기능요소들과 보행 변수 간의 통계적 유의성을

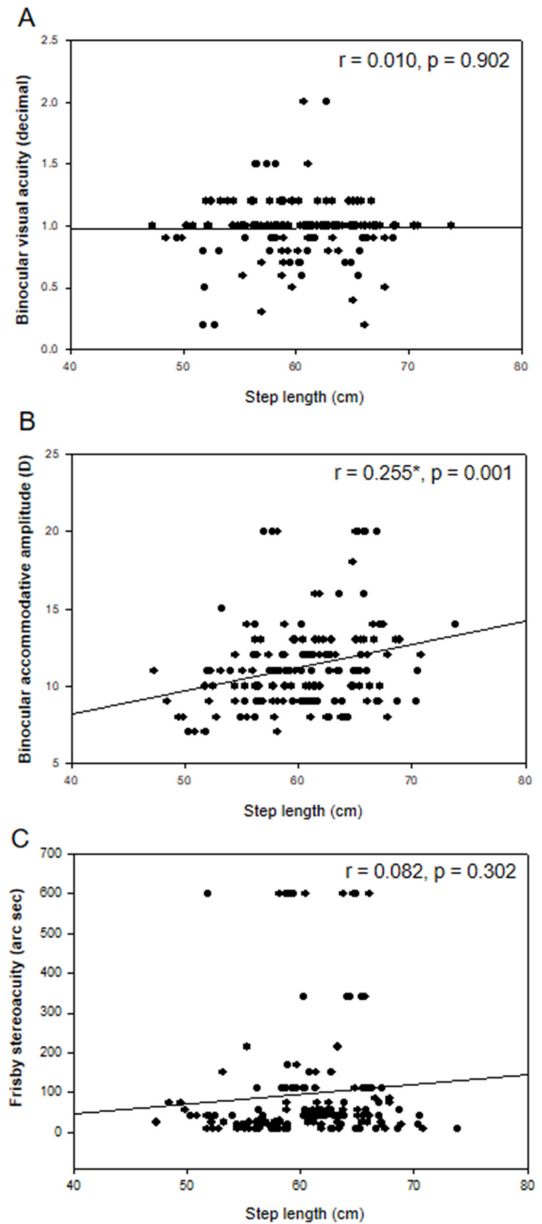


Fig. 5. Correlation between visual function factors and the step length depending on induced-binocular hyperopia levels.
 A: Binocular visual acuity vs. step length
 B: Binocular accommodative amplitude vs. step length
 C: Frisby stereoacuity vs. step length
 *p<0.05: significantly different by Pearson's correlation coefficient analysis
 n=160 for each analysis

찾을 수 없었다(p>0.05). 저자들은 근시가 유발될수록 비례적으로 감소하는 시력과 보행 패턴과의 의미 있는 상관성을 예상하였으나, 통계적으로 뒷받침되는 결과를 얻을 수 없었다. 하지만 상관 분석 중 입체시와 보행 패턴 간의 결과에서 경계적 유의성(입체시 vs. 보폭길이: r=0.153, p=0.054, Fig. 3C/입체시 vs. 분속수: r=-0.152, p=0.055, Fig. 4C)을 띄고 있어 임상적인 유효성을 제기할 수 있다.

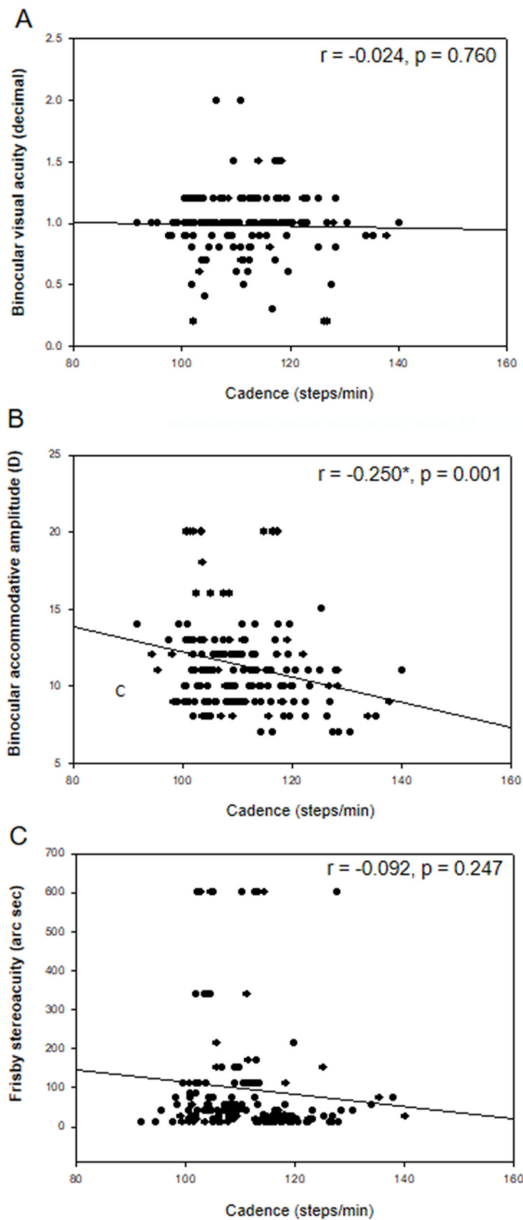


Fig. 6. Correlation between visual function factors and cadence depending on Induced binocular hyperopia levels.
 A: Binocular visual acuity vs. cadence
 B: Binocular accommodative amplitude vs. cadence
 C: Frisby stereoacuity vs. cadence
 * $p < 0.05$: significantly different by Pearson's correlation coefficient analysis
 n=160 for each analysis

Nevitt 등^[20]이 다양한 시각 기능 중 불량한 입체시가 낙상 위험을 증가시키는 결정적인 요인이라고 했듯이 입체시 능력은 원활한 보행 유지를 위한 주요 시각적 요인이 될 것이다. 이에 본 연구진도 입체시 저하는 보폭 길이를 감소시키는 요인이 될 것으로 생각하였으나, 상관 분석 결과, 입체시가 감소할수록 보폭길이는 오히려 증가하고, 분속수는 감소되는 경향을 보였다. 본 결과는 근시 상태가 유

발될 때 일시적으로 나타나는 보행 패턴의 변화와 상반되는 경향이며, 추가적인 연구를 통해 보행에 있어 입체시의 역할에 대한 면밀한 재검증이 필요할 것으로 사료 된다.

Fig. 5와 6은 유발된 양안 원시에서 시각 기능요소와 보행 패턴 간의 상관성 분석 결과를 나타낸 것이다. 양안 원시가 유발될 때 시력 및 입체시와 보행 패턴 간의 유의한 상관성은 보이지 않았다($p > 0.05$, Fig. 5A and C, Fig 6A and C). 하지만 보폭 길이와 조절력 간의 결과에서 유의한 양의 상관성을 보였고($r = 0.255$, $p < 0.05$, Fig. 5B), 분속수와 조절력 간의 결과에서도 유의미한 음의 상관성을 보여($r = -0.250$, $p < 0.05$, Fig. 6B), 실험대상자의 조절력이 감소할수록 보폭 길이도 함께 짧아지고, 분속수는 증가하는 경향을 확인하였다. 이는 원시를 유발하기 위해 부가된 (-) 구면렌즈의 굴절력이 높아질수록 대상자들의 조절요구도 비례적으로 증가하여 총조절력은 감소된 상태에서 검출된 것이고, 결국 원시증가에 따른 보행 패턴의 변화는 원거리에서 모양체의 조절기전에 따른 조절증가와 밀접한 관련성이 있는 것으로 해석된다. Takeda^[21]는 자율신경계의 불균형은 전정핵(vestibular nuclei) 또는 내이(inner ear)의 비대칭적인 활동을 발생시키고, 이러한 경우 어지러움을 경험한다고 하였다. 본 저자들의 선행연구에서도 원시에서 발생하는 지속적인 조절작용은 신체균형을 조절하는 감각기관 중 전정계에 부정적인 영향을 미친다는 것을 보고한 바 있다.^[22] 본 연구를 통해 미교정된 원시로 인한 지속적인 조절작용은 정적자세조절 뿐만 아니라 보행의 안정성까지도 방해하는 주요 원인임을 확인할 수 있었다. 하지만 본 연구결과는 구면렌즈를 이용해 일시적으로 유발한 실험 조건하에서 얻은 결과이므로 각 렌즈 착용 후 적응시간에 따른 변화와 실제 안경착용에 따른 교정효과에 대한 추가적인 연구가 요구된다. 또한, 부등시 및 난시와 같은 굴절이상상태에서의 분석도 수행하여 임상적 기초자료를 폭넓게 정립할 필요가 있을 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 원활한 독립보행이 가능한 신체 건강한 20대 40명을 대상으로 (±) 구면렌즈를 이용하여 양안 근시 및 원시를 정도별로 유발시킨 후 보행 패턴의 변화와 시각 기능과의 상관성을 분석하였다. 유발된 양안 근시와 원시의 정도가 증가함에 따라 보폭 길이는 현저하게 짧아졌으며, 분속수는 현저하게 증가하였다. 이러한 보행 패턴의 변화와 가장 밀접한 연관성이 있었던 시각 기능요소로 양안 원시에서 감소된 조절력으로 분석되었다. 결론적으로 미교정된 굴절이상은 최적의 보행 패턴을 일시적 방해하는 시각적 상태임을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] Kim JH, Oh TY. The comparison of characteristics of foot pressure between treadmill and ground walking in normal person. *J Korean Soc Phys Med*. 2010;5(1):53-61.
- [2] Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3(4):193-214. DOI: [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
- [3] Lim W, Ryu T, Choi H, et al. A comparison of gait characteristics between Korean and western young people. *J Ergon Soc Korea*. 2006;25(2):33-41. DOI: <https://doi.org/10.5143/JESK.2006.25.2.033>
- [4] Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*. 1988;319(26):1701-1707. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJM198812293192604>
- [5] Rubenstein LZ, Josephson KR, Robbins AS. Falls in the nursing home. *Ann Intern Med*. 1994;121(6):442-451. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-121-6-199409150-00009>
- [6] Beom J. Characteristics of elderly gait. *Journal of Korean Society for Prosthetics and Orthotics*. 2014;8(1):29-32.
- [7] Yamasaki M, Sasaki T, Torii M. Sex difference in the pattern of lower limb movement during treadmill walking. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62(2):99-103. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00626763>
- [8] Elliott DB, Bullimore MA, Patla AE, et al. Effect of a cataract simulation on clinical and real world vision. *Br J Ophthalmol*. 1996;80(9):799-804. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjo.80.9.799>
- [9] Kim JH. A study on travel errors of children with low vision. *The Korean Journal of Visual Impairment*. 2005; 21(1):27-41.
- [10] Figueiro MG, Plitnick B, Rea MS, et al. Lighting and perceptual cues: effects on gait measures of older adults at high and low risk for falls. *BMC Geriatr*. 2011;11:49. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-49>
- [11] Patla AE, Vickers JN. Where and when do we look as we approach and step over an obstacle in the travel path?. *Neuroreport*. 1997;8(17):3661-3665. DOI: <https://doi.org/10.1097/00001756-199712010-00002>
- [12] Vitale S, Ellwein L, Cotch MF, et al. Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2008;126(8):1111-1119. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.126.8.1111>
- [13] Bernal AG, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME. Reliability of the optogait portable photoelectric cell system for the quantification of spatial-temporal parameters of gait in young adults. *Gait Posture*. 2016;50:196-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.08.035>
- [14] Carlson NB, Kurtz D. *Clinical procedures for ocular examination*, 3rd Ed. New York: McGraw-Hill, 2004;98-109.
- [15] Benjamin WJ. *Borish's clinical refraction*, 2nd Ed. St.Louis: Elsevier, 2006;923-924.
- [16] Wood JM, Lacherez PF, Black AA, et al. Postural stability and gait among older adults with age-related maculopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(1):482-487. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.08-1942>
- [17] Marigold DS, Patla AE. Visual information from the lower visual field is important for walking across multi-surface terrain. *Exp Brain Res*. 2008;188(1):23-31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1335-7>
- [18] Dingwell JB, Marin LC. Kinematic variability and local dynamic stability of upper body motions when walking at different speeds. *J Biomech*. 2006;39(3):444-452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.12.014>
- [19] Hak L, Houdijk H, Steenbrink F, et al. Stepping strategies for regulating gait adaptability and stability. *J Biomech*. 2013;46(5):905-911. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.12.017>
- [20] Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, et al. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *JAMA*. 1989;261(18):2663-2668. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.1989.03420180087036>
- [21] Takeda N. Autonomic dysfunction in patients with vertigo. *Jpn Med Assoc J*. 2006;49(4):153-157.
- [22] Moon BY, Cho HG, Yu DS, et al. Uncorrected low hyperopia in young subjects induces postural instability even in those with clear visual acuity. *PLOS One*. 2019;14(10): e0224031. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224031>

유발된 굴절이상에 따른 보행 패턴의 변화와 시각 기능과의 상관성 분석

최재혁¹, 조현국², 문병연², 유동식², 김상엽^{2,*}

¹강원대학교 안경광학과, 학생, 삼척 25949

²강원대학교 안경광학과, 교수, 삼척 25949

투고일(2020년 8월 31일), 수정일(2020년 9월 15일), 게재확정일(2020년 9월 17일)

목적: 유발된 굴절이상에 따른 보행패턴의 변화를 조사하고, 시각 기능과의 상관성을 분석하고자 하였다. **방법:** 평균연령 22.23±1.99세의 40명의 건강한 젊은 성인을 대상으로 하였다. 양안근시 및 원시를 유발하기 위해 ±1.00 D, ±2.00 D 그리고 ±3.00 D의 구면렌즈를 이용하였다. 각 유발된 굴절이상에 따른 보폭 길이 및 분속수의 측정은 Optogait 보행측정기기를 사용하여 4 km/h 속도로 지정된 트레드밀 위에서 수행하였다. 각 유발된 굴절이상 조건에서 반복측정을 실시한 후 완전교정상태에서 측정한 값과 비교분석하였다. 그리고 보행 패턴의 변화와 시각 기능요소들 간의 상관성을 분석하였다. **결과:** S+1.00 D로 유발된 양안 근시와 -1.00 D로 유발된 양안 원시에서부터 완전교정상태와 비교해 보폭길이는 유의하게 짧아졌고, 분속수는 증가하였다. 이러한 보행 패턴의 변화와 가장 관련 있는 시각 기능요소는 양안 원시에서 감소된 조절력으로 나타났다. **결론:** 굴절이상유형 관계없이 미교정된 굴절이상은 최적의 보행 패턴을 일시적 방해하는 시각적 상태임을 확인하였다.

주제어: 굴절이상, 보행패턴, 보폭길이, 분속수, Optogait