

# 3차원 영상처리를 이용한 안면마비 평가시스템 개발

## Development of Facial Palsy Grading System with Three Dimensional Image Processing

장 민\*, 신상훈  
M. Jang, S. H. Shin

### 요 약

본 연구에서는 3차원 영상처리와 노팅햄 스케일을 이용하여 안면마비 평가 시스템을 개발하였다. 시스템은 측정부, 영상처리부, 연산부, 그리고 안면마비 평가 및 출력부로 구성되어 있다. 두 개의 웹캠을 사용하여 안면부의 8곳에 부착된 마커의 3차원 위치를 계산하였으며, 이를 이용하여 노팅햄 스케일을 계산하고 화면에 보여준다. 피험자의 자세변화와 측정방식이 노팅햄 스케일에 미치는 영향을 조사하였다. 측정방식은 2차원과 3차원을 비교하였으며, 피험자 자세는 정면응시와 11° 측면응시를 비교하였다. 측면응시한 피험자를 2차원 방식으로 측정한 경우의 오차가 가장 컸다. 3차원 측정방식이 피험자의 자세변화에 따른 오차에 가장 덜 민감하였다.

### Abstract

The objective grading system for the facial palsy is needed. In this study, the facial palsy grading system was developed with combination of three dimensional image processing and Nottingham scale. The developed system is composed of 4 parts; measurement part, image processing part, computational part, facial palsy evaluation & display part. Two web cam were used to get images. The 8 marker on face were recognized at image processing part. The absolute three dimensional positions of markers were calculated at computational part. Finally, Nottingham scale was calculated and displayed at facial palsy evaluation & display part. The effects of measurement method and position of subject on Nottingham scale were tested. The markers were measured with 2-dimension and 3-dimension. The subject was look at the camera with 0° and 11° rotation. The change of Scale was large in the case of 11° rotation with 2-dimension measurement. So, the developed system with 3-dimension measurement is robust to the orientation change of subject. The developed system showed the robustness of grading error originated from subject posture.

**Key words** : facial palsy grading system, three dimensional image processing, Nottingham scale

## 1. 서 론

안면마비란 안면신경의 이상으로 인한 안면근육의 국부적인 마비로 눈과 입이 한쪽으로 비뚤어지는 현상을 뜻한다. 뇌의 이상으로 발병한 경우를 중추성 안면마비, 안면근육의 말초신경에 원인이 있는 경우를 말초성 안면마비라고 한다. 얼굴은 사회생활에 있어서 민감한 부위이므로, 장기간 치료를 받아야 하는 휴유증 환자의 경우뿐만 아니라 단기간에 치유되는 급성환자에 있어서도 심리적 부담은 매우 크다. 그러므로 치료경과에 대한 정확한 평가가 매우 중요하다.

안면마비를 평가하는 방법은 주관적 방법과 객관

접 수 일 : 2015.04.27

심사완료일 : 2015.05.22

게재확정일 : 2015.05.27

\* 장 민 : 상지대학교 일반대학원 동서의료공학과 박사과정  
jangmini87@naver.com (주저자)

신상훈 : 상지대학교 한방의료공학과 부교수  
shshin@sangji.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 2012년도 하반기 상지대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌습니다.

적인 방법으로 분류할 수 있다. 주관적인 방법은 의사의 감각을 이용하여 마비의 정도를 판단하는 것이며, 객관적인 방법은 기기를 사용하여 측정하는 방법이다. 주관적 방법은 안면부 전체를 평가하는 총괄법(Gross scale)과, 안면부를 부위별로 나누어 평가하는 부위법(Regional scale)이 있다. 임상에는 House-Brackmann법[1]과 Nottingham법[2], 그리고 Yanagihara법[3]이 임상에서 빈번하게 사용되고 있다. House-Brackmann법과 Yanagihara법은 평가절차가 단순하여 임상에 적용하기 편리한 장점이 있지만, 의사의 주관적인 평가에 의존하므로 의사의 경험에 따라 결과가 달라질 가능성이 많다. Nottingham법은 세가지 표정변화에 따른 안면부 특징점 사이의 거리를 측정해야 하므로, 객관적이기는 하나 시간이 오래 걸려 임상에서 사용하기 불편하다. 신경전도(ENoG)[4]를 이용하여 안면신경의 상태를 평가하거나, 근전도(EMG)[5]를 이용하여 안면부 근육을 평가하였다. 적외선 체열진단기[6]를 이용하여 안면부의 근육과 신경의 상태를 간접적으로 평가하기도 하였다.

주관적인 방법은 임상에서 많이 사용되는 방법이지만 하지만 의사의 주관이 개입되는 문제가 발생된다. 객관적인 방법은 기기를 이용하여 정확하게 측정하지만 개인 연구자들의 실험실 수준에 머물러 있어 보편적이지 못하다. 그러므로 임상에서 사용되는 노팅햄 스케일을 2차원 영상처리로 자동인식하는 연

구[7]도 있었다. 그러나 피험자의 안면부를 측정 카메라의 영상과 평행하게 배치하기 위하여 피험자의 측정자세를 고정시켜야하는 어려움이 있었다.

본 연구는 의사 입장에서 임상에서 적용하기 쉬우며, 환자입장에서 자세변화에 따른 측정오차를 최소화 할 수 있는 안면마비 평가장치를 개발하는 것이 목적이다. 이를 위하여 임상에서 널리 사용되는 노팅햄 스케일을 3차원 영상처리를 통하여 자동적으로 평가할 수 있는 장치를 개발하였다.

## 2. 연구방법

본 연구는 환자의 자세변화에 따른 오차를 최소화하는 객관적인 안면마비 평가시스템을 개발하는 것이 목적이다. 이를 위하여 두 대의 웹캠을 사용하여 안면부 특징점의 위치를 3차원적으로 인식하였으며, 노팅햄 스케일(Nottingham Scale)을 이용하여 안면마비의 정도를 평가하였다.

### 2.1 실험장치

본 연구에서 개발된 안면마비 평가시스템의 구성은 그림.1과 같다. 시스템은 측정부, 영상처리부, 연산부, 그리고 안면마비 평가 및 출력부로 구성되어 있다. 측정부에서 획득한 얼굴의 동영상 정보를 이

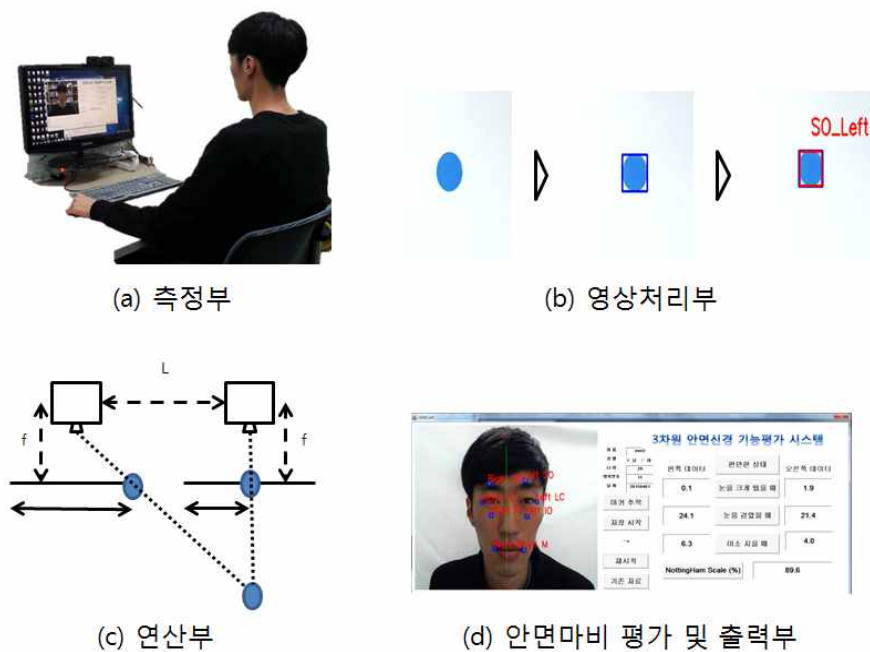


그림 1. 시스템 구성

용하여, 영상처리부에서는 안면부에 부착된 마커를 인식하고, 연산부에서는 마커의 3차원 좌표를 계산한다. 안면마비 평가 및 출력부에서는 마커가 부착된 특징점들의 운동정보를 이용하여 노팅험 스케일을 계산하고 그 결과를 화면으로 출력한다.

2.1.1 측정부

측정부는 피험자 안면부의 움직임을 동영상으로 측정하는 역할을 한다. 그림.2는 측정부를 나타낸다. 안면에 부착된 마커의 3차원 위치를 측정하기 위하여 두 개의 웹캠(Logitech HD Webcam C525)을 사용하였다. 또한 두 웹캠은 동일 직선상에 7cm 간격으로 배치하였다. 실험에는 지름 8mm 원형의 파란색 사무용 스티커를 사용하였다.

2.1.2 영상처리부

영상처리부는 피험자의 안면에 부착된 마커를 인식하고 추적한다. 그림3은 영상처리과정을 나타낸다.

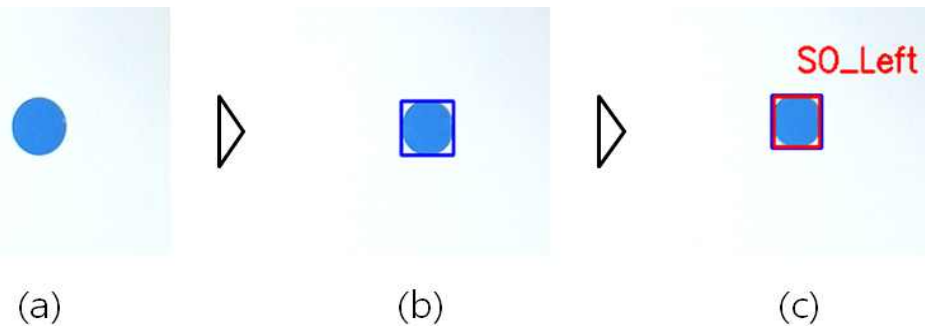


그림 3. 영상처리 과정 (a) 영상입력, (b) 마커 인식 (c) 마커 추적

2.1.3 연산부

연산부에서는 두 대의 웹캠에서 얻은 영상을 이용하여 웹캠과 피험자와의 절대거리(Z)를 계산한다.

그림4에서 {L}과 {R}은 각각 좌/우측의 영상좌표

계를 나타내며,  $x_{left}$ 와  $x_{right}$ 는 좌우의 영상좌표계에서 관측된 마커의 수평(x) 위치이다. 두 대의 웹캠의 높이를 동일하게 하였으므로 좌우 영상좌표계에서 마커의 수직(y)위치는 동일하다.

좌우 영상좌표계에서 측정된 마커의 상대적인 위치를 이용하여 절대좌표계에서 측정된 마커의 깊이(Z)정보를 계산한다. 그림.4에서 {O}은 절대좌표계를 나타내며, 본 연구에서는 우측 웹캠의 영상좌표계 {R}을 절대좌표계로 지정하였다.

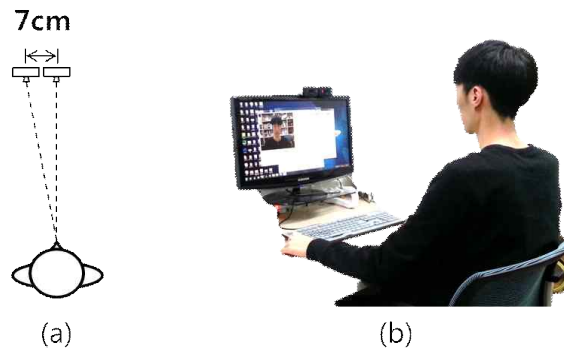


그림 2. 측정부 (a) 구성도 (b) 측정 자세

즉, 측정부에서 획득된 안면부의 동영상 중에서 마커로 인식하고자 하는 'YCbCr 색상모델'의 'Cb'의 범위가 '170-255'인 부분을 마커로 간주하고, 이진화를 하여 영상에서 마커부분만 획득한다. 마커가 차지하는 픽셀의 집단을 한 덩어리로 연산하는 레이블링 과정을 통하여 이진 영상에서 마커부분을 인식한다. 안면마비평가에서 8개의 마커를 사용하며, 각 마커에 고유 번호를 부여하여 좌표를 추적한다.

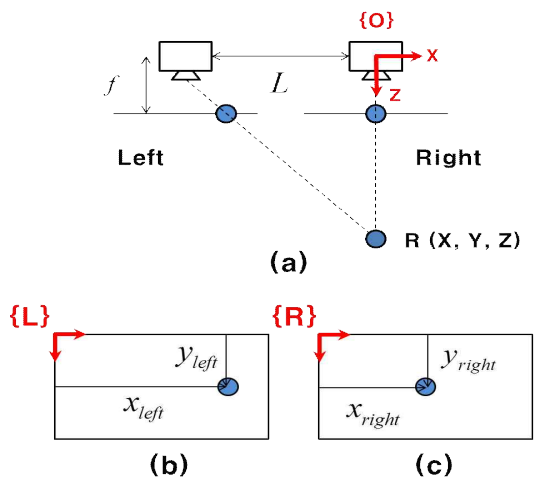


그림 4. (a) 스테레오 시스템, (b) 좌측 웹캠영상, (c) 우측 웹캠영상

X는 수평방향의 절대위치, Y는 수직방향의 절대 위치, Z는 절대좌표계에서 측정된 카메라와 마커사이의 깊이를 나타낸다. 깊이정보 Z는 다음의 식으로 계산된다[8].

$$Z = \frac{f L}{|x_{left} - x_{right}|} \quad (1)$$

여기서 L은 두 웹캠사이의 거리이며, f는 웹캠의 초점길이이다.

### 2.1.4 안면마비 평가 및 출력부

안면마비 평가 및 출력부는 연산부에서 계산된 마커의 절대위치를 이용하여 노팅험 스케일을 계산하고 그 결과를 사용자에게 보여준다.

#### (1) 안면마비의 평가 - 노팅험 스케일

노팅험 스케일은 안면마비의 정도를 정량적으로 평가하는 도구이다. 4가지 표정을 순차적으로 하게 한 다음 안면부위의 8개 특징점사이의 거리를 측정하여 안면부의 좌우대칭을 정량적으로 평가하는 방법이다. 표정은 편안한 상태(S1)에서 출발하여 눈썹을 최대한 올리고(S2), 다음으로 눈을 힘주어 감게 하고(S3), 마지막으로 미소를 짓게(S4)한다.

그림.5는 평가에 사용되는 8개의 특징점의 위치 [2]를 보여준다. 여기서 SO는 눈썹 중간지점, LC는 눈꼬리 지점, IO는 안와 하부, 그리고 M은 입꼬리 지점을 나타낸다.

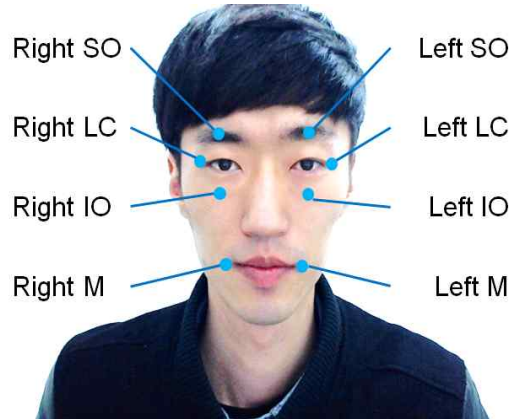


그림 5. 노팅험 스케일의 평가지점

표 1은 노팅험 스케일의 계산방법을 보여준다[2]. M1과 M2는 편안한 표정에 대한 S2(눈썹올림)와 S3(눈을 꼭 감음)에서 안와 상하지점의 거리(L1)를 나타낸다. M3는 편안한 표정에 대한 S4(미소를 지음)에서 눈꼬리와 입꼬리 사이의 거리(L2)를 나타낸다.

표 1. 노팅험 스케일 계산방법

동 작	좌 측	우 측
정상상태 (S1)	$L1_{S1\_left} \quad L2_{S1\_left}$	$L1_{S1\_right} \quad L2_{S1\_right}$
눈썹을 최대한 올린다 (S2)	$M1_{left} =  L1_{S2\_left} - L1_{S1\_left} $	$M1_{right} =  L1_{S2\_right} - L1_{S1\_right} $
눈을 힘주어 감는다 (S3)	$M2_{left} =  L1_{S3\_left} - L1_{S1\_left} $	$M2_{right} =  L1_{S3\_right} - L1_{S1\_right} $
미소를 짓는다 (S4)	$M3_{left} =  L2_{S4\_left} - L2_{S1\_left} $	$M3_{right} =  L2_{S4\_right} - L2_{S1\_right} $
합계	$M_{left} = M1_{left} + M2_{left} + M3_{left}$	$M_{right} = M1_{right} + M2_{right} + M3_{right}$
<b>Nottingham score = <math>(M_{left}/M_{right}) \times 100</math> or <math>(M_{right}/M_{left}) \times 100</math></b>		

(2) 출력부

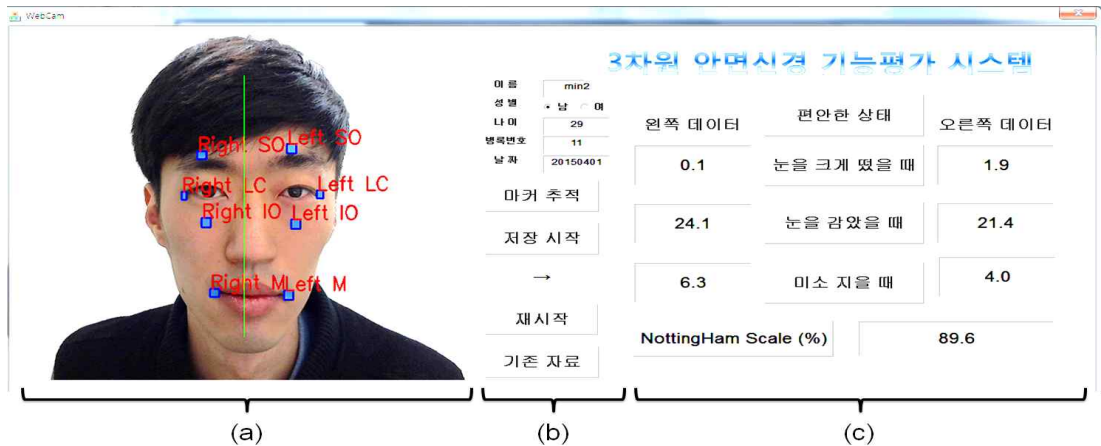


그림 6. 출력부 (a) 영상출력부 (b) 환자정보 입력 및 조작부 (c) 노팅험 결과

출력부는 그림.6과 같다. 환자의 정보를 입력하고 <마커추적> 버튼을 눌러 영상에서 마커를 인식하면 영상출력부에 인식된 결과가 나타난다. <저장 시작> 버튼을 누르고 노팅험 스케일의 측정절차에 따라 3단계의 측정을 실시하면, 좌우측 안면 움직임의 균형비율을 나타내는 노팅험 스케일이 계산된다.

2.2 실험방법

본 연구의 목적은 피험자의 자세변화에 따른 오차를 최소화하는 안면마비 평가장치를 개발하는 것이다. 피험자의 자세변화에 따른 2차원과 3차원 측정방식의 오차를 평가하였다. 피험자의 안면부에 부착된 마커는 자세변화에 따라 위치가 변하므로 마커의 위치를 2차원좌표로 인식하는 것과 3차원 좌표로 인식하는 것에 대한 오차를 평가하였다. 피험자가 오른쪽 카메라를 정면으로 바라보는 정면응시와 피험자가 정면응시로부터 좌측으로 11° 회전한 좌측회전의 두자세에 대하여 평가하였다. 그림.7은 피험자의 측정자세를 보여준다. 두 대의 웹캠을 사용하여 피험자의 안면 움직임을 측정하였다. 3차원 영상분석은 두 대의 웹캠에서 측정한 데이터를 모두 사용하였으며, 2차원 영상분석은 오른쪽 웹캠의 측정 데이터만을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 환자의 자세변화에 따른 오차를 최소화하는 객관적인 안면마비 평가시스템을 개발하기 위하여, 자세변화와 측정방법의 차이에 따른 결과를 비교하였다.

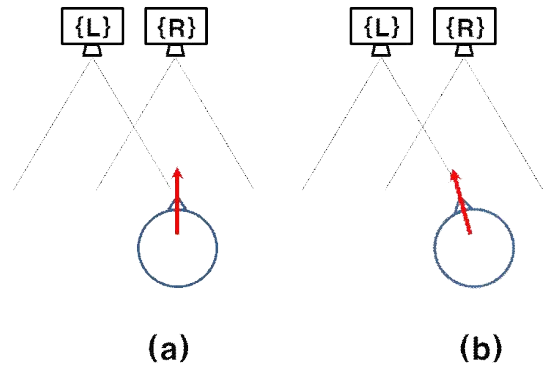


그림 7. 피험자의 측정자세 (a) 정면응시 (b) 좌측회전

자세는 정면응시와 좌측으로 11° 회전한 좌측회전의 두가지 경우를 시험하였으며, 측정방법은 2차원 영상분석과 3차원 영상분석을 적용하였다. 피험자의 좌측회전 각도는 우측 카메라((R))에서 안면부 좌측의 눈꼬리 지점에 위치한 마커(LC)를 측정할 수 있는 최대 각도를 기준으로 하였다. 즉 11° 이상의 회전에서 Left LC를 측정할 수 없었다. 각 경우에 대하여 측정된 결과를 노팅험 스케일로 평가한 결과는 표.2와 같다. 표에서 M1, M2, M3의 측정단위는 화소(pixel)이며 노팅험 스케일의 결과는 백분율(%)이다. 본 연구에서는 측정단위를 cm와 같은 거리의 단위로 바꾸지 않고 화소단위를 사용하였는데, 실제 거리는 화소단위에 상수를 곱하여 계산되며 노팅험 스케일에서는 좌우 거리의 비를 사용하므로 화소단위를 사용해도 결과에는 영향이 없다. 임상적인 보고[2]에 의하면 노팅험 스케일 76%-99%는 HB grade 2에 해당되며, 일반인도 좌우가 완벽하게 대칭이 되는 경우(노팅험 스케일 100%)는 거의 없으

므로 본 실험의 결과는 정상인의 범위에 속한다고 할 수 있다.

표 2. 실험 결과

표정	정면응시				좌측회전			
	2차원 측정		3차원 측정		2차원 측정		3차원 측정	
	좌	우	좌	우	좌	우	좌	우
M1	20	20	20.2	24.9	16.1	24	15.6	10
M2	10.7	8	26	27.1	2.8	4.5	24.1	24.1
M3	10	17.2	8.7	11.6	5.6	4	2.7	5
합 계	40.7	45.2	54.9	63.6	24.5	32.5	42.4	39.1
Nottingham Score (%)	90.2		86.3		75.8		88.4	

노팅햄 스케일은 안면마비의 정도를 정량화하는 척도이다. 좌우대칭으로 지정된 8개의 지점에 대하여 3가지 표정변화에 따른 눈(L1)과 입(L2) 주위 근육운동의 좌우대칭의 정도를 평가하는 도구이다. 표.1의 노팅햄 스케일의 계산식에서 알 수 있듯이 노팅햄 스케일은 세종류 표정변화에서 좌우 안면부의 거리변화를 비교하여 안면부 운동의 좌우 비대칭정도를 나타낸다. 좌우가 완전대칭이면 100이 되므로, 노팅햄 스케일의 값은 클수록 좌우대칭도가 증가한다. 즉 노팅햄 스케일 값이 작을수록 안면마비의 정도가 심하다는 것을 나타낸다.

안면부의 움직임은 항상 변하므로, 측정방식에 따른 변화를 관찰하기 위하여 2차원 측정과 3차원 측정을 각각 시행할 수 없다. 그러므로 2차원 측정과 3차원 측정이 동시에 가능한 방법을 고안하였다. 즉, 두 대의 캠으로 동시에 안면부 움직임을 측정한다음, 3차원 측정에는 두 캠의 데이터를 모두 사용하고 2차원 측정에는 우측캠의 데이터만을 사용하였다. 즉 동일한 피험자의 동일한 운동상태를 측정한 결과이므로 노팅햄 스케일 의 차이는 측정방식의 차이이다.

측정방식에 따른 좌우대칭성의 변화는, 정면응시보다는 피험자가 머리를 좌측으로 11° 회전한 좌측회전에서 크게 나타났다. 정면응시의 경우 2차원 측정과 3차원 측정이 3.9% 정도의 미소한 차이를 보이는 반면, 좌측회전의 경우는 2차원 측정과 3차원 측정의 차이가 12.6%가 되어 정면응시에 비하여 좌우비대칭이 증가함을 알 수 있다.

자세변화에 따른 좌우대칭성의 변화는, 3차원 측

정보다는 2차원 측정에서 크게 나타났다. 즉 정면응시에서 좌측회전한 경우 2차원 측정은 90.2%에서 75.8%로 14.4%가 변화한 반면, 3차원 측정은 86.3%에서 88.4%로 2.1%만 변화하였다. 즉 3차원 측정이 자세변화에 덜 민감하다.

좌우 안면부가 웹캠과 동일한 거리에 있는 정면응시의 경우 2차원 측정과 3차원 측정 사이 차이가 크지 않다. 그러나 피험자가 머리를 좌측으로 11° 회전한 좌측회전의 경우, 웹캠에서 상대적으로 먼 거리에 있는 좌측안면부의 움직임은 축소되고, 웹캠에서 상대적으로 가까이 있는 우측안면부의 움직임은 확대되어 나타난다. 3차원 해석은 웹캠과 안면부사이의 깊이 정보를 고려하므로 이러한 문제점을 보완하였다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 3차원 영상처리를 이용하여 안면마비의 정도를 자동으로 평가하는 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 시스템은 임상에서 적용되는 노팅햄 스케일을 사용하고 있으므로 의사가 임상에서 적용하기 편리하다. 또한 안면부의 특징점을 3차원 좌표로 인식하므로 피험자의 미세한 자세변화에 따른 오차를 보완해주므로, 임상에서 카메라와 평면을 유지하기 위하여 피험자를 구속하는 불편함을 제거할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] JW House, DE Brackmann, "Facial nerve grading system," *Otolaryngology Head and Neck Surgery*, vol. 93, no. 2, pp. 146-147, 1985.
- [2] GE Murty, JP Diver, PJ Kelly, GM O'Donoghue, PJ Bradley, "The Nottingham System: objective assessment of facial nerve function in the clinic," *Otolaryngology Head and Neck Surgery*, vol. 110, no. 2, pp. 156-161, 1994.
- [3] Y Satoh, J Kanzaki, S Yoshihara, "A comparison and conversion table of 'the House-Brackmann facial nerve grading system' and 'the Yanagihara grading system'," *Auris Nasus Larynx*, vol. 27, no. 3, pp. 207-212, 2000.
- [4] 서은비, 주현아, 임진영, 황충연, "말초성 안면신

경마비의 예후인자로서 Electroneuronography (ENoG)의 유용성에 대한 연구,” 한방안이비인후피부과학회지, 제24권, 제3호, pp. 55-64, 2011.

[5] 성원석, 김필균, 구본혁, 유희경, 석경환, 이주현, 김민정, 박연철, 서병관, 박동석, 백용현, “안면신경마비 예후인자로서 근전도검사(EMG)와 조기 시행한 신경전도검사(ENoG)의 유용성에 대한 연구: 한양방 협진치료 기반으로,” 대한침구학회지, 제30권, 제4호, pp.115-123, 2013.

[6] 김대수, 박용호, 유미경, 박윤희, 박수연, 최정화, 김종환, “적외선 체열진단을 이용한 구안와사 환자(Bell’s palsy)의 호전기간에 대한 임상연구,” 한방안이비인후피부과학회지, 제19권, 제2호, pp. 202-211, 2006.

[7] 장민, 신상훈, “영상처리를 이용한 안면신경마비 평가시스템 개발,” 대한한의진단학회지, 제17권, 제3호, pp.233-240, 2013.

[8] G Bradski, A Kaebler. Learning OpenCV:Computer Vision with the OpenCV Library. O'REILLY, pp. 415-419, 2008.



**신 상 훈**

1987년 2월 부산대학교 기계설계학과(공학사)  
 1989년 2월 부산대학교 기계공학(공학석사)  
 1995년 2월 부산대학교 기계공학(공학박사)  
 2006년 2월 경희대학교 한의학과(한의학박사)  
 1995년~1998년 LG산전 선임연구원  
 1998년~2006년 삼성종합기술원 수석연구원  
 2006년~현재 상지대학교 한방의료공학과 교수  
 관심분야 : 한방의료 시스템, 생체역학

**장 민**



2012년 2월 상지대학교 한방의료공학과 학사 졸업  
 2014년 2월 상지대학교 한방의료공학과 석사 졸업  
 2015년~현재 상지대학교 동서의료공학과 박사과정 재학중

관심분야 : 영상처리시스템