

Cause Analysis in Decrease of Body Stability According to The Induced Astigmatic Blur

Sang-Yeob Kim, Dong-Sik Yu, Byeong-Yeon Moon, and Hyun Gug Cho*

Dept. of Optometry, Kangwon National University, Samcheok 25949, Korea
(Received July 31, 2016; Revised August 22, 2016; Accepted August 29, 2016)

Purpose: To establish the cause of decrease in body stability and to analyze the effects on sensory organs maintaining static balance according to the induced astigmatic blur. **Methods:** Twenty subjects (10 males, 10 females; mean age, 23.40±2.70 years) were participated in this study. To induce myopic simple astigmatism, the axis directions of cylindrical lenses were placed 180° on both eyes (with-the-rule), 90° on both eyes (against-the-rule), and 45° on both eyes (oblique). Cylindrical lenses of +0.50, +1.00, +1.50, +2.00, +3.00, +4.00, and +5.00 D were used to increase astigmatic blur in each astigmatism types. General stability (ST) and sway power (SP) in frequencies by each sensory organs were analyzed using the TETRAX biofeedback system. **Results:** ST in the all astigmatism types were raised with increase of astigmatic blur compared to full corrected condition, but a significant difference only showed in the induced oblique astigmatism. According to the results of correlation analysis between ST and SP in the each frequencies with increase of astigmatic blur, the causes of increased ST in the induced oblique astigmatism showed to have a high correlation in order of somatosensory system (high-medium frequency), central nervous system (high frequency), peripheral vestibular system (low-medium frequency), and visual system (low frequency). **Conclusions:** The visual information by uncorrected oblique astigmatism may disturb the normal functions of all sensory organs maintaining body balance, consequently, the body stability can be reduced. Therefore, optimal correction of astigmatism can play an important role for reducing the instability of body balance.

Key words: Astigmatic blur, Oblique astigmatism, Sensory organs, Body stability, General stability, Sway power

서 론

신체균형이란 최소한의 신체 흔들림(body sway)으로 신체중심(center of gravity: COG)을 지지면에 유지시키는 능력을 말한다.^[1] 신체균형은 고정된 지지면에 안정적으로 서있을 수 있는 정적균형과 움직임을 수행할 때의 균형인 동적균형으로 나눌 수 있다.^[2] 정상적인 신체균형을 유지하기 위해서는 감각신경계들(시각계, 전정계, 고유수용감각계)로부터 수용된 정보들이 중추신경계에서 통합과정을 거쳐 운동신경계와 적절한 상호조절이 이루어져야 하며, 환경의 변화에 따라 지속적으로 반응해야 한다.^[3,4] 따라서 신체균형을 조절하는 여러 기관들 중 어느 한 곳이라도 손상되면 신체의 균형장애는 쉽게 발생하며, 생리적으로 연령증가에 따라서도 균형감각은 감퇴한다.^[5]

신체균형을 담당하는 감각기관들 중 특히 시각계는 외부환경에 대한 정보의 80% 이상을 관여하여 환경에 대한

신체의 위치정보를 지속적으로 제공함으로써, 안정적인 신체균형유지에 필수적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다.^[6] 이는 1984년 Paulus 등이 정적자세에서 신체 흔들림은 눈을 뜨고 있었을 때보다 눈을 감았을 때 30% 이상 더 증가함을 밝혀낸 연구결과를 통해 쉽게 증명할 수 있다.^[7] 그럼에도 불구하고 국내의 경우, 광학적 교정상태와 신체 균형에 관련된 연구는 전무한 실정이라 판단되어 저자들은 이전 연구를 통해 (±)구면렌즈로 유발된 다양한 비정시가 정적자세에서 신체균형유지에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 근시 및 원시성 굴절이상의 미교정은 신체균형의 전반적인 안정성을 감소시키고,^[8] 낙상위험의 노출을 유발된 근시정보보다 원시성 굴절이상에서 더 민감함을 보고한 바 있다.^[9]

따라서 본 연구에서는 (+)원주렌즈를 통해 유발된 난시성 흐림이 신체균형의 안정성을 감소시키는지 알아보고, 정적균형을 유지시키는 다른 감각기관들에 미치는 영향을 분석하여 그 원인을 규명해보자고 하였다.

*Corresponding author: Hyun Gug Cho, TEL: +82-33-540-3411, E-mail: hyung@kangwon.ac.kr

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 취지에 동의한 평균 연령 23.40±2.70세의 20명(남 10, 여 10)을 대상으로 하였다. 문진을 실시하여 빈번한 낙상경험이나 신체균형과 관련 있는 신경근육이나 근골격질환, 전신질환, 안질환 및 이와 관련된 약물복용경험이 없음을 확인하였다. 그리고 시기능 검사를 통해 조절력, 입체시능력 등 양안시 기능이상이 있는 경우나 단안 최대교정시력이 1.0 미만인 경우는 대상에서 제외하였다. 대상자들의 평균 등가구면굴절력은 S-3.77±2.86 D이었고, 난시의 범위는 C-0.25 D~C-2.50 D였다.

2. 방법

1) 측정장비^[10]

신체균형을 평가하기 위해 TETRAX biofeedback system (Tetrax Portable Multiple System, Tetrax Ltd, Ranmat Gan, Israel)을 사용하였다. 사용된 측정 장비는 A(오른발 뒤꿈치), B(오른발 앞꿈치), C(왼발 뒤꿈치), D(왼발 앞꿈치)로 표시되어 있는 4개의 지면반력 감지장치를 통해 32초 동안 정적자세상태의 흔들림 영역 및 속도, 무게 중심의 이동 양상 등을 포괄적으로 측정하여 환자의 전체적 안정성을 평가할 수 있다.

2) 측정요소^[10,11]

측정장비를 이용하여 본 연구에서 분석한 내용은 아래와 같다.

(1) 안정성 지수(general stability; ST)

4개의 지면반력 장치에 실리는 무게의 변화에 따라 계산된 값으로 자세 흔들림의 정도를 측정하여 전반적인 안정성을 나타내는 지수이다. 이 값이 커질수록 정적신체균형은 불안정하다고 판단한다.

(2) 흔들림 강도(sway power; SP)

지면반력 장치위에서 신체 흔들림이 발생할 때 변동되는 측정값에 포함되어 있는 여러가지 진동수 성분들을 푸리에 변환(fourier transformation of postural sway)을 통해 4가지 주파수 영역으로 세분하여 흔들림의 강도를 계산한다.^[12] 아래와 같이 주파수 영역을 구분하여 신체 흔들림을 증가시킨 원인을 감각기관별로 분석할 수 있다.

a. 저주파수(low frequency)영역

0.01-0.1 Hz 영역을 의미하며, 비정상적으로 증가된 값은 시각기능이상과 연관된다.

b. 중·저주파수(low medium frequency)영역

0.1-0.5 Hz 영역을 의미하며, 비정상적으로 증가된 값은 말초전정계의 장애와 연관된다.

c. 중·고주파수(high medium frequency)영역

0.5-0.75 Hz 영역을 의미하며, 비정상적으로 증가된 값은 체성감각의 기능이상과 연관된다.

d. 고주파수(high frequency)영역

1.0-3.0 Hz 영역을 의미하며, 비정상적으로 증가된 값은 중추신경계의 장애와 연관된다.

3) 측정방법

포토퍼(Ultramatic RX Master, Reichert, USA)를 이용한 자각적 굴절검사를 통해 완전교정굴절력을 검출하였다. 대상자는 완전교정굴절력이 장입된 시험테를 착용하고 TETRAX 측정 장비의 지면반력장치 위에 올라서도록 하였다. 4개의 지면반력장치 위에 양발을 정확하게 정렬시키고 측정 장비의 매뉴얼에 따라 32초 동안 측정을 실시하였다. 측정 중 검사대상자의 조절반응을 최소화하기 위해 전방 30 m 앞 지정된 물체를 주시점으로 사용하였다.

양안에 동일한 근시성 단성난시를 강주경선의 방향에 따라 유형별로 유발하기 위해 (+)원주렌즈의 축을 1) 양안에 180° 방향(직난시 유발), 2) 양안에 90° 방향(도난시 유발), 3) 양안에 45°방향(사난시 유발)으로 설정한 후, 각각의 방향에 C+0.50 D, C+1.00 D, C+1.50 D, C+2.00 D, C+3.00 D, C+4.00 D, 그리고 C+5.00 D를 덧대어 각 난시유형별 흐림의 수준을 증가시켰다. 각 조건에 따라 측정을 실시한 후, 완전교정상태에서 측정된 ST값과 비교분석하였다. 난시성 흐림이 다른 감각기관에 미치는 영향을 조사하여 신체 안정성을 감소시키는 원인을 규명하고자 각 난시유형별 동일한 난시성 흐림 수준에서 각 주파수에 따른 SP값을 비교분석하였고, 완전교정상태에서 측정된 값을 기준으로 각 난시유형별 난시성 흐림이 증가함에 따른 ST값과 각 주파수 영역의 SP값 간의 상관성도 분석해 보았다. 측정 시 난시 교정축 방향이 바뀔 때마다 각 10분, 부가되는 원주렌즈 굴절력의 단계가 증가할 때마다 각 1분의 휴식 시간을 제공하였다.

4) 자료분석

자료분석은 SPSS (Ver.21 for window)를 사용하여 일원 배치분석(one-way ANOVA)과 Pearson의 상관분석을 실시하였고, 모든 분석은 p<0.05일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 유발된 난시유형 별 난시성 흐림의 증가에 따른 신체 균형의 안정성 지수(ST)의 변화

(+)원주렌즈의 축방향에 따라 유발된 근시성 단성 직난

Table 1. Changes in the general stability (ST) with an increase of (+) cylindrical lenses power depending on the induced astigmatism types

Cylindrical lenses power (D)	Induced astigmatism types		
	With-the-rule	Against-the-rule	Oblique
0.00	14.14±5.71	14.14±5.71	14.14±5.71 ^a
0.50	14.67±4.90	14.98±5.11	14.86±4.76 ^a
1.00	15.09±6.11	14.49±4.79	14.55±5.17 ^a
1.50	15.58±5.12	15.48±6.22	15.37±5.27 ^a
2.00	15.79±6.38	16.10±6.73	16.42±8.25 ^a
3.00	16.54±6.99	17.45±8.83	18.08±9.17 ^{ab}
4.00	17.76±9.30	17.97±13.46	19.49±11.11 ^{ab}
5.00	19.17±9.89	18.85±12.98	23.28±11.87 ^b
p/F	0.341/1.14	0.584/0.81	0.008/2.84*

*: $p < 0.05$, significant differences between subgroups by Duncan post-hoc of one-way ANOVA.

Data are expressed as mean±SD.

N = 20 (for each condition)

시, 도난시, 그리고 사난시의 흐림 수준이 증가함에 따른 ST의 변화는 Table 1과 같다. 먼저 유발된 직난시와 도난시의 경우, 난시성 흐림이 증가함에 따라 ST도 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 유발된 사난시에서는 난시성 흐림이 증가함에 따라 ST도 현저하게 증가하였고, 사후분석결과 C+5.00 D부가에 의한 강한 난시성 흐림에서 완전교정상태와 비교해 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 이런 결과로 근시성 단성난시에서는 동일한 정도의 미교정량이 존재하더라도 교정되는 난시축 방향에 따라 신체균형의 안정성에 미치는 영향에는 차이가 있음을 알 수 있었다. Johnson 등^[13]이 C+3.00 D의 교정축 방향을 180°, 90°, 135°, 45°로 장입하여 실험대상자의 보행패턴을 분석한 결과에서도 유발시킨 모든 난시유형에서 감소된 시력은 유사함에도 보행패턴의 변화는 사난시에서 가장 심하게 나타났다고 하였다. 따라서 Johnson 등의 선행연구와 본 연구결과를 종합하면, 미교정된 사난시는 직난시나 도난시보다 정적 및 동적균형유지 모두에서 더욱 부정적인 영향을 미치는 것으로 볼 수 있겠다. 또한 저자들은 이전연구를 통해 양안에 S+0.50 D로 유발된 근시와 단안에 S+1.00 D로 유발된 단순근시성부동시와 같이 약도의 근시성 흐림에서도 신체균형의 안정성은 현저히 감소되는 것을 확인하였다.^[8] 하지만 원주렌즈를 사용한 본 연구에서는 C+5.00 D를 통해 유발된 고도의 사난시에서만 의미있는 변화를 보였다. 따라서 축방향의 90°반대방향에만 해당 굴절력이 분포하는 원주렌즈로^[14] 유발된 난시성 흐림은 선명한 상을 유지하는 나머지 경선의 정상적인

시각정보로 인해 동일한 (+)구면굴절력으로 유발된 근시성 흐림보다 신체균형에 미치는 영향은 상대적으로 미미한 것으로 사료된다.

2. 유발된 난시유형 별 동일한 난시성 흐림 수준에서 각 주파수영역의 흔들림 강도(SP) 차이

유발된 각 난시유형 별 동일한 난시성 흐림 수준에서 각 주파수에 따른 SP의 차이는 Fig. 1과 같다. 대부분의 주파수 영역에서 유발된 난시성 흐림이 증가함에 따라 유발된 모든 난시유형에서 SP는 증가하는 경향을 보였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이는 주파수 영역은 나타나지 않았다($p > 0.05$).

3. 유발된 난시유형 별 난시성 흐림의 증가로 인한 안정성 지수(ST)의 변화와 각 주파수 영역의 흔들림 강도(SP) 간의 상관성 분석

Table 2는 유발된 각 난시유형 별 난시성 흐림의 증가로 인한 ST의 변화와 각 주파수 영역의 SP간의 상관분석결과를 나타낸 것이다. Table에 제시한 값은 20명을 대상으로 완전교정상태에서 측정된 ST값과 4가지 주파수영역의 SP값을 base line으로 두고 원주렌즈의 굴절력(C+0.50 D ~C+5.00 D)을 7 단계로 증가시켜 반복 측정한 후, 각 단계별로 측정된 값과 완전교정상태에서 측정된 값 간의 차이를 계산하여 분석한 Pearson의 상관계수를 의미한다 ($n=140$). 분석결과, 유발된 사난시에서 증가된 안정성 지수와 저주파수 및 중·저주파수는 각각 $r=0.189$ ($p < 0.05$), $r=0.255$ ($p < 0.05$)으로 약한 양의 상관성을, 중·고주파수 및 고주파수에서는 각각 $r=0.383$ ($p < 0.01$), $r=0.326$ ($p < 0.01$)으로 뚜렷한 양의 상관성을 보였다.

난시성 흐림이 증가할 때 신체균형의 안정성도 전반적으로 감소되었는데, 그 원인을 밝히고자 Fig. 1에서 각 난시유형별 동일한 흐림 수준에서 흔들림 강도의 평균차이

Table 2. Correlation between changes of ST and changes of SP in each frequencies with an increase of cylindrical lenses power compared to full corrected condition depending on the induced astigmatism types

Induced astigmatism type	Frequencies by Fourier transform			
	Low	Low medium	High medium	High
With-the-rule	0.046	0.094	0.144	0.059
Against-the-rule	-0.039	0.010	0.029	0.006
Oblique	0.189*	0.255*	0.383**	0.326**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$: significantly different to Pearson's correlation coefficient.

N = 140 (for each condition)

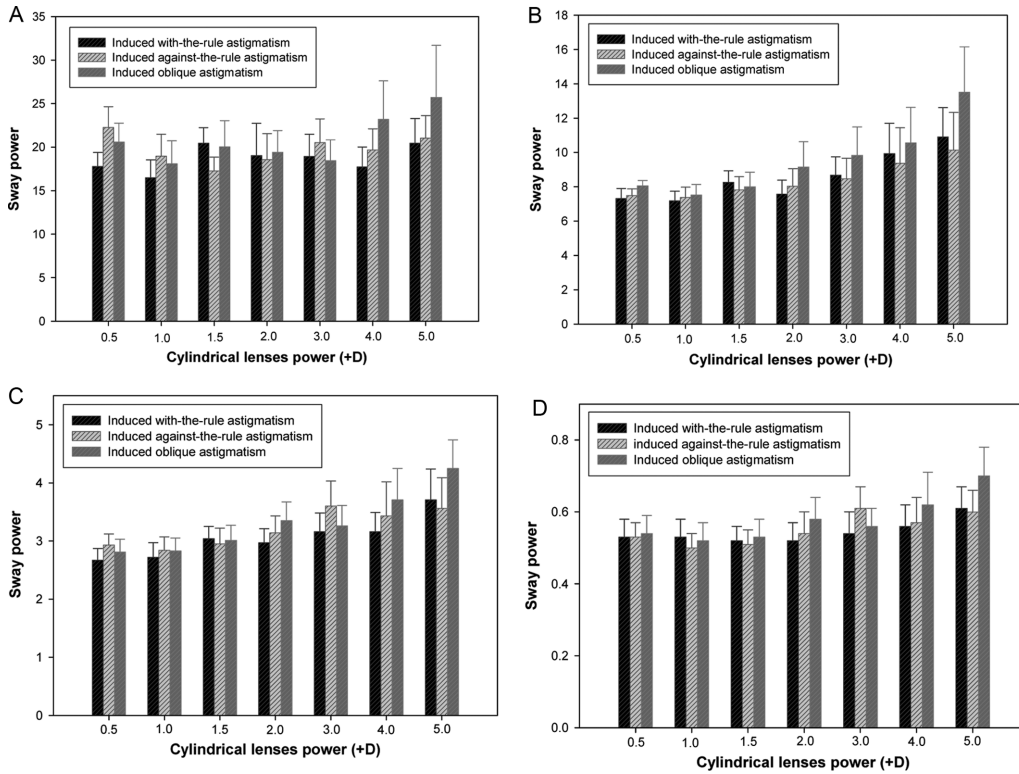


Fig. 1. Changes of sway power in each frequencies with an increase of (+) cylindrical lenses power (+D) depending on the induced astigmatism types.
 A. Low frequency, B. Low medium frequency, C. High medium frequency, D. High frequency

를 분석해 보았지만, 모든 주파수 영역에서 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 하지만 완전교정상태와 비교해 난시성 흐름의 증가에 따라 변화하는 ST값과 각 주파수 영역의 SP값 간의 상관분석 결과, 동일한 수준의 난시성 흐름을 유발하였음에도 사난시에서만 유의한 상관성을 보였다. 유발된 사난시가 신체 안정성을 감소시키는 원인으로서는 체성계의 영향에 의한 흔들림 증가가 가장 크게 작용되었고, 다음으로 중추신경계, 말초전정계, 시각계 순으로 영향을 끼쳤다(Table 2).

굴절이상의 유형 중 난시안은 다른 굴절력을 가진 두 경선에 따라 서로 다른 배율을 가지며, 이러한 경선 간 배율 차이는 시각인식능력을 방해할 수 있다고 하였다.^[15] 최근 Chapman 등^[16]이 사이즈렌즈를 이용하여 보행패턴을 분석한 연구에서도 관찰된 보행패턴의 변화를 시력손실보다 배율차이에 의한 것으로 결론지었다. 따라서 배율차이는 유발된 모든 난시에서 발생되지만, 수평·수직간의 배율차이를 유도하는 직난시나 도난시와 달리 사난시가 발생시킨 기울어진 배율인식은 시각정보 전달과정에서 신체의 평형감각을 유지하는 말초 전정계에 영향을 미치는 동시에 중추신경계 내 감각통합과정에도 혼란을 주는 것으로 생각된다. 감각통합처리과정이 원활하지 않을 때 생리적 어지러움과 더불어 균형유지를 방해할 수 있으며,^[17] 사난

시에 의한 부정확한 시각정보가 최종적으로는 정적균형유지에 가장 중요한 역할을 하는 하지 체성 감각계^[18]에도 부정적인 영향을 준 것이 신체균형의 불안정성을 증가시킨 가장 큰 원인으로 분석된다.

Lord 등^[19]은 감소된 체성감각기능은 자세안정성 감소와 낙상위험을 증가시키는 주요 원인이 되며, 연령증가와 높은 관련성이 있다고 하였다. 또, Anand 등^[20]은 체성감각과 전정감각의 정보에 방해를 주는 상태에서 부적절한 시각정보의 존재는 신체 불안정을 더욱 증폭시키는 원인이 된다고 하였다. Jack 등^[21]의 연구에 따르면, 낙상사고로 인해 입원한 노령 환자들 중 76%에서 시각적 문제가 존재하는 것으로 조사되었고, 이 중 79%는 굴절이상의 재교정(40%)이나 백내장수술(37%) 등을 통해 시력회복이 가능한 상태로 나타났다. 결국 노년층의 빈번한 낙상사고를 예방하는데 적절한 광학적 교정만으로도 상당한 효과가 있음을 반증하는 것이다.

정리하면, 동일한 수준의 난시성 흐름이라도 사난시로 인한 부적절한 시각정보는 균형을 조절하는 모든 감각기관을 방해할 수 있고, 그 중 체성감각계의 영향이 신체균형의 불안정성을 증가시킨 가장 큰 원인으로 작용하였다. 본 연구에 참여한 신체 건강한 젊은 대상자에서도 고도 사난시는 신체균형의 안정성을 현저하게 감소시킨다는 점

을 감안해 볼 때, 상대적으로 신체 기능이 퇴화된 노령층에서는 난시의 유형이나 정도에 관계없이 최적의 광학적 교정을 더욱 중요하게 고려해야 할 것이다. 더불어 낙상에 방을 위한 재활훈련영역에서도 훈련효과의 증대와 정확한 평가를 위해서는 모든 비정시의 적절한 광학적 교정이 필수적으로 뒤따라야 될 것으로 사료된다.

결 론

(+)원주렌즈를 이용하여 유발시킨 근시성 단성 직난시, 도난시, 사난시가 정적신체균형의 안정성에 미치는 영향과 그 원인을 조사한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 직난시와 도난시에서 난시성 흐림이 증가함에 따라 신체안정성은 완전교정상태와 비교해 감소하는 경향을 보였고, 사난시의 경우 C+5.00 D부가에서 유의한 차이를 보였다.

2. 유발된 사난시에서 난시성 흐림의 증가에 따른 신체 안정성의 감소원인은 체성계, 중추신경계, 말초전정계, 시각계의 영향 순으로 나타났다.

미교정된 직난시나 도난시와 달리 사난시로 인한 시각 정보는 신체균형을 조절하는 모든 감각기관들을 방해하는 원인이 될 수 있다. 따라서 최적의 난시교정은 신체균형의 불안정성을 제거시키는 중요한 요인이 되겠다.

REFERENCES

- [1] Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988;69(6):395-400.
- [2] Ragnarsdóttir M. The concept of balance. *Phys Ther.* 1996;82(6):368-375.
- [3] Stumieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin.* 2008;38(6):467-478.
- [4] Yelnik A, Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiol Clin.* 2008;38(6):439-445.
- [5] Chang WH. Common disorders causing balance problems. *Brain Neurorehabil.* 2013;6(2):54-57.
- [6] Lord SR. Visual risk factors for falls in older people. *Age Ageing.* 2006;35(2):ii42-ii45.
- [7] Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain.* 1984;107(Pt 4):1143-1163.
- [8] Kim SY, Moon BY, and Cho HG. Changes of body balance on static posture according to types of induced ametropia. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):239-246.
- [9] Kim SY, Moon BY, Cho HG. Body balance under ametropic conditions induced by spherical lenses in an upright position. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(3):615-618.
- [10] Park CS, Kang KY. Effect of visual biofeedback simulation training for balance in patients with incomplete spinal cord injury. *J of Contents Association.* 2011;11(11):194-203.
- [11] Chang KY, Woo HS. Influence of fall-preventive occupational therapy applied to elderly in the community upon balance ability. *J of Contents Association.* 2010;10(3):232-240.
- [12] Sunlight. TETRAX: FOURIER TRANSFORMATION OF POSTURAL SWAY, 1995. <http://www.sunlightnet.com/international/html/FourierTransformation.pdf>(7 July 2016).
- [13] Johnson L, Supuk E, Buckley JG, Elliott DB. Effects of induced astigmatism on foot placement strategies when stepping onto a raised surface. *PLoS One.* 2013;8(5):e63351.
- [14] Andrew K, Caroline C. *Clinical optics and refraction: a guide for optometrists, contact lens opticians and dispensing opticians*, 1st Ed. New York: Elsevier Health Sciences, 2007;59.
- [15] Adams WJ, Banks MS, van Ee R. Adaptation to three-dimensional distortions in human vision. *Nat Neurosci.* 2001;4(11):1063-1064.
- [16] Chapman GJ, Scally AJ, Elliott DB. Adaptive gait changes in older people due to lens magnification. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011;31(3):311-317.
- [17] Cho YJ. Diagnostic approach to the dizzy patient. *Inje Medical Journal.* 2002;23(4):245-251.
- [18] Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *J Physiol.* 1994;478(Pt 1):173-186.
- [19] Lord SR, Sherrington C, Menz HB. *Falls in older people: risk factors and strategies for prevention*, 1st Ed. Cambridge, UK: Cambridge University press, 2001.
- [20] Anand V, Buckley J, Scally A, Elliott DB. The effect of refractive blur on postural stability. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2002;22(6):528-534.
- [21] Jack CI, Smith T, Neoh C, Lye M, McGalliard JN. Prevalence of low vision in elderly patients admitted to an acute geriatric unit in Liverpool: elderly people who fall are more likely to have low vision. *Gerontology.* 1995;41(5):280-285.

유발된 난시성 흐림에 의한 신체 안정성 감소의 원인분석

김상엽, 유동식, 문병연, 조현국*

강원대학교 안경광학과, 삼척 25949

투고일(2016년 7월 31일), 수정일(2016년 8월 22일), 게재확정일(2016년 8월 29일)

목적: 유발된 난시성 흐림이 정적균형을 유지시키는 다른 감각기관들에 미치는 영향을 분석하여 신체 안정성을 감소시키는 원인을 규명하고자 하였다. **방법:** 평균 나이 23.40±2.70세의 20명을 대상으로 하였다. 근시성 단성난시를 유발하기 위해 (+)원주렌즈의 축을 양안에 180°(직난시), 90°(도난시), 그리고 45°(사난시) 방향으로 위치시켰으며, 각각의 방향에 +0.50 D, +1.00 D, +1.50 D, +2.00 D, +3.00 D, +4.00 D, 그리고 +5.00 D의 원주렌즈를 이용해 각 난시유형별로 난시성 흐림을 증가시켰다. TETRAX biofeedback system을 이용하여 각 조건에 따른 안정성 지수(ST)와 각 감각기관에 해당하는 4가지 주파수의 흔들림 강도(SP)를 측정하였다. **결과:** 난시성 흐림이 커질수록 유발된 모든 난시유형에서 ST는 완전교정상태와 비교해 증가하였지만, 유발된 사난시에서만 유의한 차이를 보였다. 난시성 흐림이 증가함에 따른 ST의 증가와 각 주파수별 SP간의 상관분석결과, 유발된 사난시에서 신체 안정성을 저하시키는 원인으로 체성계(중·고주파수), 중추신경계(고주파수), 말초전정계(중·저주파수), 그리고 시각계(저주파수)의 영향 순으로 높은 상관성을 보였다. **결론:** 미교정된 사난시로 인한 시각정보는 신체균형을 유지시키는 모든 감각기관의 정상적인 기능을 방해하여 신체 안정성을 감소시킬 수 있다. 따라서 최적의 난시교정은 신체균형의 불안정성을 제거시키는 중요한 요인이 될 수 있다.

주제어: 난시성 흐림, 사난시, 감각기관, 신체 안정성, 안정성 지수, 흔들림 강도