대한안과학회지 제 42 권 제 6 호 2001
J Korean Ophthalmol Soc 42(6):840-844, 2001

디지털 방식을 이용한 사근 기능의 정량적 측정

정창욱 · 한승한 · 이종복

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발 연구소

목적 : 정확한 사근의 기능 저하 및 항진의 측정을 위해 최근 일반적으로 사용되는 디지털 방식의 컴퓨터와 비디오 카메라를 이용하여 정확한 측정을 시도하여 검사의 효율성과 신뢰성 및 검사의 재현성 을 평가하였다.

대상과 방법 : 하사근 기능 항진증 환자 15명과 상사근 기능 저하증 환자 7명을 대상으로 하였으며, 하사근과 상사근의 기능 이상에 따른 안구의 편위 정도를 육안적 방법과 디지털 방식을 이용하여 각각 측정한 후 그 결과를 비교하였다.

결과 : 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법 간의 측정치 차이는 평균 0.49이었고, 최소 0.01, 최대 1.18이었다. 0.5 미만의 차이를 보인 경우가 12명이었고, 1.0 이상의 차이를 보인 경우는 2명이었으며, 디지털 방식의 검사치와 육안적 검사의 측정치 간의 선형 추세 방정식은 Y=0.93× - 0.10(X=육안적 검사 의 측정치, Y=디지털 방식의 검사치)이었고, 재현성을 평가하기 위해 구한 변이 계수에서 육안적 검사 법은 19.66%, 디지털 방식의 검사법은 6.93%였다.

결론 : 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법의 측정치간에 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었지만 검사의 재현성이 더 뛰어나서, 디지털 방식의 검사법을 더욱 표준화, 정밀화하여 객관적인 검사법이 될 수 있도록 하는 노력이 필요할 것이다.

<한안지 42(6):840 - 844, 2001>

눈에는 6개의 근육이 있는데 2개의 수평 직근, 2개의 수직 직근, 그리고 2개의 사근이다. 이중에서 사근은 눈을 상하로 움직이는 이외에 회선에 관여한다. 기존의 사근 기능의 양을 평가하는 데 있어서 주로 육안에 의한 주관적인 방법이 동원되며 이 경우 그 측정치의 정확성 및 재현성은 상당히 떨어지게 된다. 그래서, 본 연구에서는 디지털 비디오 카메라와 컴퓨터를 응용하여 사근 기능의 정도를 객관적으로 정확히 측정하여 기존의 육안에 의한 측정치와 디지털 방식에 의한 측정치와의 상관관계를 회기 분석하여 그 상관지수를 유추하고 새로운 검사법으로서의 신뢰성을 확인하기 위하여 디지털 방식에 의한 측정값의 검사자 내 재현성을 평가하였다.

<접수일 : 2000년 12월 13일, 심사통과일 : 2001년 7월 4일>

통신저자 : 한 승 한
서울특별시 강남구 도곡동 146-92번지
연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 안과학교실
Tel : 82-2-3497-3440, Fax : 82-2-3463-1049
E-mail : shhan222@yumc.yonsei.ac.kr

* 본 논문의 요지는 1998년 제 81차 대한안과학회 추계학회에서 포스터로 발표되었음.

대상과 방법

하사근 기능 항진증 환자 15명과 상사근 기능 저하증 환자 7명을 대상으로 사근 기능을 측정하기 위해 대상을 의자에 앉힌 후 정면을 주시하게 하였다. 이때 고정틀에 환자의 이마와 턱을 고정하여 움직이지 못하게 하였다. 대상의 눈높이에 맞추어 카메라(SONY 3CCD, Model VX-1)의 높이를 조정하였으며, 보조 조명을 카메라의 위에 부착시킨 후 환자의 안각간거리 중간에 비추었다. 이때 카메라의 셔터 속도를 1/200초에 맞춘 후, 카메라의 초점을 수동으로 하고 줌렌즈와 초점 조절놉을 사용하여 촬영할 두 눈을 가능한 최대로 확대하였다. 또, 화면상 거리의 보정을 위하여 환자의 눈을 감게 한 후 환자 얼굴에 10 mm 직경의 marker를 부착시킨 후 촬영하였으며, 촬영 중 환자는 주시등을 계속 주시하게 하였다. 이때 주조명은 형광등을 이용하고, 환자 전방에서 보조조명을 천장에 반사시켰고, 양안 운동은 6 cardinal 방향 모두를 촬영하였다.

촬영된 6 mm 비디오 테이프를 개인용 컴퓨터(IBM compatible)에 장착된 frame grabber(Video marker, VITEC Co, Paris, France)로 화면 포착하여 640×480 pixel 크기의 디지털 화면으로 바꾼 후 화면상의 좌표를 얻었다(Fig. 1). 6 cardinal 방향 양안운

동검사 화면 중 정상안의 하측 각막윤에서 컴퓨터가 그은 수평선과 사근 기능 이상이 있는 눈의 하측 각막윤에서 컴퓨터가 그은 수평선과의 거리의 차이를 MOCHA image analysis 프로그램(MOCHA for windows, Jandel Inc., CA, U.S.A.)을 이용하여 mm로 환산하였다(Fig. 2, Table 1). 위의 과정을 환자마다 각각 6회 실시하여 평균값을 구하였다. 이때 안구가 상전되면서 각막 윤부가 안검에 가려지는 경우는 연구에서 제외되었다. 그 후에 육안적 검사를 시행하였는데, 서로 다른 세 검사자가 2회씩 검사 후 평균값을 정하였다.

디지털 방식의 측정값의 재현성을 평가하기 위해 녹화한 화면 중 임의의 한개의 화면을 취한 후, 6 cardinal 방향 양안운동검사 화면 중 정상안의 하측 각막윤에서 컴퓨터가 그은 수평선과 사근 기능 이상이 있는 눈의 하측 각막윤에서 컴퓨터가 그은 수평선과의 거리를 6회 반복하여 취했다. 6개의 반복 측정값의 표준 편차와 평균값을 구하고 검사자 내의 재현성을 평가하기 위하여 변이계수(Coefficient of Variation(%))를 구하였다. 그리고, 서로 다른 검사자가 시행한 육안적 검사법의 재현성을 평가하기 위하여 변이계수(Coefficient of Variation(%))를 구하였다.

통계 처리는 Wilcoxon Signed Rank test을 이용하여 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법의 측정치 사이에 통계학적인 차이가 있는지를 분석하였고, T-test을 이용하여 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법의 재현성간에 통계학적인 차이가 있는지를 분석하였다. 이렇게 디지털화 하여 얻은 거리와 실제 육안 측정치를 회기 분석으로 비교하여, 그 상관계수를 유추하였다.

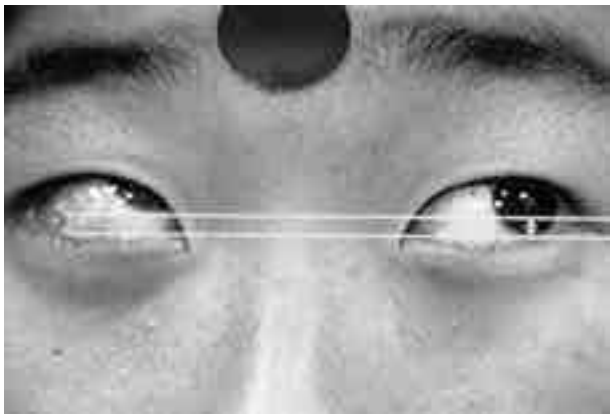

Figure 1. Digitally transformed X,Y coordinates.

결 과

대상군은 하사근 기능 항진증 환자 15명과 상사근 기능 저하증 환자 7명이었으며, 연령 분포는 8세에서 24세였으며, 남녀 성비는 각각 10:12이었다. 각 환자의 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법의 정치의 평균값은 다음과 같았다(Table 2). 통계학적으로 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법 간에 차이는 없었다(p=0.058).

육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법 간의 측정치 차이는 평균 0.49이었고, 최소 0.01, 최대 1.18이었다. 0.5 미만의 차이를 보인 경우가 12명이었고, 1.0 이상의 차이를 보인 경우는 2명이었다. 디지털 방식의 측정치와 육안적 검사의 측정치의 상관 관계를 알기 위하여 X값을 육안적 검사의 측정치로, Y값을 디지털 방식의 측정치로 하여 선형 추세 방정식을 구하였으며, 그 식은 Y=0.93×−0.10이었다(Fig. 3). 디지털 방식의 검사자 내의 재현성을 평가하기 위해 구한 Coefficient of variation (%)은 6.93%이었으며, 육안적 검사의 다른 세 검사자의 재현성을 평가하기 위해 구한 Coefficient of variation (%)은 19.66%이었으며, 통계학적으로 디지털 방식의 Coefficient of variation(%)이 작았다(p=0.0009).

Figure 2. Video frames were captured and digitally transformed to X,Y coordinates by frame grabber in IBM personal computer.

Table 1. Characteristics of system

Camera	SONY 3CCD, Model VX-1
Video recorder	SONY EVC100(Hi-8 format)
Image processing software	MOCHA for windows(Jandel Inc., CA, U.S.A.)
Hardware	
CPU	Pentium II, IBM clone
Frame grabber	Videomaker(Vitec Co, Paris, France), 640×480(pixels)

Table 2. Average of gross method and digital videographic method in 22 patients

patient	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gross method	1.00	1.83	2.00	1.67	2.00	2.67	1.83	1.17	1.67	1.00	1.00	1.83
Digital videographic method	0.99	0.98	1.33	0.49	1.14	2.13	1.95	0.54	2.78	0.10	1.63	1.50

patient	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Gross method	2.00	1.83	2.33	2.17	1.33	1.00	1.17	1.83	1.67	2.83
Digital videographic method	1.57	1.47	3.08	2.44	1.46	0.95	1.12	1.59	1.24	2.54

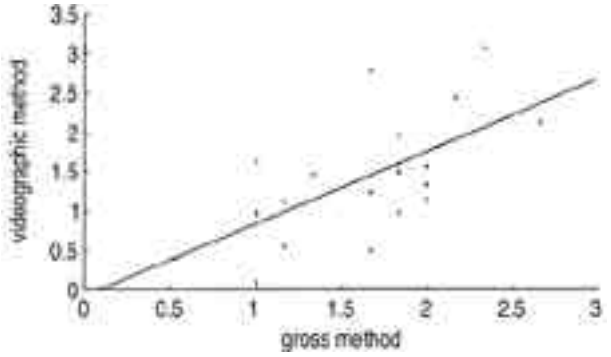

Figure 3. Scattergram of supraduction and infraduction in oblique muscle calculated using the digital videographic method versus gross method(Y=0.93×-0.10).

고 찰

눈에는 각각 6개의 외안근이 존재하며, 상직근과 하직근은 시축과 23도 각도를 이루며 눈의 적도 앞쪽에 부착되어 있으며 상사근 및 하사근은 시축과 51도 각도를 이루며 눈의 후극부에 부착되어 있다.[1,2] 따라서 위 6개의 근육에 의한 3가지 축(X, Y, Z)을 중심으로 한 단안 운동이 생긴다. 이에는 Z축을 중심으로 눈이 좌우로 움직이는 내전 및 외전 운동, X축을 중심으로 눈이 상하로 움직이는 상전 및 하전운동, Y축을 중심으로 좌우로 움직이는 내회선 및 외회선 운동이다.[2] 이러한 안운동을 수행함에 있어 운동 장해가 있는 환자들을 진단하고 치료하기 위해서 안운동을 기록할 수 있는 여러 가지 진단기구가 사용되어 왔다.[3-5]

외안근 중에서 사근은 눈을 상하로 움직이는 작용외에 회선에 관여한다. 마비 사시나 견인 장애에 의한 사시가 있는 경우 사근의 기능 항진이나 기능 저하가 유발되며, 이 경우 사근의 기능 정도를 측정하여 수술 방법 혹은 수술양을 결정할 수 있는 척도로 사용하고 있다. 하사근 기능항진의 예를 들면, 기존의 측정 방법은 환자를 내상방으로 보게 하여 반대편 눈에 비하여 수직편위가 1 mm 차이가 있으면 +1, 2 mm 차이가 있으면 +2로 표시하며, 그 정도를 +1에서 +4까지의 등급으로 나눈다. 기능 항진이 +1 혹은 +2인 경우 하사근 절개술을 시행할 수 있으며, +3 이상인 경우는 하사근 절제술을 시행할 수 있으며 상사시와 동반된 하사근 기능항진의 경우 하사근 전치술을 시행할 수 있다.

기존의 사근 기능의 양을 평가하는 데 있어서 주로 육안에 의한 주관적인 방법이 동원되며, 육안에 의한 주관적인 방법의 측정치의 정확성 및 재현성은 상당히 떨어지게 되는데, 본 연구에서의 육안적 검사법에 의한 서로 다른 세 검사자의 검사에 대한 변이 계수는 19.66%, 디지털 방식의 변이 계수는 6.93%로, 통계학적으로 디지털 방식의 변이 계수가 작았다(p=0.0009). 이런 육안에 의존한 검사치에 의존할 경우 수술 후 과교정 혹은 부족교정의 후유증을 유발시킬 수 있으며, 상기의 검사법이 대부분 검사자의 경험 및 눈짐작에 의존한 측정값을 얻게 되어, 검사자 간 그리고 동일 검사자에 의해서도 측정값의 차이가 커서 좀 더 정밀하게 사근의 상전 및 하전을 측정할 수 있는 방법의 개발이 필요하게 되었다.[6,7] 이에 저자들은 환자에게 부담을 적게 주면서 정확한 사근의 상전 및 하전의 측정방법을 개발하고자 하였다. 최근 들어 개인용 컴퓨터의 용량이 증가하고 처리속도가 빨라지고 있으며, 기존의 아나로그방법의 신호들이 컴퓨터의 2진법을 사용하는 디지털 방법으로 바뀌고 있다.

본 연구에서는 일반 가정용 비디오 카메라로 안운동을 녹화한 후, 비디오 화면을 frame grabber로 화면

포착하여 640×480 pixel 크기의 디지털 화면으로 바꾼 후, 화면상의 좌표를 얻은 후 사근의 상전과 하전을 측정해 보았다. 현재 많이 사용하는 6 cardinal 방향으로 안구의 편위를 사진으로 찍어서 기록한 방법보다 좋은 점은 협조가 어려운 환자의 경우에도 검사가 용이하고, 비디오 테이프만 있으면 언제라도 재구성이 가능하며, 확대를 쉽게 할 수 있으며, 머리 위치에 큰 영향을 받지 않는다는 점이다.

본 연구에서 육안적 검사법과 디지털 방식의 검사법 간의 측정치 차이는 평균 0.49이었고, 최소 0.01, 최대 1.18이었다. 최대 1.18 차이가 난 경우는 협조가 잘 안 되는 소아였으며, 최소 0.01 차이가 난 경우는 주시를 잘 하는 성인이었다. 그리고, 검사자 내의 재현성을 평가하기 위하여 Coefficient of variation(%)을 구하였으며, 디지털 방식의 사근 기능 측정치의 검사자 내 재현성은 6.93%이었다.[8-10]

디지털 방식에 의한 측정치를 현재 임상에서 쓰이는 육안적 검사의 측정치와 비교하여 선형 추세 방정식을 얻을 수 있었다. 따라서 육안적 검사에 의한 측정치를 디지털 방식의 측정치로 환산하여 임상에 적용할 수 있으리라 생각된다.

이러한 디지털 방식에 의한 사근의 기능 측정은 그 측정치의 재현성이 정량적으로 뛰어나며, 검사 시행 중 검사자의 주관적 요인을 감소시킬 수 있어, 검사자 간 혹은 검사자 내의 오차를 줄일 수 있었으며, 사근 기능의 정확한 정량적 측정에 이용할 수 있는 좋은 방법임을 알 수 있었다.

참고문헌

1) 한승한, 김홍복, 이종복, 등. 디지털 방식의 안운동 기록과 측정치의 재현성. 한안지 1999;40:197-210.
2) von Noorden GK. Binocular vision and ocular motility, 7th ed. St. Louis: Mosby-Year Book, 1996;41-56.
3) Yee RD, Schiller VL, Lim V, et al. Velocities of vertical saccades with different eye movement recording methods. Invest Ophthalmol Vis Sci 1985;26:938-44.
4) Dell'osso LF, Daroff RB. Eye movement characteristics and recording techniques. In: Tasman W, eds. Duane's Clinical Ophthalmology, 2nd ed. Philadelphia: J.B. Lippincott, 1991;14-6.
5) Dell'osso LF, Daroff RB, Troost BT. Nystagmus and saccadic instrusions oscillations. In: Tasman W, eds. Duane's Clinical Ophthalmology, 2nd ed, Philadelphia, J.B. Lippincott, 1991;1-3.
6) Roamano PE, von Noorden GK. Limitations of cover test in detecting strabismus. Am J. Ophthalmol 1971;77:10-2.
7) Ludvig E. Amount of eye movement objectively perceptible to the unaided eye. Am J. Ophthalmol 1949;32:649-53.
8) Caprioli J, Klingbeli U, Sears M, Pope. Reproducibility of optic disc mesurement with computerized analysis of stereoscopic video images. Arch Ophthalmol 1986;104:1035-9.
9) Shields MB, Martone JF, Shelton AR, et al. Reproducibility of topographic measurements with the optic nerve head analyzer. Am J. Ophthalmol 1987;104:581-6.
10) Mikelberg FS, Douglas GR, Drance SM, et al. Reproducibility of computerized pallor measurements obtained with the Rodenstock disk analyzer. Grafes Arch Clin Exp Ophthalmol 1988;226:269-71.

= ABSTRACT =

The Quantitative Measurement of Oblique Muscle Action by Digital Videographic Method

Chang Woog Jeong, M.D., Sueng Han Han, M.D., Jong Bok Lee, M.D.

The Institute of Vision Research and Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose : The overaction or underaction of oblique muscle is generally evaluated by grossly observing maximal ductional eye movements, therefore, leading to various results among practioners. This study is to attain objective and accurate muscle function tests by digital videographic method and to verify its accuracy.
Methods : 15 patients with inferior oblique overaction and 7 patients with superior oblique underaction were involved. The subjects were examed by both the gross and digital method and the results were compared.
Results : The average difference between gross and videographic analysis was ranging from 0.01 to 1.18. A difference of less than 0.5 was found in 12 patients and 2 patients showed a difference of greater than 1.0. The linear regression curve between digital and gross analysis methods was $y=0.93\times-0.10$(x=gross method, y=videographic method). The coefficiency of variation to verify its reproducibility for measurements of total variability in 22 patients was 19.66% in gross method and 6.93% in videographic method.
Conclusions : There didn't appear to be significant difference between the results by gross and digital method of analysis but, appeared to be significant difference between the coefficiency of variation by gross and digital method of analysis. Digital videographic measurement, therefore, may be an objective method of examining supraduction and infraduction in oblique muscle which requires further effort in its standardization and precision.
J Korean Ophthalmol Soc 42(6):840-844, 2001

Key Words : Digital videographic method, Oblique muscle, Reproducibility

---

Address reprint requests to **Sueng Han Han, M.D.**
The institute of Vision Research and Department of Ophthalmology, College of Medicine, Yonsei University, Youngdong Severance Hospital, #146-92 Togok-dong, Kangnam-gu, Seoul 135-270, Korea
Tel : 82-2-3497-3440, Fax : 82-2-3463-1049, E-mail : shhan222@yumc.yonsei.ac.kr