

Worth 4-Dot Test와 Polarized 4-Dot Test의 비교

이 세 엽 · 백 승 호

= 요약 =

워트 4등검사(Worth 4-dot test, 이하 W4D)와 편광 4등검사(Polarized 4-dot test, 이하 P4D)를 비교하기 위하여 본원 외래를 방문한 3세 이상의 환자 133명을 대상으로 해석가능한 반응율(interpretable response rate), 반응시간, 검사에 실패한 환자의 연령, 응합에 대한 위양성 및 위음성반응율 등을 알아보았다. 해석가능한 반응율은 W4D, P4D에서 각각 91%, 93.2%였고, 평균 반응시간은 W4D가 20.9초, P4D가 16.9초로 두 검사간의 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 검사에 실패한 환자의 평균연령은 W4D가 4.8세, P4D는 3.8세이었다. 응합에 대한 위양성 반응율(false positive rate)은 W4D는 4.5%, P4D는 8.8%이고, 위음성반응율(false negative rate)은 W4D가 37.5%, P4D는 15.2%로서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

이상의 결과로 P4D는 W4D 보다 양안에 자연스러운 환경을 줌으로서 dissociation이 덜한 검사이므로, 쉽고 빠른 검사가 가능하였다. 그러므로 P4D는 양안의 감각상태를 평가하는데 좀 더 정확한 검사방법으로 사용된다(한안지 39:1558~1562, 1998).

= Abstract =

Comparison Between Worth Four-Dot and Polarized Four-Dot Test

Se Youp Lee, M.D., Seung Ho Baek, M.D.

To compare between the Worth 4-dot test(W4D) with polarized 4-dot test(P4D), we examined the interpretable response rate, response time, age of test failure, false positive rate and negative rate of reporting fusion in 133 patients older than 3 years of age. The interpretable response rate for W4D was 91% and for P4D 93.2%. The mean response times were 20.9

<접수일 : 1997년 12월 31일, 심사통과일 : 1998년 3월 23일>

계명대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, College of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea

* 본 논문의 요지는 1998년 제 80차 대한안과학회 춘계학술대회에서 구연발표되었음.

— 이세엽 외 : W4D와 P4D 비교 —

seconds for W4D versus 16.9 seconds for the P4D, the difference being statistically significant ($p < 0.05$). The age of test failure for W4D was 4.8 years old and for P4D 3.8 years old. The false positive rate of reporting fusion for W4D was 4.5% and for P4D 8.8%. The false negative rate for W4D was 37.5%, while for P4D was 15.2%, the difference being statistically significant ($p < 0.05$). In conclusion, the P4D was found to be less dissociative test by allowing more natural environment, and was easier, more rapid interpretable test. Therefore, the P4D may provide a more accurate assessment of a patient's sensory status (J Korean Ophthalmol Soc 39:1558~1562, 1998).

Key Words : Interpretable response rate, Polarized 4-dot test, Response time, Worth 4-dot test

감각융합의 존재는 사시의 진단과 치료에 매우 중요한 인자이다. 이러한 양안시기능을 알아보기 위하여 현재까지 여러가지 검사방법들이^{1~6)} 사용되고 있다. 이 중에서 워트 4등검사(W4D)는 감각융합을 측정하는 방법 중의 하나로서 비교적 간단하고 쉽고 빨리 검사할 수 있으므로 널리 사용되고 있다. 특히 최근에는 중심억제암점의 유무와 단안주시증후군에서의 주변부 융합의 유무를 검사하는데도 사용되고 있다^{7,8)}. 그러나 소아들에서 W4D는 어렵고 가끔씩 해석하기 어려운 이상한 반응을 나타낼 수 있는데, 이것은 검사시 실내의 불을 끄고, 양안에 각각 녹색과 적색의 안경을 착용한 상태에서 색을 판독하여야 하고, 정상인 상태에서 양안으로 주시시 망막경쟁을 유발하기 때문인 것으로 알려져 있다^{8~10)}. 최근에는 W4D의 단점을 보완한 여러가지 검사기구가 고안되었는데, 그 중에서 적-록렌즈 대신에 편광렌즈를 이용한 편광 4등검사가 유용하게 사용되고 있다^{8,9)}.

이에 저자들은 W4D와 P4D를 비교하기 위하여 각각의 반응율, 반응시간, 검사에 실패한 환자의 연령, 융합에 대한 위양성 및 위음성반응을 등을 알아 보고자 하였다.

대상 및 방법

계명대학교 동산의료원 안과외래를 내원한 사시 및 소아안과 분야 환자 133명을 대상으로 하였다 (Table 1). 성별은 남자가 70명 여자가 63명이었으며, 연령은 3세부터 19세까지로 평균 7.6세

Table 1. Patient Diagnoses

Exophoria	5
Intermittent exotropia	48
Exotropia	24
Infantile esotropia	5
Partially accommodative esotropia	4
Accommodative esotropia	2
Nonaccommodative esotropia	7
Brown syndrome	1
Monofixation syndrome	1
HypHEMA (healed)	1
Epiblepharon	4
Congenital Ptosis	2
Normal	29
Total	133

이었다.

사용한 W4D는 우안에 녹색, 좌안에는 적색안경을 착용하고, 전등 (flashlight)의 앞면 구성은 6mm 크기의 적색원 하나, 두 개의 녹색원, 그리고 하나의 무색원으로 이루어졌으며, 네 개원이 이루는 둘레의 직경은 34mm이었다. P4D는 종전의 선형 (linear type) 대신에 윤상형 (circular type)을 사용하였으며, 안경은 우측에는 시계방향 편광필터 (right-hand, clockwise polarized filter)의 안경알, 좌안에는 반시계방향 편광필터 (left-hand, counterclockwise polarized filter)의 안경알로 구성되었고, 전등은 중간의 좌-우 두 개의 원은 시계방향 필터의 적색원, 제일 위 한 개의 원은 반시계방향 필터의 적색원, 아래쪽 나머

Fig. 1. The P4D flashlight and polarizing glasses.

지 한 원은 편광이 아닌 Neutral density filter의 적색원으로 이루어졌다(Fig. 1). 전등을 구성하는 원의 크기와 네 개 원의 둘레의 직경은 W4D의 크기와 동일하였다. 두가지 검사 모두 전등의 4개 원이 망막에서 이루는 각은 1/3m에서 는 5.25° , 6m에서는 0.33° 이었다. P4D의 광학적 원리는 직선의 광선이 윤상의 편광필터(circular polarized filter)를 통과하게 되면, 광선은 계속적으로 회선상태(spiral)로 돌면서 같은 방향의 필터에는 통과하지만 반대방향의 필터에는 통과하지 못하는 특성을 이용하였다. 즉 P4D의 전등을 통과한 시계방향 윤상의 편광빛(right-handed circular polarized light)는 우측 안경알에 있는 시계방향 윤상의 필터(right-handed polarized filter)에는 통과하여 우안에는 적색의 원을 볼 수 있지만, 좌측 안경알에 있는 반시계방향 윤상의 편광필터(left-handed circular polarized filter)에 의해 방해되므로 좌안으로는 볼 수 없고, 반시계방향의 윤상의 편광빛(left-handed circular polarized light)는 그 반대로 우안으로는 볼 수 없었고, 좌안으로만 볼 수 있도록 되어 있었다. 그리고 neutral density filter를 통과한 빛은 양안 모두 볼 수 있었다. 즉 정상인 경우 우안으로는 3개의 붉은 점(원)이 보였고, 좌안에는 2개의 붉은 점, 양안으로는 4개의 붉은 점이 보였다.

두가지 검사의 순서는 무작위로 시행하였고, 반복시 발생되는 바이어스를 줄이기 위하여 내원시 먼저 한가지 검사를 시행하였고, 집에 돌아갈 무렵에 다른 검사자가 전의 검사결과를 알지 못하게 하고 다른 검사를 시행하였다. 검사실 방의 불은 최대한 dissociation을 줄이기 위하여 캔채로 면

저 6m에서 검사 후에 33cm에서 시행하였고, 검사시간이 근거리, 원거리 어느 한 경우라도 60초를 경과하거나, 환자가 말한 2, 3, 4, 5개 이외의 반응은 모두 실패로 간주하였다.

두가지 검사에서 환자의 해석 가능한 반응은 4개는 응합, 3개는 좌안억제, 2개는 우안억제, 2개 혹은 3개는 교대억제, 5개는 복시로 하였다. 해석가능한 반응율은 전체환자에서 원거리와 근거리에서 모두 해석 가능한 반응을 나타내는 환자의 비율로 하였으며, 반응시간은 원거리와 근거리에서의 반응시간을 더한 값의 평균으로 하였다. 위양성 반응은 사시나 약시가 있는 환자에서 중심억제암점의 크기가 0.33° 이상 크다고 가정하고, 이러한 환자들이 원거리에서 응합이 있다고 반응할 때로 하였으며, 위음성 반응은 사시나 약시가 없고 입체시가 40초 이하인 환자에서는 중심억제암점이 없다고 가정하고, 이러한 환자들에서 응합이 없는 반응을 할 때로 하였다.

두가지 검사 이외에도 우세안, 나안시력 및 교정시력, 편위각(원거리, 근거리) 등을 조사하였으며, 입체시검사로서 티트무스 혹은 Lang II를 시행하였다. 관련성 비교를 위한 통계학적 처리는 McNemar와 two-sample T-test로 하였다.

결 과

검사에 실패한 환자의 평균 연령은 W4D에서 4.8세, P4D는 3.8세로 P4D에서 약 1세 정도 낮았다. 3세 내지 4세군에서 P4D보다 W4D에서 실패한 환자의 수가 많았으며, 8세 이상에서는 각각의 검사에서 실패한 환자는 볼 수 없었다(Table 2). 해석가능한 반응율은 W4D에서는 91% (121/133), P4D에서는 93.2% (124/133)로 두 검사 모두 높은 반응율을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. W4D에서는 133명 중 12명이, P4D는 9명이 각각 실패하였고, 4명은 W4D에서 통과하지 못했으나 P4D에서는 통과하였고 1명은 그 반대이었다. 그리고 두 검사 모두 실패한 경우는 8명이었다(Table 3). 두 검사의 평균 반응시간은 W4D는 20.9초, P4D는 16.9초로 P4D에서 빨랐으며, 두 검사간에 통계학적

— 이세엽 외 : W4D와 P4D 비교 —

Table 2. W4D versus P4D Pass/Fail Frequency by Age

Age(years)	W4D		P4D	
	Pass	Fail	Pass	Fail
3.0 to 3.9	4	8	7	5
4.0 to 4.9	15	3	14	4
5.0 to 5.9	24		24	
6.0 to 6.9	16		16	
7.0 to 7.9	20	1	21	
8.0 to 8.9	11		11	
9.0 to 9.9	10		10	
over 10.0	21		21	

Table 3. P4D versus W4D Pass/Fail Results

	P4D		Total
	Fail	Pass	
W4D	Fail	8	12
	Pass	1	121
Total		9	124

으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 위양성반응은 원거리에서 융합할 수 없었다고 생각했던 사시 혹은 약시환자 96명 중 W4D는 실패한 7명을 제외한 89명에서 4명(4.5%), P4D는 실패한 5명을 제외한 91명 중 8명(8.8%)이 융합한다는 반응을 나타내었고, 위음성반응은 사시나 약시가 없고 입체시가 40초 이하인 37명 중 W4D는 실패한 5명을 제외한 32명 중에서 12명(37.5%), P4D는 실패한 4명을 제외한 33명 중에서 5명(15.2%)이 융합이 없는 반응을 나타내어서, 위음성반응은 두 검사간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$).

고 칠

소아 및 성인환자의 양안시기능을 검사하기 위하여 여러 가지 방법들이 있는데 그 가치의 평가는 검사하기에 간편하고 쉽게 이해할 수 있어야 하며, 그 검사결과 또한 쉽게 판독할 수 있어야 하고, 다른 환자에게 시행하였을 때 재현성이 있어야 한다. 현재 많이 사용되고 있는 W4D검사는

쉽게 시행할 수 있으나, 4세 이하의 소아들에서는 원거리와 근거리에서 정확히 해석하기 힘들 뿐만 아니라, 양안에 각각 적-녹 안경을 착용하고 검사실의 불을 끄므로 dissociation이 비교적 높은 검사로서 검사 도중에 사위상태가 사시로 바뀔 수 있는 단점이 있다⁸. Simons K와 Elhatton K⁹는 W4D에서 사용되는 여러 가지 종류의 전등과 적색과 녹색에 대한 휘도 차이(luminance difference) 때문에 융합이나 억제상태에 대한 검사 결과가 달라질 수 있다고 하였다. Bagolini B¹¹는 양안시 기능검사 중에서 dissociation의 정도에 따라 바콜리니 렌즈검사가 dissociation이 가장 적고 그 다음이 P4D검사, 신옵토포어 검사, 적색필터 검사, W4D검사 순으로 양성잔상검사가 가장 dissociation이 크다고 하였다. 따라서 양안시 기능검사는 최대한 dissociation이 적으면서 자연스런 환경에서 이루어져야 하며 가능한 한 빠른 시간내에 정확한 정보를 줄 수 있어야 한다. Arthur와 Keech⁶는 P4D가 현광렌즈를 사용하므로 양안에 같은 환경을 주어 더 자연스러운 환경에서 검사를 할 수 있으므로 더 타당성 있는 감각상태를 평가할 수 있다고 하였다. P4D는 두 종류의 선형과 윤상형이 있는데 종전의 선형은 P4D 전등을 똑바로 들지 못하면 한눈으로도 4개의 점으로 보여 융합된 것으로 잘못 해석할 수 있는데 비해 윤상형은 이런 단점이 제거된 형태이다¹².

Arthur 등¹⁰은 W4D와 선형의 P4D를 비교하였는데, 해석가능한 반응율은 각각 73%, 91%라고 보고하여 두 검사간의 유의한 차이가 있다고 하였다. 저자들의 경우는 Arther 등¹⁰과는 달리 윤상형의 P4D를 사용하여 서로 비교하였는데, W4D, P4D 각각 91%, 93.2%로 둘다 높은 반응율을 나타내었고, P4D에서 약간 높았다.

두가지 검사의 실패율을 비교해 보면 W4D가 P4D에 비하여 3배나 많았다고 보고되었으나¹⁰, 저자들의 경우는 W4D와 P4D의 실패율은 각각 9%(12/133), 6.8%(9/133)이었다. 실패한 환자의 평균 연령에 대해 Arthur 등¹⁰은 W4D는 5.1세, P4D는 3.5세로 서로 차이가 있다고 보고하였고, 저자들의 경우도 W4D에서 4.8세, P4D에서 3.8세로 P4D에서 평균연령이 약 1세 정도가 낮았다.

해석가능한 반응에 대한 평균 반응시간은 저자들의 경우 W4D, P4D에서 각각 20.9초, 16.9초로 유의한 차이를 나타내었고, Arthur 등¹⁰⁾은 각각 27.6초, 17.9초로 W4D는 저자들의 경우보다 다소 늦었고 P4D는 비슷하였다.

위양성 반응은 Arthur 등¹⁰⁾의 경우 P4D는 3% 이었으나 저자들의 경우는 8.8%로 Arthur 등¹⁰⁾의 경우보다 높았는데, 이것은 아마도 P4D 전등의 점이 모두 적색으로 구성되어 있으므로 일부 소아 피검자들에서 점을 헤아릴 때 반복해서 1개 혹은 2개를 더 세지 않았나 생각된다. 위음성반응은 저자들의 경우 W4D에서 P4D보다 높았는데, 이것은 소아에서 W4D검사시 적녹색을 판독해야 하고, 불을 켠 상태에서 안경을 통과하는 녹색빛의 밝기가 적색보다 녹색안경을 통과시 약간 더 어둡게 보이기 때문에 갯수를 셀 때 빠트리지 않았나 생각된다.

이상으로 P4D는 W4D에 비하여 색을 판독할 필요가 없고, dissociation이 적으므로 자연스런 상태에서 더 어린 나이의 소아들에게 검사가 가능했고, 쉽게, 더 빨리 시행할 수 있으므로 기존의 W4D의 대용으로 양안의 감각상태를 평가하는데 도움을 줄 수 있으리라 사료된다.

REFERENCES

- 1) 진용한 : 사시학, 삼판, 울산, 울산대학교 출판부, 1995, p. 161-163.
- 2) Berens C : A test for binocular vision. *Am J Ophthalmol* 23:687-688, 1940.
- 3) Berens C : Modification of the Worth four dot test. *Am J Ophthalmol* 23:561-562, 1940.
- 4) Hardy LH : A modification of the four dot test. *American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology* 43:491-492, 1937.
- 5) Muenzler WS : Miniature four dot test. *Am J Ophthalmol* 65:928-929, 1968.
- 6) Arthur BW, Keech RV : The polarized three-dot test. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 24:305-308, 1987.
- 7) Nelson LB, Catalano RA : *Atlas of ocular motility*, 1st. ed, Philadelphia, W.B. Saunders, 1989, pp. 68-71, 1989.
- 8) Wright KW : *Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 1st ed, St. Louis, Mosby-year Book Inc, 1995, pp. 166-169.
- 9) Simons K, Elhatton K, OC(C), COMT : Artifacts in fusion and stereopsis testing based on red/green dichoptic image separation. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 31:290-297, 1994.
- 10) Arthur BW, FRCSC, Marshall A, DBO(T), McGillivray D : Worth vs polarized four-dot test. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 30:53-55, 1993.
- 11) Bagolini B : Sensorial anomalies in strabismus. *Doc Ophthalmol* 41(1):1-22, 1976.
- 12) Arthur BW, Lai H : The polarized four dot test: Linear vs circular polarized light. *Binocular Vision & Eye Muscle Surgery Qtry* 9:103-109, 1994.