

Influence of Different Diagnostic Criteria on Frequency of Convergence Insufficiency

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

Dept. of Optometry, Kangwon National University, Samcheok 25949, Korea
(Received July 27, 2016: Revised August 9, 2016: Accepted August 10, 2016)

Purpose: This study was to investigate whether the application of different diagnostic criteria affected the frequency of convergence insufficiency (CI). **Methods:** Eighty one subjects with mean age of 22.54 years (20 to 27 years) were evaluated. Binocularity tests after refraction were performed as the following tests: near point of convergence (NPC) with an accommodative target, phoria using von Graefe method, positive fusional vergence (PFV) with a phoropter. Subjects with CI were diagnosed when exophoria (exo) was greater at near than at distance ($\text{exo} \geq 4 \Delta$, or $>6 \Delta$), fusional vergence was $\text{PFV} \leq 11 \Delta$ for blur, $\text{PFV} \leq 15 \Delta$ for break, Sheard's or Percival's criterion, and NPC was $\text{NPC} \geq 6$ cm, ≥ 7.5 cm or >10 cm. **Results:** Frequency of CI with one diagnostic criterion was ranged from 6.2% to 77.8%, and was overestimated or underestimated according to criteria. It was reduced to the range of 6.2% to 43.2% with diagnostic criteria more than two, especially to the range of 24.7% to 28.4% with lower variability in diagnostic criteria including phoria and Sheard's criterion. There were high relationship between total score of signs and phoria score ($r = 0.772$, $p < 0.001$), and measured phoria and Sheard's criterion ($r = -0.654$, $p < 0.001$), but NPC had a high variability and a weak or no significant relationship with other diagnostic criteria. Results suggested $\text{exo} \geq 4 \Delta$, Sheard's criterion and $\text{NPC} \geq 7.5$ cm for diagnostic criteria of signs and sequence for CI. **Conclusions:** Frequency of CI is likely to be over- and underestimated with diagnostic criteria. Cutoff values and procedures for phoria, Sheard's criterion and NPC as clinical signs should be suggested definitely in diagnosis associated with CI.

Key words: Convergence insufficiency, Diagnostic criteria, Exophoria, Positive fusional vergence, Near point of convergence, Sheard's criterion, Percival's criterion

서 론

폭주부족(convergence insufficiency, CI)은 원거리와 비교하여 근거리에서 외사위(exophoria, exo)가 더 크고, 폭주근점(near point of convergence, NPC)이 멀어지면서, 양성융합이향운동(positive fusional vergence, PFV)이 작아지는 징후(sign)를 보인다.^[1] 폭주부족과 관련된 증상(symptom)은 흐림, 두통, 복시, 근거리 작업과 관련된 눈의 불편함 등이 있으며, 조절 및 양안시이상과 관련된 증상 중에서도 대부분이 폭주부족과 관련되어 있을 만큼 아주 다양하게 나타난다.^[2]

폭주부족은 흔한 양안시이상의 하나이고,^[3] 학습 곤란이나,^[4] 주의력결핍 과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)^[5,6]와도 관련되어 있어서 이에 대한 진단, 처방 및 치료^[1,7]에 관한 연구에도 꾸준히 적용되고 있다.

폭주부족의 유병률은 1.75%에서 33% 범위로 넓다.^[8-10]

이와 같이 폭 넓은 유병률은 검사 대상과 시기, 검사 항목과 판정 기준 등에 따라 다르다.^[7] 이러한 이유로 일관성 있는 진단기준 없이 폭주부족의 유병률, 특징, 처치 등에 관한 여러 연구 결과를 비교하는 것은 한계가 있을 것이다.

폭주부족의 진단기준은 원거리와 근거리의 사위 차이의 비교, 사위에 따른 융합이향운동(fusional vergence), 폭주근점, 조절성폭주비(accommodative convergence to accommodation ratio, AC/A), 음성상대조절력(negative relative accommodation, NRA), 조절지체(accommodative lag) 등^[1,11,12]과 같은 징후와 관련된 항목과 문진 또는 설문을 통한 증상과 관련된 항목들이며, 진단 항목과 기준에 따라 폭주부족의 빈도(진단빈도)가 다를 것으로 예상된다. 하지만, 폭주부족 진단 기준의 차이에 따른 영향을 직접 평가한 연구가 없는 실정이다. 본 연구는 진단의 항목을 최소화하고, 그 항목의 판정 기준을 다양하게 적용하여 폭주부족의 빈도에 미치는 영향을 평가함으로써 유효한 진단기준을 제시하고자 하였다.

*Corresponding author: Byeong-Yeon Moon, TEL: +82-33-540-3412, E-mail: bymoon@kangwon.ac.kr

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 취지를 이해하고 구두로 참여에 동의한 전신 질환과 안질환 등의 병력이 없고, 원용 교정시력이 0.8 이상, 굴절부등이 2.00 D 미만인 20~27세의 대학생 81명(평균 22.54±2.38세: 남 53명, 여 28명)을 대상으로 검사하였다. 대상자 눈의 굴절상태는 정시 24안(14.8%)과 근시 138안(82.2%)이었으며, 굴절이상은 등가구면 기준으로 평균 -3.53±1.95 D였다.

2. 방법

1) 검사 과정

문진은 눈 피로, 눈부심, 두통, 복시, 시력의 편안함, 독서나 학업 등의 근거리 작업과 관련한 시각적 자각 증상을 중심으로 실시하였다.

검사는 원거리(5 m)와 근거리(40 cm)에서 실시하였다. 먼저 예비검사에서 시력과 가림검사를 실시하였고, 폭주근점 검사는 조절성 시표를 이용하여 3회 실시하였다.

타각적 굴절검사는 자동굴절검사기(ARK-700, NIDEK, Japan)를 사용하였고, 자각적 굴절검사는 수동 포롭터(VT-SE, Topcon, Japan)를 사용하였다.

양안시 평가에서 수평 사위는 본 그래페(von Graefe)법으로 측정하였고, 융합이향운동은 수동 포롭터에 장착된 로터리프리즘으로 양성융합이향운동(positive fusional vergence, PFV 또는 BO vergence)과 음성융합이향운동(negative fusional vergence, NFV 또는 BI vergence)을 평가하였다. AC/A비는 경사(gradient)법과 계산(calculated 또는 heterophoria)법으로 결정하였고, 조절력(accommodative amplitude)은 푸쉬업법으로 측정하였다. 또한, 간접적으로 양안시 평가에 적용되는 항목으로 상대조절력(relative accommodation)검사를 실시하였다.

2) 폭주부족 진단기준

폭주부족 진단은 여러 연구에서 다양하게 적용되었고,^[11,13-21] 이들 진단기준의 공통 항목은 Table 1과 같이 추출할 수 있었다. 폭주부족은 대부분 독서나 근거리 작업 시에 자각적 증상을 보이지만 증상이 나타나지 않는 경우도 있다.^[8] 이러한 이유로 증상은 배제하고 검사 결과에 의해 나타날 수 있는 증상, 즉 징후 기준에 따라 폭주부족 빈도를 분석하였다. 진단기준의 징후 종류별 항목은 근거리와 원거리 사위의 차이, 융합이향운동, 그리고 폭주근점으로 하였다. 융합이향운동에서는 양성융합이향운동의 호린점과 분리점을 사용하였고, 웨어드 기준과 퍼시발 기준에 의한 프리즘 처방값을 사용하였다. 한편, AC/A비, 음성상대조절력과 조절지체는 진단기준에서 제외하였고, 단지 폭주부족을 확인하는 자료로 활용하였다. 조절력에서 최소 기대치(Hofstetter의 식=15.00 D - 0.25 × 나이 D)^[22] 이하이면 조절부족이나 조절부족과 관련된 폭주부족으로 판단하여 폭주부족 빈도분석에서 제외하였다.

Table 1. Diagnostic criteria for frequency of CI

Sign categories	Criteria
1. Phoria	<ul style="list-style-type: none"> • Exo at near ≥4 Δ than at distance^[11,13,14] • Exo at near >6 Δ than at distance^[15,16]
2. Fusional vergence ^a	<ul style="list-style-type: none"> • PFV≤11 Δ for blur^[15] • PFV≤15 Δ for break^[17] • Sheard's criterion: (2×phoria-PFR)/3>0^[18,19] • Percival's criterion: (NFV-2×PFV)/3>0^[20]
3. NPC	<ul style="list-style-type: none"> • NPC≥6 cm^[21] • NPC≥7.5 cm^[8,22] • NPC>10 cm^[15]

^aValues represent data at near; Exo: exophoria; PFV: positive fusional vergence; PFR: positive fusional reserve; NFV: negative fusional vergence; NPC: near point of convergence.

Table 2. Score and criteria of grouping for CI classification

Sign categories	Score	CI classification
Phoria	3.0	Exo≥4 Δ
		Exo>6 Δ
Fusional vergence	3.0	PFV≤11 Δ
		PFV≤15 Δ
		Sheard
		Percival
NPC	3.0	≥6 cm
		≥7.5 cm
		>10 cm

Abbreviations are the same as the previous notes for Table 1.

3) 폭주부족 분류 기준

폭주부족의 정도에 따른 분류를 위해 징후 종류별로 3 점을 부여하였고, 동일 징후가 2개 이면 각각 1.5점을, 동일 징후에서 강약에 따라 구분하여 Table 2와 같이 점수를 부여하여 통계 분석하였다. 폭주부족 분류기준은 3종류의 징후 중에서 가장 약한 진단기준으로 2개 이하 또는 가장 높은 진단기준으로 1개 이하(점수≤3)를 가질 때 불명확한 폭주부족(indefinite CI) 군으로 분류하였으며 폭주부족으로 판정하기에 부족하다는 의미이며, 가장 강한 진단기준 2개 이상(점수>6)일 때 명확한 폭주부족(definite CI) 군으로 폭주부족을 나타내며, 그 외의 개연성 폭주부족(suspect CI) 군은 폭주부족의 가능성이 높다는 의미로 분류하였다. 이 분류 기준은 Rouse 등^[23]이 제시한 폭주부족 분류 기준을 모델로 정량화하여 재구성하였다.

4) 폭주부족 빈도 분석 절차

폭주부족 유무와 그 정도에 따른 빈도 분석은 Fig. 1과 같은 순서로 하였다. Table 1에 제시된 폭주부족 진단기준에 따라 하나의 진단기준을 우선적으로 선택하여 빈도 분석을 하였고, 그 다음의 변수는 징후의 빈도수가 많은 쪽으로 선택하여 빈도의 변화가 없을 때까지 반복적으로 변수를 선택하여 조사하였다.

5) 자료 처리 및 분석

자료 처리와 데이터 해석에서 외사위는 음의 부호, 내사위는 양의 부호를 부여하였다. MedCalc®(version 10.3.1.0, MedCalc Software bvba, Belgium)을 이용하여 기술통계와 Pearson 상관분석을 실시하였다. 모든 분석에서 신뢰구간은 95%로 하였고, 유의 확률(p)<0.05일 때 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

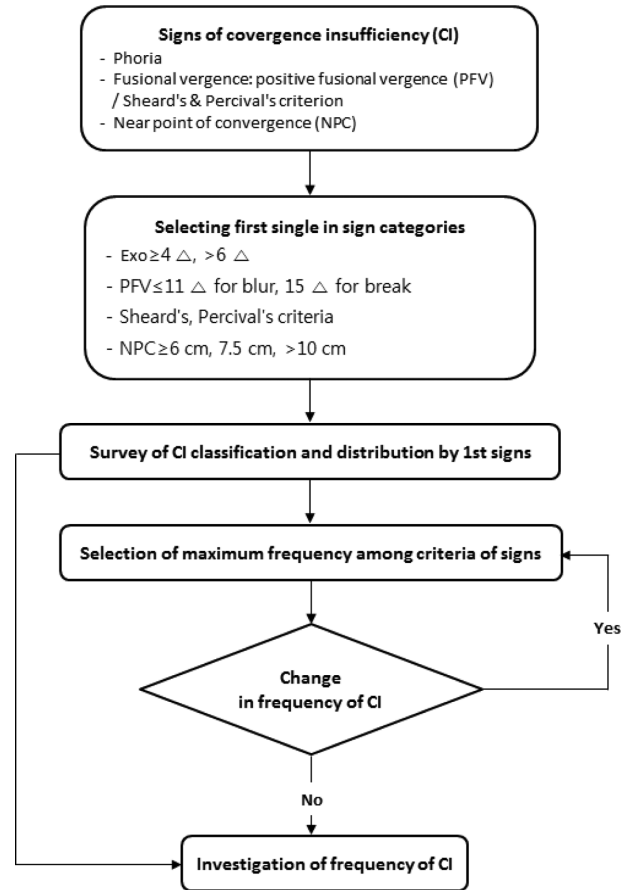


Fig. 1. Flow chart showing procedure for investigation of frequency of CI.

결과 및 고찰

1. 하나의 진단기준을 우선으로 한 폭주부족의 빈도
진단기준의 우선순위에 따른 영향을 알아보기 위해 하나의 징후를 진단기준으로 폭주부족의 빈도를 분류한 결

Table 3. Distribution of CI classification by selecting 1st single diagnostic criteria (N=81)

Selected 1st signs	Without CI, No. (%)	With CI, No. (%)				
		Total	Indefinite CI	Suspect CI	Definite CI	
Phoria	Exo≥4 Δ	20 (24.7)	61 (75.3)	13 (16.0)	37 (45.7)	11 (13.6)
	Exo>6 Δ	41 (50.6)	40 (49.4)	2 (2.5)	28 (34.6)	10 (12.3)
Fusional vergence	PFV≤11 Δ	72 (88.9)	9 (11.1)	0 (0.0)	2 (2.5)	7 (8.6)
	PFV≤15 Δ	72 (88.9)	9 (11.1)	0 (0.0)	4 (4.9)	5 (6.2)
	Sheard	54 (66.7)	27 (33.3)	1 (1.2)	17 (21.0)	9 (11.1)
	Percival	59 (72.8)	22 (27.2)	10 (12.3)	5 (6.2)	7 (8.7)
NPC	≥6 cm	18 (22.2)	63 (77.8)	17 (21.0)	35 (43.2)	11 (13.6)
	≥7.5 cm	54 (66.7)	27 (33.3)	7 (8.7)	10 (12.3)	10 (12.3)
	>10 cm	76 (93.8)	5 (6.2)	0 (0.0)	1 (1.2)	4 (4.9)

Abbreviations are the same as the previous notes for Table 1.

과는 Table 3과 같다.

폭주부족의 빈도는 폭주근점 기준이 6 cm 이상일 때 77.8%로 가장 높고, 기준이 10 cm를 초과할 때 6.2%로 가장 낮게 나타났다. 폭주근점의 정상 기대치 5 ± 2.5 cm^[24]인 것과 비교할 때 6 cm의 기준은 정상 범위에 속하는 기준으로 폭주부족의 빈도를 과대하게 평가되는 요소이다. 이 기준으로 폭주부족을 분류하면 개연성 폭주부족 군이 43.2%이며, 불명확 폭주부족 군이 21%로 폭주부족의 명확성이 상대적으로 낮다. 한편, 폭주근점 기준이 10 cm를 초과하는 기준은 폭주부족 판단에서 명확성은 좋아지지만 이 기준 이하의 폭주부족을 배제시킬 가능성 높다. 따라서 폭주근점 기준은 Rouse 등^[23]과 Chen 등^[25]이 사용한 7.5 cm 이상이 적절하다고 본다. 이 기준은 Shim 등^[26]이 20~30대의 한국인을 대상으로 정상안과 폭주부족안의 폭주근점이 각각 5.71 cm와 7.07 cm로 발표한 것과 유사하다. 그러나 폭주근점 기준만으로 폭주부족을 판단하게 되면 Duane 분류 체계 기준^[11]인 원거리와 근거리 사위의 요소가 배제되는 단점이 있다. 이러한 이유로 폭주근점 기준은 폭주부족 빈도의 변동성이 큰 요소이므로 진단기준의 우선순위에서 배제되어야 하며, 근거리의 사위 기준이 우선되어야 할 것으로 본다.

원거리 사위보다 근거리 외사위의 차이가 4 Δ 이상과 6 Δ를 초과하는 진단기준으로 할 때 폭주부족의 빈도는 각각 75.3%와 49.4%로 높았고, 두 기준 간의 빈도 차이가 25.9%로 컸다. 이 결과는 폭주부족의 유병률 1.75%~33%^[8,9,27,28]보다 높고, Kim 등^[29]이 성인을 대상으로 원거리 사위 $1 \text{exo} \pm 2 \Delta$ 를 기준하여 근거리의 외사위가 5 Δ 이상을 진단기준으로 할 때 폭주부족 빈도가 26.2%인 것과 Ko 등^[30]이 어린이를 대상으로 한 CISS (convergence

insufficiency symptom survey)^[31]를 이용하여 폭주부족과 관련된 증상의 정량평가에서 39.2%의 폭주부족으로 평가한 것보다 높다. 사위 기준 즉, 4 Δ 이상과 6 Δ 초과의 진단기준은 개연성 폭주부족이 각각 45.7%와 34.6%로 높은 것으로 볼 때 폭주부족 빈도를 명확히 반영하지 못한 것으로 본다.

융합이향운동에서 폭주부족 징후의 하나인 양성융합이향운동의 흐린점과 분리점을 진단기준으로 한 폭주부족의 빈도는 똑같이 11.1%로 낮게 분석되었다. 이와 같이 낮은 빈도의 결과는 진단기준에서 흐린점 11 Δ와 분리점 15 Δ은 각각의 정상 기대치 17 ± 3 와 $21 \pm 3 \Delta$ ^[32]의 최소 기준보다 낮게 설정된 것과 관련이 있을 것이다. 한편, 양성융합여력(positive fusional reserve, PFR)이 외사위 크기보다 2배가 넘지 않을 때 프리즘을 처방하는 웨어드 기준^[33]과 양성융합이향운동과 음성융합이향운동 중 어느 하나가 다른 것의 2배가 넘으면 프리즘을 처방하는 퍼시발 기준^[33]에서 폭주부족 빈도는 각각 33.3%, 27.2%로 나타났다. 폭주부족 분류에서 퍼시발 기준은 개연성 폭주부족 군이 6.2%, 불명확한 폭주부족 군이 12.3%로 높아 폭주부족 판정에 부족한 요인이 많은 것으로 파악되며, 반면 웨어드 기준은 개연성 폭주부족 군이 21%, 불명확한 폭주부족 군이 1.2%로 분류되어 이 기준이 상대적으로 폭주부족의 특성을 잘 반영되는 것으로 본다. 이러한 특성은 퍼시발 기준이 근거리 내사위에, 웨어드 기준이 외사위에 더 효과적인 프리즘 처방 기준으로 적합하다는 것^[19]과 관련 있는 것으로 본다.

하나의 징후를 진단기준으로 한 폭주부족의 빈도 분석에서 폭주근점은 편차가 큰 진단기준이었다. 융합이향운동에서 양성융합이향운동 진단기준은 폭주부족을 배제할

Table 4. Distribution of CI classification by selecting more than one diagnostic criteria (N=81)

Priority of sign ^a		With CI, No. (%)				
		Total	Indefinite CI	Suspect CI	Definite CI	
Phoria	1st steps Exo $\geq 4 \Delta$	Next steps NPC → Sheard	22 (27.2)	0 (0.0)	13 (16.1)	9 (11.1)
	Exo $> 6 \Delta$	NPC → Sheard	20 (24.7)	0 (0.0)	12 (14.8)	8 (9.9)
Fusional vergence	PFV $\leq 11 \Delta$	Phoria or Sheard	9 (11.1)	0 (0.0)	2 (2.5)	7 (8.6)
	PFV $\leq 15 \Delta$	Phoria	9 (11.1)	0 (0.0)	4 (4.9)	5 (6.2)
	Sheard	Phoria	23 (28.4)	0 (0.0)	15 (18.5)	8 (9.9)
	Percival	NPC → Phoria	12 (14.8)	0 (0.0)	5 (6.2)	7 (8.6)
NPC	≥ 6 cm	Phoria	35 (43.2)	0 (0.0)	25 (30.9)	10 (12.3)
	≥ 7.5 cm	Phoria	12 (14.8)	0 (0.0)	3 (3.7)	9 (11.1)
	> 10 cm	Phoria	5 (6.2)	0 (0.0)	1 (1.3)	4 (4.9)

^aSelected next step as priority of sign depends on maximum number of subjects. Abbreviations are the same as the previous notes for Table 1.

가능성이 높은 기준인 반면, 폭주부족이 근거리 외사위인 점을 고려할 때 퍼시발 기준보다 웨어드 기준이 타당한 것으로 본다. 또한, 사위 기준 하나의 징후만으로는 폭주부족을 과대평가할 여지가 많다.

2. 두 가지 이상의 진단기준으로 한 폭주부족의 빈도

두 가지 이상의 징후를 진단기준으로 적용했을 때 폭주부족의 빈도에 미치는 영향을 알아보고, 진단 순서와 정량적 기준을 결정하고자 하였다. 이는 하나의 진단 기준에서 폭주부족 빈도를 과소 또는 과대평가할 수 있는 요인을 제거할 수 있는 방법으로 본다. Table 4는 두 가지 이상의 진단기준으로 분석한 폭주부족의 빈도를 나타낸 것이다. 연속되는 다음 진단의 선택기준은 빈도수가 가장 많은 것을 기준하였다.

폭주부족 진단기준에서 폭주근점 기준만을 선택했을 때 변동성이 컸고, 두 가지 이상의 진단기준을 선택했을 때도 변동성은 6.2%~43.2%로 컸다. 폭주근점 기준을 배제하고, 두 가지 이상 진단기준의 적용은 하나의 진단기준에 비하여 11.1%~75.3%에서 11.1%~28.4%로 폭주부족 진단의 명확성이 증가한 결과를 보였다. 또한, 사위 기준과 웨어드 기준을 포함하는 진단기준일 때 폭주부족의 빈도는 24.7%~28.4%로 변동의 폭이 안정적으로 나타났다.

1단계 사위도 기준에서 2단계 프리즘 처방 기준으로 폭주부족 빈도를 분석한 결과 불명확한 폭주부족은 모두 배제되었다. 사위 기준에서 $exo > 6 \Delta$ 기준이 $exo \geq 4 \Delta$ 기준보다 단지 $N=2$ 가 감소하였다. 이는 $exo > 6 \Delta$ 기준으로 할 때 2명이 폭주부족에 포함되지 않아 약 10%의 차이를 보였다. 그러나 사위 기준에서 두 가지 이상의 조건 즉 폭주근점과 자각적 증상 등^[1,24,34]을 고려하여 폭주부족을 판정한다면 좀 넓은 $exo \geq 4 \Delta$ 기준이 폭주부족을 놓치지 않을 가

능성이 높은 바람직한 진단기준으로 본다. 양성융합이향운동의 흐린점이나 분리점 기준은 두 가지의 진단기준에 영향을 받지 않은 것으로 평가되었다. 즉, 양성융합이향운동 기준은 명확한 폭주부족 군을 폭주부족이 아닌 것으로 과소평가할 가능성이 많은 것으로 본다.

선택 기준 적용에 따른 차이의 빈도는 Table 5와 같다. 사위 기준 적용 후 폭주근점과 웨어드 기준 적용은 $exo \geq 4 \Delta$ 기준에서는 차이를 보이지 않았고, $exo > 6 \Delta$ 기준에서는 2명의 폭주부족을 누락시켜 10.0%의 차이를 보였다. 웨어드 기준 적용 후 사위 기준 적용은 23명 중에서 폭주근점과 무관한 2명이 폭주부족으로 판정되어 8.7%의 차이를 보였다. 퍼시발 기준에서는 폭주부족 12명 중 7명이 폭주부족으로 나타나 58.3%의 차이를 보였다. 폭주근점 ≥ 6 기준에서는 35명 중 15명이 폭주부족과 무관하여 42.9%의 차이를 보였고, 폭주근점 $> 10 \text{ cm}$ 에서는 60.0%의 차이를 보였으며, 폭주근점 $\geq 7.5 \text{ cm}$ 에서는 41.7%를 보였다.

두 가지 이상의 폭주부족 진단기준은 하나의 진단기준 적용보다 폭주부족 진단의 명확성이 증가하였다. 폭주부족의 진단의 차이를 고려한 폭주부족의 진단기준은 사위 기준으로 $exo \geq 4 \Delta$, 융합이향운동의 기준으로 웨어드 기준, 폭주근점 기준으로 폭주근점 $\geq 7.5 \text{ cm}$ 를 제시한다. 이 기준으로 의한 폭주부족 빈도는 9.9%로 분석되었다.

3. 진단기준 항목간의 상관관계

폭주부족의 진단기준에 포함된 징후간의 Pearson(r)상관관계 분석으로 각 인자(factor)간의 연관성을 찾고자 하였다. 그 결과를 Table 6과 같이 나타내었다.

대상자 81명에 대해 3종류의 진단기준에 따라 부여된 점수를 기반으로 상관관계 분석하였다. 전체 점수와 사위도 점수, 융합이향운동 점수, 폭주근점 점수에서 각각의

Table 5. Differences of CI determination by selecting multi-diagnostic criteria

Sequence of multi-diagnostic criteria			With CI, No. (%)	Differences of CI determination No. (%)
Phoria	$Exo \geq 4 \Delta$	NPC → Sheard	22 (27.2)	0 (0.0)
	$Exo > 6 \Delta$	NPC → Sheard	20 (24.7)	2 (10.0)
Fusional vergence	$PFV \leq 11 \Delta$	Phoria or Sheard	9 (11.1)	1(11.1)
	$PFV \leq 15 \Delta$	Phoria	9 (11.1)	3 (33.3)
	Sheard	Phoria	23 (28.4)	2 (8.7)
	Percival	NPC → Phoria	12 (14.8)	7 (58.3)
NPC	$\geq 6 \text{ cm}$	Phoria	35 (43.2)	15 (42.9)
	$\geq 7.5 \text{ cm}$	Phoria	12 (14.8)	5 (41.7)
	$> 10 \text{ cm}$	Phoria	5 (6.2)	3 (60.0)

Abbreviations are the same as the previous notes for Table 1.

Table 6. Relation between sign categories (N=81)

Between sign categories		r	p-value*
Score	Total score vs phoria score	0.772	<0.001
	Total score vs FV score	0.756	<0.001
	Total score vs NPC score	0.673	<0.001
	FV score vs NPC score	0.621	<0.001
	Phoria score vs FV score	0.371	0.001
	NPC score vs phoria score	0.204	0.068
Raw data	PFV blur vs PFV break	0.702	<0.001
	Phoria difference vs Sheard	-0.654	<0.001
	Sheard vs PFV break	-0.626	<0.001
	Sheard vs PFV blur	-0.449	<0.001
	NPC vs PFV blur	-0.284	0.010
	Phoria difference vs PFV break	0.270	0.015
	NPC vs Percival	0.247	0.026
	Sheard vs Percival	-0.122	0.276
	NPC vs Sheard	0.120	0.286
	Phoria difference vs Percival	0.114	0.310
NPC vs Phoria difference	-0.077	0.493	

FV: fusional vergence; NPC: near point of vergence; PFV: positive fusional vergence; phoria difference: difference between near phoria and distance phoria; *p-values of less than 0.05 indicate statistically significant correlations; r: Pearson's correlation coefficient.

상관관계는 0.772, 0.756, 0.673 순으로 높게 나타났다 ($p < 0.001$). 융합이향운동과 폭주근점 점수의 상관관계는 0.621 ($p < 0.001$) 이었고, 사위도와 점수는 0.371 ($p = 0.001$) 로 낮게 나타났다. 폭주근점 점수와 사위도 점수 간의 상관관계는 유의하지 않았다 ($p = 0.068$).

한편, 측정된 결과 값을 기준으로 분석한 상관관계는 양성 융합이향운동의 흐린점과 분리점 간에서 0.702 ($p < 0.001$) 로 높게 나타났다. 이와 같이 높은 상관성은 양성 융합이향운동의 분리점이 흐린점보다 항상 높은 상태에서 결정되는 영향으로 판단되며,^[32] 이러한 결과는 폭주부족이 아니더라도 양성 융합이향운동의 흐린점과 분리점의 상관관계는 당연히 높게 나타날 수 있는 것으로 따라서 폭주부족과 관련성이 있는 것으로 판단하기 어려운 부분이다. 근거리와 원거리의 사위도 차이는 웨어드 기준(프리즘 처방)과 -0.654 ($p < 0.001$) 로 높은 음의 상관관계를 보였다. 이러한 관계는 사위도의 차이가 클수록 프리즘 처방이 필요하다는 의미로 해석된다. 웨어드 기준과 양성 융합이향운동의 흐린점과 분리점의 상관관계는 각각 -0.449 ($p < 0.001$) 와 -0.626 ($p < 0.001$) 로 뚜렷하였고, 사위도 차이와 양성 융합이향운동의 분리점 간에 0.270 ($p = 0.015$) 로 약한 상관관계를

보였으나, 웨어드 기준과 퍼시발 기준의 관계, 사위도 차이와 퍼시발 기준의 관계가 각각 -0.122 ($p = 0.276$), 0.114 ($p = 0.310$) 로 유의하지 않았다. 이러한 상관관계 분석으로부터 폭주부족 징후의 강도는 원거리 사위도보다 근거리 외사위도가 크다는 의미, 즉 사위도 차이가 크다는 것과 양성 융합이향운동의 흐린점과 분리점의 낮은 것, 웨어드 기준으로 프리즘 처방이 필요하다는 의미를 가지며 퍼시발 기준으로 프리즘 처방의 유용성이 낮다는 의미를 찾을 수 있다.^[8,19] 또한, 이러한 결과는 대부분의 외사위의 경우 웨어드 기준으로, 근거리 내사위의 경우 퍼시발 기준으로 프리즘 처방을 권고하는 결과와 일치한다.^[33]

폭주근점은 양성 융합이향운동의 흐린점과는 상관관계를 보였으나 사위도 차이, 웨어드 기준과는 상관관계를 보이지 않았다. 따라서 폭주근점은 다른 진단기준과 관련성이 부족한 관계이므로 폭주부족 진단기준에서 우선적으로 선택하지 않아야 할 것이다. 이러한 결과는 예비검사에서 폭주근점이 멀수록 폭주부족의 가능성이 높으나 비록 정상범위(분리점: 5 ± 2.5 cm)^[24]에 가깝더라도 폭주부족일 가능성이 있는 것으로 본다. 한편, Hamed 등^[35]은 양안시 이상의 증상과 무증상의 폭주근점의 절단값(cutoff)을 9.5 cm 로 제시하였다. 이러한 이유로 폭주부족의 판단기준으로 폭주근점을 7.5 cm 이상으로 제시한다.

결론

폭주부족 진단기준이 하나일 때 폭주부족 빈도의 편차가 컸으며, 특히 폭주근점 기준에서 빈도의 차이가 가장 컸다. 또한, 폭주부족 빈도는 양성 융합이향운동 기준에서 과소평가되었고, 6 cm 이하의 폭주근점 기준에서 과대평가되었다. 폭주부족 진단기준이 두 가지 이상일 때 폭주부족 빈도의 변동 폭이 줄어들었고 진단의 명확성은 증가되었으며, 높은 상관관계를 갖는 사위 기준과 웨어드 기준을 포함하는 진단기준에서 폭주부족 빈도의 변동의 폭이 안정적으로 나타났다.

폭주부족의 징후에 따른 진단기준으로 근거리와 원거리 사위의 차이 $exo \geq 4 \Delta$, 웨어드 기준, 폭주근점 ≥ 7.5 cm 를 제시하며, 이 진단기준 이상의 확대 또는 강화는 폭주부족 판단의 명확성은 높일 수 있으나 경증의 폭주부족을 배제할 가능성이 높으므로 진단 목적에 맞게 판단기준을 달리 결정해야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] American Optometric Association. Optometric clinical practice guidelines: care of the patient with accommodative and vergence dysfunctions, 2011. <http://www.aoa.org/>

- documents/optometrists/CPG-18.pdf(23 July 2016).
- [2] García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cacho-Martínez P. Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies. *J Optom.* 2014;7(4):178-192.
 - [3] Cooper J, Duckman R. Convergence insufficiency: incidence, diagnosis, and treatment. *J Am Optom Assoc.* 1978;49(6):673-680.
 - [4] Simons HD, Grisham JD. Binocular anomalies and reading problems. *J Am Optom Assoc.* 1987;58(7):578-587.
 - [5] Granet DB, Gomi CF, Ventura R, Miller-Scholte A. The relationship between convergence insufficiency and ADHD. *Strabismus.* 2005;13(4):163-168.
 - [6] Grönlund MA, Aring E, Landgren M, Hellström A. Visual function and ocular features in children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder, with and without treatment with stimulants. *Eye.* 2007;21(4):494-502.
 - [7] Cacho Martínez P, García Muñoz A, Ruiz-Cantero MT. Treatment of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions: a systematic review. *Optometry.* 2009;80(12):702-716.
 - [8] Cooper J, Jamal N. Convergence insufficiency-a major review. *Optometry.* 2012;83(4):137-158.
 - [9] Dwyer P. The prevalence of vergence accommodation disorders in a school-age population. *Clin Exp Optom.* 1992;75(1):10-18.
 - [10] Paniccía SM, Ayala AR. Prevalence of accommodative and non-strabismic binocular anomalies in a Puerto Rican pediatric population. *Optometry and Visual Performance.* 2015;3(3):158-164.
 - [11] Daum KM. Characteristics of convergence insufficiency. *Am J Optom Physiol Opt.* 1988;65(6):426-438.
 - [12] Momeni-Moghaddam H, Goss DA, Sobhani M. Accommodative response under monocular and binocular conditions as a function of phoria in symptomatic and asymptomatic subjects. *Clin Exp Optom.* 2014;97(1):36-42.
 - [13] Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004;24(5):384-390.
 - [14] García A, Cacho P, Lara F. Evaluating relative accommodations in general binocular dysfunctions. *Optom Vis Sci.* 2002;79(12):779-787.
 - [15] Porcar E, Martinez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optom Vis Sci.* 1997;74(2):111-113.
 - [16] Scheiman M, Herzberg H, Frantz K, Margolies M. A normative study of step vergence in elementary schoolchildren. *J Am Optom Assoc.* 1989;60(4):276-280.
 - [17] Sheard C. Zones of ocular comfort. *Optom Vis Sci.* 1930;7(1):9-25.
 - [18] Worrell BE Jr, Hirsch MJ, Morgan MW. An evaluation of prism prescribed by Sheard's criterion. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 1971;48(5):373-376.
 - [19] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014;99-100.
 - [20] Hayes GJ, Cohen BE, Rouse MW, De Land PN. Normative values for the nearpoint of convergence of elementary schoolchildren. *Optom Vis Sci.* 1998;75(7):506-512.
 - [21] Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Canterob MT. Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions?. *J Optom.* 2010;3(4):185-197.
 - [22] Hofstetter HW. Useful age-amplitude formula. *Optom World.* 1950;38:42-45.
 - [23] Rouse MW, Hyman L, Hussein M, Solan H, Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. Convergence Insufficiency and Reading Study (CIRS) Group. *Optom Vis Sci.* 1998;75(2):88-96.
 - [24] Scheiman M, Gallaway M, Frantz KA, Peters RJ, Hatch S, Cuff M et al. Nearpoint of convergence: test procedure, target selection, and normative data. *Optom Vis Sci.* 2003;80(3):214-225.
 - [25] Chen AH, O'Leary DJ, Howell ER. Near visual function in young children. Part I: Near point of convergence. Part II: Amplitude of accommodation. Part III: Near heterophoria. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2000;20(3):185-198.
 - [26] Shim HS, Shim MS, Kim SH. Comparison of binocular function in normal subjects and convergence insufficiency. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2010;15(3):287-291.
 - [27] Lee H, Rhee KO. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of college students. *Korean J Vis Sci.* 2004;6(1):77-85.
 - [28] Shin JA. Prevalence of accommodative insufficiency and convergence insufficiency in college students. *Korean J Vis Sci.* 2004;6(1):95-102.
 - [29] Kim JD, Kim HJ, Hwang JH. Relation between gradient and calculated AC/A ratios according to binocular vision types. *Korean J Vis Sci.* 2012;14(4):373-380.
 - [30] Ko EJ, Kim HJ. Correlation between convergence insufficiency with CISS and attentiveness in children. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(4):511-518.
 - [31] Shin JA, Lee OJ. Relationship between subjective symptoms with near work and binocular function. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2007;12(3):125-130.
 - [32] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;968-972.
 - [33] Elliott DB. Clinical procedures in primary eye care, 3rd Ed. Edinburgh: Butterworth-Heinemann, 2007;180-184.
 - [34] Bade A, Boas M, Gallaway M, Mitchell GL, Scheiman M, Kulp MT et al. Relationship between clinical signs and symptoms of convergence insufficiency. *Optom Vis Sci.* 2013;90(9):988-995.
 - [35] Hamed MM, David AG, Marzieh E. The relationship between binocular vision symptoms and near point of convergence. *Indian J Ophthalmol.* 2013;61(7):325-328.

진단기준 차이가 폭주부족의 빈도에 미치는 영향

유동식, 조현국, 문병연*

강원대학교 안경광학과, 삼척 25949

투고일(2016년 7월 27일), 수정일(2016년 8월 9일), 게재확정일(2016년 8월 10일)

목적: 다른 진단기준의 적용이 폭주부족의 빈도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 평균 나이 22.54세 (20~27세)의 81명을 대상으로 평가하였다. 굴절검사 후 조절성 시표에 의한 폭주근점(NPC)검사, 폰 그래페에 의한 사위검사, 포토퍼에 의한 양성융합이향운동(PFV)검사를 실시하였다. 근거리 외사위가 원거리 사위보다 큰 기준 ($exo \geq 4 \Delta$, $>6 \Delta$), 융합이향운동 기준(PFV의 흐린점 $\leq 11 \Delta$, PFV의 분리점 $\leq 15 \Delta$, 웨어드기준, 퍼시발 기준), 폭주근점 기준(NPC ≥ 6 cm, ≥ 7.5 cm, >10 cm)을 이용하여 폭주부족을 진단하였다. **결과:** 하나의 진단기준에 의한 폭주부족 빈도는 6.2%~77.8%의 범위로 분포하였고, 기준에 따라 과대평가되거나 과소평가되었다. 두 가지 이상의 진단기준에 의한 폭주부족 빈도는 6.2%~43.2%로 변동성이 줄어들었으며, 특히 사위 기준과 웨어드를 포함하는 진단기준일 때 폭주부족의 빈도는 24.7%~28.4%로 줄어들어 낮은 변동성을 보였다. 점수 척도의 전체 징후와 사위, 측정값의 사위와 웨어드 기준의 상관관계가 각각 0.772와 -0.654로 유의하게 높았다($p < 0.001$). 폭주근점 기준은 변동성이 컸으며, 다른 진단기준과의 상관관계는 낮거나 유의하지 않았다. 징후에 따른 폭주부족의 진단기준과 적용순서로 $exo \geq 4 \Delta$, 웨어드 기준, 폭주근점 ≥ 7.5 cm로 제시한다. **결론:** 폭주부족의 빈도는 진단기준에 따라 과대, 과소평가될 가능성이 있다. 임상징후로서 사위, 웨어드 기준과 폭주근점의 절단값과 절차는 폭주부족과 관련된 진단에서 명확하게 제시되어야 한다.

주제어: 폭주부족, 진단기준, 외사위, 양성융합이향운동, 폭주근점, 웨어드 기준, 퍼시발 기준