

논문 2006-43SC-3-10

신경망을 이용한 구순열로 인한 코변형의 정량적 평가

(Quantitative Evaluation of Nose Deformity of Cleft Lips Using a Neural Network)

김수찬*, 남기창**, 김진태***, 홍현기***, 차은중****, 김덕원*****

(Soo Chan Kim, Ki Chang Nam, Jin Tae Kim, Hyun Ki Hong, Eun Jong Cha, and Deok Won Kim)

요약

구순열 비변형 환자의 상태, 수술결과 등을 객관적으로 평가할 수 있는 방법의 개발은 구순열의 수술의 술기 등의 평가 및 발전에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되나 아직은 미진하다. 이에 본 논문은 구순열 환자의 사진을 이용해 다음과 같은 요인들을 분석하여 구순열 비변형 정도를 정량적으로 평가하고자 하였다. (1) 비공의 각도 (2) 비공의 중심점 및 중심점 사이의 거리 (3) 중첩된 비공의 면적 (4) 비공의 중첩된 면적의 비 등을 각각 비교하였다. 먼저, 8개의 분석요인을 이용하여 임상적 평가점수에 대한 회귀분석을 통하여 회귀식을 획득하였다. 구순열 환자의 수술 경험이 많은 성형외과 의사 세 사람이 상기 대상 환자의 수술 후의 결과를 100 점 만점과 10점 간격으로 판정하였다. 세 명의 성형외과 의사와 개발된 프로그램을 이용한 세 명의 일반인으로부터 얻어진 평가점수의 재현성은 각각 $10.8\pm 4.6\%$, $7.4\pm 1.8\%$ 로 개발된 프로그램을 이용한 분석이 더 높은 재현성을 보였다. 일치도를 나타내는 kappa 통계량은 세 명의 성형외과 의사에서는 0.43, 세 명의 일반인에서는 0.83으로 프로그램을 이용한 일반인의 일치도가 훨씬 더 높게 나타났다. 회귀분석을 통한 평가와 임상적의 평가점수에서의 상관관계는 0.642이었으며, 신경회로망을 통한 평가와 임상적의 평가점수에서의 상관관계는 0.798로 신경회로망을 통한 분석이 임상적의 평가점수와 상관관계가 더 높은 것으로 나타났다. 결론적으로, 개발된 신경회로망 모델은 의사의 주관적인 평가보다 더 높은 재현성, 일치도, 상관관계를 보여주며 이는 임상적에서 구순열 비변형의 정도를 객관적이고 손쉽게 적용할 수 있을 것이라 사료된다.

Abstract

Our study aimed at quantitative assessment of a cleft palate nose deformity condition by analyzing the following parameters gathered from a photographic image of a cleft palate patient: (1) angle difference between two nostril axes, (2) center of the nostril and distance between two centers, (3) overlapped area of two nostrils, and (4) the overlapped area ratio of the two nostrils. A regression equation of doctor's grades was obtained using the eight parameters. Three plastic surgeons gave us the grades for the each photographic image by 10 increments with maximum grade of 100. The average reproducibility of the grades given by the three plastic surgeons and the three laymen using the developed program was $10.8\pm 4.6\%$ and $7.4\pm 1.8\%$, respectively. Kappa values representing the degree of consensus of the plastic surgeons and the three laymen were 0.43 and 0.83, respectively. Correlation coefficient of the grades evaluated by the surgeons and obtained by the regression equation was 0.642 and that of the grades by the surgeons and by the neural network was 0.798. In conclusion, the developed neural network model provided us better reproducibility, much better consensus, and better correlation than doctor's subjective evaluation in addition to objectiveness and easy application.

Keywords: Cleft palate, Nose Deformity, Regression equation, Nostril Area

* 정회원, 한경대학교 생물정보통신대학원
(Graduate School of Bio & Information Technology, Hankyong National University)

** 정회원, Siemens 메디칼 초음파 연구소
(Siemens Ultrasound Group Korea)

*** 정회원, 연세대학교 생체공학협동과정
(Graduate Program in Biomedical Engineering, Yonsei University)

**** 정회원, 충북대학교 의과대학 의공학교실
(Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chungbuk National University)

***** 평생회원, 연세대학교 의과대학 의공학교실, -교신저자
(Dept. of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei University)

※ 이 논문은 보건복지부 보건의료기술진흥사업 후대형 진단치료기기 개발센터의 지원에 의하여 연구되었음.
접수일자 : 2006년1월18일, 수정완료일 : 2006년5월8일

I. 서 론

구순열은 두경부에 발생하는 가장 흔한 선천성 기형 중 하나로 심한 구순 및 비공, 비주 및 비의의 다양한 변형을 동반하는 코변형을 초래한다. 이러한 외모의 변형으로 환자는 사회로부터 격리되거나 위축되어 살아가고 있다. 최근 새로운 수술 방법의 개발과 성형외과 전문의의 의술 발전은 심한 구순열 및 이에 동반되는 코 변형을 많이 호전시켜서 구순열 환자들이 사회에 좀더 가깝게 적응하여 살아가는데 많은 도움을 주고 있다. 그러나 대부분 임상에서 구순열 및 코변형의 일차적 수술 및 이차적인 교정을 시도한 후에 수술 결과를 임상 의의 주관적인 판단 하에 3 등급(good, fair, poor)이나 4 등급 (mild, moderate, severe and very severe), 혹은 5등급(excellent, very good, good, satisfactory and poor)으로 분류하고 있다^[1, 2].

구순열로 인한 코변형을 객관적으로 평가하여 환자의 상태, 수술결과 등을 정량적으로 보여줌으로써 새로운 수술 기술의 평가 및 수술 예후 평가에 많은 도움을 줄 수 있을 것이라 사료된다. 그러나 현재까지 객관적인 평가 방법의 개발은 미비하다. 현재는 일반적으로 전문의가 앞에서 언급한 몇 가지 등급으로 평가하거나, 환자나 보호자의 판정과 비교 관찰하는 정도이다^[3-7]. 또한 디지털 카메라에 의한 2D 영상이나 3D 스캐너를 이용한 입체 영상으로부터 구순열로 인한 입술 및 코 변형을 평가하고자 하는 시도가 있었다^[8, 9]. 이와 같이 영상을 이용한 평가는 객관적이라는 장점이 있다. 그러나 이러한 방법은 측정 파라미터가 너무 많거나 3D 스캐너의 경우 장비가 고가인 단점이 있다.

본 연구에서는 비공의 각도, 비공의 중심점, 비주(코기둥)를 기준으로 한 비공의 겹쳐진 면적 등의 인자를 대상으로 코 변형의 객관적인 평가에 도움을 줄 수 있는 인자를 통계적 분석법을 이용하여 찾았다. 그리고 찾아진 인자로부터 각각 숙련된 전문의 평가 점수와의 상관관계를 회귀 모델과 신경망을 이용하여 기존의 임상 의의 경험에 의한 주관적 분석 결과를 객관화하고, 재현성을 높이고자 하였다.

II. 코변형 평가를 위한 분석인자

구순열로 인한 코 변형 정도는 시각적인 관찰을 통해서 양측 비공(nostril)의 대칭성으로 판단할 수 있다. 양측 비공의 대칭성은 양쪽 비공 중에서 보다 정상에 가

까운 측의 비공을 기준으로 반대측 비공과의 비공 장축의 각도, 면적, 거리에 의하여 그림 1과 같이 분석 인자를 고려하였고, 이들 인자 중에서 대칭성에 영향을 많이 주는 인자가 무엇인가를 통계적으로 분석해 보았다. 그림 1에서 우측 비공을 정상, 좌측 비공을 비정상이라 가정하였을 때, 각각의 비공 장축의 각도, 면적, 거리는 다음과 같다.

- S_1 : 정상측 비공의 면적
- S_1' : 정상측 비공을 비주에 대하여 대칭으로 한 비공의 면적
- S_2 : 비정상측 비공의 면적
- S_3 : S_1' 과 S_2 의 중첩 면적
- C_1 : 정상측 비공의 중점
- C_1' : 정상측 비공을 비주에 대하여 대칭으로 한 비공의 중점
- C_2 : 비정상측 비공의 중점
- θ_1 : 정상측 비공 장축의 각도
- θ_1' : 정상측 비공을 비주에 대하여 대칭으로 한 비공 장축의 각도
- θ_2 : 비정상측 비공 장축의 각도
- D_1 : C_1 과 C_2 간의 거리
- D_2 : C_1' 와 C_2 간의 거리
- D_3 : C_1 과 C_1' 간의 거리

위에서 얻어진 값으로부터 정상 측과 비정상측의 비대칭성은 다음 분석 요인들을 고려할 수 있다.

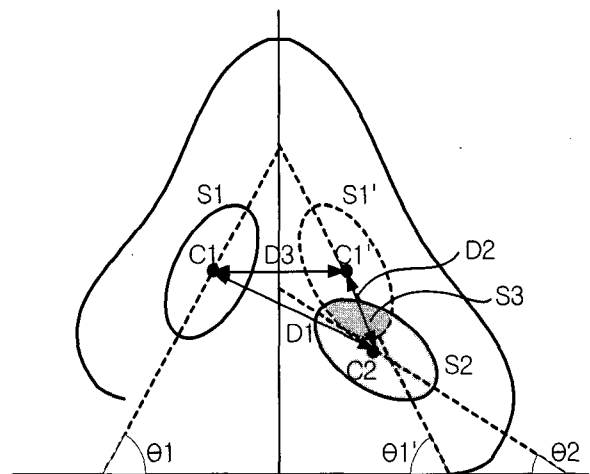


그림 1. 코 변형 평가를 위한 변수

Fig. 1. Measurement parameters for evaluation of the nose deformity.

1. 비공 장축의 대칭성

가. θ_1 / θ_2 : 정상 측 비공의 각도와 비정상측 비공의 각도 비. 두 개의 각도 중 작은 값에 대한 큰 값의 비율로 계산한다. 정상일 경우 $\theta_1 = \theta_2$ 가 되므로 $\theta_1 / \theta_2 = 1$ 에 가까워질수록 정상

나. $|\theta_1 - \theta_2|$: 정상 측 비공의 각도와 비정상측 비공의 각도 차이. 정상일 경우 $\theta_1 = \theta_2$ 를 만족하므로 $|\theta_1 - \theta_2| = 0$ 에 가까움

2. 비공 위치의 대칭성

영상의 배율에 따라 같은 거리일지라도 영상에서 계산된 거리의 차이가 개인과 영상 간에 있을 수 있으므로 이러한 영향을 줄이기 위해 각 거리의 차이보다 거리간의 비를 이용하였다. 비공 중점 간의 거리로 계산되는 비공 간의 거리에서 D_2 는 비변형 정도에 비례하는 인자이며, D_3 는 정상 대칭일 경우의 거리이다. D_1/D_3 , D_2/D_3 , D_2/D_1 세 가지 경우를 고려할 수 있다. 정상일수록, D_1 과 D_3 는 같아지고 D_2 는 0에 가까워지므로 D_1/D_3 은 1, D_2/D_3 와 D_2/D_1 은 0에 가까워진다.

3. 비공 면적의 대칭성

S_2/S_1 , S_3/S_1 , S_3/S_2 , $S_3/(S_1+S_2)$, $S_3/(S_1+S_2-S_3)$ 의 다섯 가지의 경우를 고려해 보았다. 정상일수록, S_1 , S_2 , S_3 는 같아지므로 $S_3/(S_1+S_2)$ 은 0.5에 접근하고, 나머지는 모두 1에 가까워진다.

III. 실험

세브란스병원 성형외과에서 코변형 교정수술을 받은 86명의 환자 영상을 대상으로 분석하였다. 구순열 환자의 경험이 많은 성형외과 전문의 3명으로부터 100점 만점의 10점 간격으로 사진을 하루 간격으로 3회씩 검토하여 평가점수를 기록하였다. 본 연구에서 개발한 컴퓨터 영상 분석은 일반인 3명이 하루 간격으로 각각 3회씩 10개($|\theta_1 - \theta_2|$, θ_1/θ_2 , D_1/D_3 , D_2/D_3 , D_2/D_1 , S_2/S_1 , S_3/S_1 , S_3/S_2 , $S_3/(S_1+S_2)$, $S_3/(S_1+S_2-S_3)$)의 인자들을 분석하게 하였다. 이를 위해 LabVIEW 6.1(National Instruments, USA)과 NI-IMAQ Vision을 활용하여 프로그램 하였다.

일반인 3명이 영상에서 양쪽의 비공, 비공의 장축, 비주, 그리고 영상의 수평선과 같은 분석을 위한 정보를 수동으로 설정하면 앞의 모든 인자와 관련된 분석 결과는 자동적으로 얻을 수 있다. 그림 2는 개발된 프로그램을

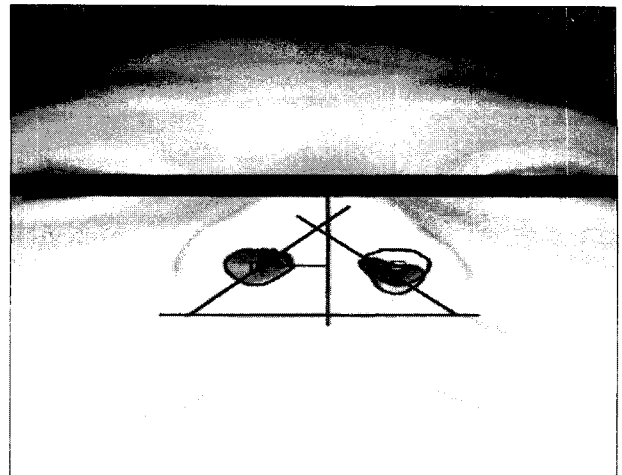


그림 2. 비공의 각도, 위치 및 면적을 잡은 모습
Fig. 2. Picture of nostril angle between the long nostril axis, parallel line and nostril boundaries and center line of nose.

사용하여 비공의 장축과 수평선과의 각도와 마우스를 사용하여 비공의 경계를 잡은 예이다. 영상의 수평선은 두 눈을 연결한 선과 평행이 되는 선을 잡은 것이고, 두 개의 선은 비공의 장축으로 잡은 것이다. 오른쪽 비공에서는 경계가, 왼쪽의 비공에서는 경계 오른쪽 비공을 비주를 중심으로 대칭시킨 경계가 보인다. 개발된 프로그램을 적용하여 비공의 면적과 비공 중점을 구한 후 각 인자를 계산하였다.

획득된 인자로부터 통계 분석을 통해 재현성 및 임상 의와의 상관관계가 높은 인자를 추출하고, 신경망 모델을 이용하여 분석 인자와 임상 결과와의 상관관계를 학습을 통하여 추정하였다.

IV. 결과 및 고찰

3명의 전문의의 3회 반복 평가에 대한 재현성은 각각 전문의 I은 15.9%, 전문의 II는 7.0%, 전문의 III은 9.6%로서 평균 10.8%이었다. 반면 일반인 3회의 평가의 점수는 식(1)을 통해서 산출하였으며, 컴퓨터를 이용한 일반인 3회 반복 평가에 대한 재현성은 일반인 I은 8.8%, 일반인 II는 7.9%, 일반인 III은 5.4%로 평균 7.4%로서, 전문의의 점정 방법을 사용하였다(표1).

Kappa value가 0.4 미만이면 낮은 일치도, 0.4~0.75는 보통, 0.75 이상은 높은 일치도를 나타낸다^[10]. Kappa 점정을 사용하게 된 이유는 전문의들이 100점 만점을 기준으로 10점 간격으로 평가를 함에 자료의 형태가 연속형의 데이터가 아니고 범주형의 자료이기 때문이다.

표 1. 전문의 3인과 일반인 3인의 평균, 표준편차 및 재현성

Table 1. Mean, Std. deviation and reproducibility of three doctors and three laypersons.

	전문의			일반인		
	I	II	III	I	II	III
평균	56.0	64.0	55.9	54.1	56.8	57.1
표준편차	8.1	3.9	5.1	4.5	4.3	3.0
재현성(%)	15.9	7.0	9.6	8.8	7.9	5.4
평균재현성(%)	10.8±4.6			7.4±1.8		

표 2. 3인의 전문의 간 3회 테스트 평균값에 대한 일치도

Table 2. Kappa values between three doctors for average of three tests.

Kappa Value	전문의I	전문의II	전문의III
전문의I	1	0.43	0.49
전문의II	0.43	1	0.36
전문의III	0.49	0.36	1

표 3. 일반인 3인의 3회 테스트 평균값에 대한 각 파라미터의 유의성 검증

Table 3. Significance of each parameter tested by 3 laypersons for three tests.

Parameter	Average±S.D	p-value
$ \theta_1 - \theta_2 $ (deg)	17.23±9.51	0.08
θ_1/θ_2	1.68±1.25	0.24
D_2/D_1	0.13±0.06	0.05
D_2/D_3	0.14±0.07	0.22
D_1/D_3	1.00±0.13	0.86
S_2/S_1	0.97±0.28	0.34
S_3/S_1	0.62±0.21	0.73
S_3/S_2	0.66±0.07	0.66
$S_3/(S_1+S_2)$	0.31±0.07	0.39
$S_3/(S_1+S_2-S_3)$	0.47±0.47	0.59

표 2와 같이 일치도는 전문의 I과 전문의 II는 보통, 전문의 I과 전문의 III은 보통, 전문의 II와 전문의 III으로 낮게 나타났다. 표 2의 결과로부터 전문의 II는 일치도가 0.43 및 0.36의 가장 낮은 결과를 보였다. 이러한 이유로 표4의 제안한 분석 인자와 전문의 간의 상관관계를 계산할 때와 그림 5의 상관관계를 구할 때에는 전문의 II를 제외한 나머지 2명의 전문의 분석 결과의 평균값만을 이용하였다.

일반인 3명이 개발된 프로그램을 활용하여 분석한 10개의 파라미터 값은 ANOVA 검정을 통해 일반인의 시행횟수에 따른 차이를 검정하였다. 표 3에서 보이는 바와 같이 개인마다 3회 측정된 10개의 파라미터 간에는 모두 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 이로부터 컴퓨터를 활용한 분석은 수동으로 측정 인자를 설정하는 과정에

표 4. 각 파라미터와 전문의 평가점수와의 상관관계 및 유의성

Table 4. Correlation and significance between each parameter and doctor's score.

Parameter	correlation coefficient	p-value
$ \theta_1 - \theta_2 $	-0.36**	0.0008
θ_1/θ_2	-0.39**	0.0002
D_2/D_1	-0.45**	<.000
D_2/D_3	-0.46**	<.000
D_1/D_3	0.19	0.0725
S_2/S_1	0.06	0.5985
S_3/S_1	0.46**	<.000
S_3/S_2	0.45**	<.000
$S_3/(S_1+S_2)$	0.60**	<.000
$S_3/(S_1+S_2-S_3)$	0.57**	<.000

** : significant at the 0.01 level(2-tailed)

서 개입될 수 있는 주관적 차이는 거의 없음을 확인할 수 있었고, 일반인의 테스트 횟수 간에도 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었다.

컴퓨터 분석을 통해 얻은 10개의 파라미터 중에서 전문의의 판단 점수에 영향을 잘 반영하는 입력인자를 결정하기 위하여 파라미터의 평균값과 전문의 평균 평가점수와의 상관관계 분석을 하여 어떤 파라미터가 전문의의 평가점수에 많은 영향을 미치는지 알아보았다. 그 결과 표 4에서와 같이 D_1/D_3 , S_2/S_1 는 전문의의 평가 점수와 상관관계가 없는 것으로 나타났다($p=0.073, 0.599$). 나머지 8개의 파라미터는 통계적으로 유의($p<0.01$)한 상관 계수(-0.36부터 0.60까지)를 보였다.

표 4에서 D_1/D_3 , S_2/S_1 은 상관관계가 없는 것으로 나타났는데 그 이유는 다음과 같다. 비공 간 거리의 분석에서 D_1, D_2, D_3 으로 형성되는 삼각형이 $D_1 = D_3$ 인 이등변 삼각형을 이룰 때, 변형이 되었음에도 불구하고 1에 가까운 값으로 계산되므로 오류를 나타낼 수 있다. 비공 면적의 분석에서도 S_2/S_1 은 대칭성 및 비공의 모양과는 관계없는 면적의 비이므로 1에 근접하다고 정상으로 볼 수 없다. 이를 토대로 D_1/D_3 , S_2/S_1 을 제외한 나머지 8개의 파라미터를 임상적 평가를 위한 인자로서 설정하였다.

먼저 통계적 회귀 분석을 통하여 8개의 파라미터를 이용하여 모델을 얻었다(1).

$$\begin{aligned} \text{전문의 평가점수} = & 22.918 - 0.115 * (|\theta_1 - \theta_2|) - 1.689 * (\theta_1 / \theta_2) \\ & + 99.541 * (D_2 / D_1) - 64.118 * (D_2 / D_3) - 31.975 * (S_3 / S_1) \\ & - 59.136 * (S_3 / S_2) + 232.24 * (S_3 / (S_1 + S_2)) + 43.476 * (S_3 / (S_1 + S_2 - S_3)) \end{aligned} \quad (1)$$

표 5. 일반인 3인의 3회 테스트 평균값에 대한 일반인 간의 일치도

Table 5. Kappa values between three laypersons for the average of three tests.

Kappa Value	일반인I	일반인II	일반인III
일반인I	1	0.84	0.76
일반인II	0.84	1	0.88
일반인III	0.76	0.88	1

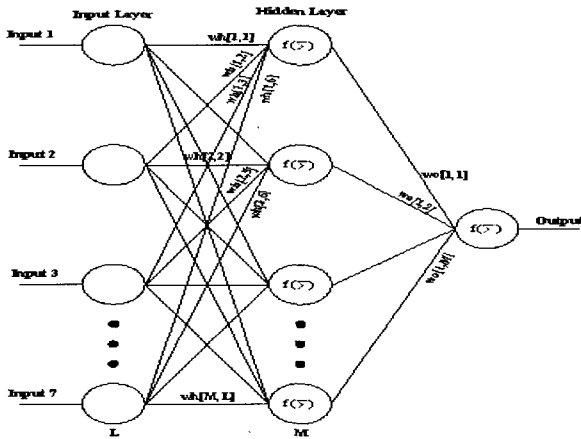


그림 3. 본 연구에서 사용한 다층 신경망 모델 구조
Fig. 3. Structure of the multi-layer neural network used in this study.

회귀모델의 적합도, 잔차에 대한 등분산성, 정규성, 독립성 모두 95% 신뢰 구간에 들었다. 위 회귀식을 통한 파라미터를 이용하여 컴퓨터 영상 분석에 대한 점수를 각각 일반인별로 구한 뒤 전문의와 같은 방법으로 일치도 검사를 하였다. 표 5의 결과와 같이 일반인 3인에 대하여 Kappa value가 모두 0.76 이상으로 전문의의 주관적인 평가 점수보다 훨씬 높은 일치도를 보였다.

신경망 모델의 경우, 그림 3과 같이 입력노드(L)는 구순열 코변형의 평가 영향을 미치는 인자들이고, 출력노드는 임상적 평가 점수와 같이 0에서 100점 사이의 값이 되도록 하였다. 은닉층의 노드 수에 따라 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 노드 수(M)를 2에서 9까지 변경해 가며 학습을 수행하였다. 학습 데이터로는 전문의 2명으로부터 얻은 총 172개의 모든 데이터를 사용하였다.

그림 4는 은닉 노드 수가 5일 때 신경회로망을 이용하여 600회 학습을 수행한 결과이다. 학습속도가 가장 빠른 Levenberg-Marquardt algorithm을 MATLAB 6.5를 이용하여 구현하였다. 학습을 50회 수행한 후부터 오차가 거의 0으로 수렴하였고, 수행하는 시간은 평균 7.5초였다.

신경회로망의 분석 결과, 일반인 간의 신경망 점수

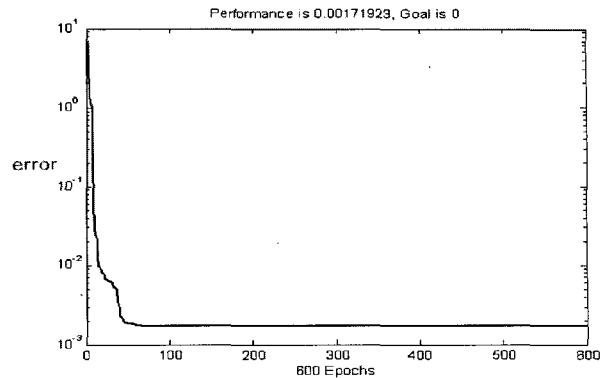


그림 4. 신경망 회로의 학습결과로 인한 오차 수렴
Fig. 4. Error Convergence as a result of neural network training.

차이는 평균이 3.1 ± 2.2 였다. 이것은 전문의 2인의 평균 평가 점수의 차이가 9.52 ± 11.50 인 것과 비교해 볼 때, 전문의들의 주관적인 평가보다 차이가 약 3배 이상 줄어들었음을 보여준다.

끝으로 전문의 평가 점수와 회귀 모델, 그리고 신경망을 이용한 추정 사이의 상관관계를 비교해 보았다. 그림 5(a)는 전문의 2인이 3회 평균 점수와 회귀 모델과의 상관관계로써 상관계수는 $0.642(p < 0.000)$ 이었다. 전문의의 평가 점수와 신경망 추정을 이용한 것의 상관관계를 살펴본 결과, 각각의 노드 수가 2에서 9로 증가함에 따라 상관 계수는 각각 0.701, 0.710, 0.758, 0.798, 0.781, 0.792, 0.834, 0.808로 나타났다. node 수가 8일 경우 가장 높은 상관 계수를 보였다. 그러나 히든 노드 수가 입력 노드 수와 같거나 더 클 경우 overfitting 되는 경우가 발생할 수 있다^[11]. 따라서 은닉층의 최적의 노드 수는 5로 결정하였다. 그림 5(b)는 은닉층의 노드 수가 5일 때의 상관관계를 보여주는 그래프이다. 그림 5로부터 신경망을 이용한 상관 계수 추정으로 통계적 회귀 모델보다 전문의의 평가에 보다 근접한 결과를 얻을 수 있었다.

V. 결 론

구순열로 인한 코 변형에 대한 평가는 주로 전문의에 의해 주관적인 평가로 판단되어 왔기 때문에 수술 결과의 만족도와 새로운 성형 수술 방법에 대한 효과나 만족도의 정량적 평가가 쉽지 않았다. 또한 전문의 간에도 큰 차이를 보임으로 인해 주관적 판단에 대한 신뢰감은 매우 약하였다. 이는 본 연구에서도 3명의 전문의 중 1명은 다른 전문의 2명과 차이가 나타난 것으로 확

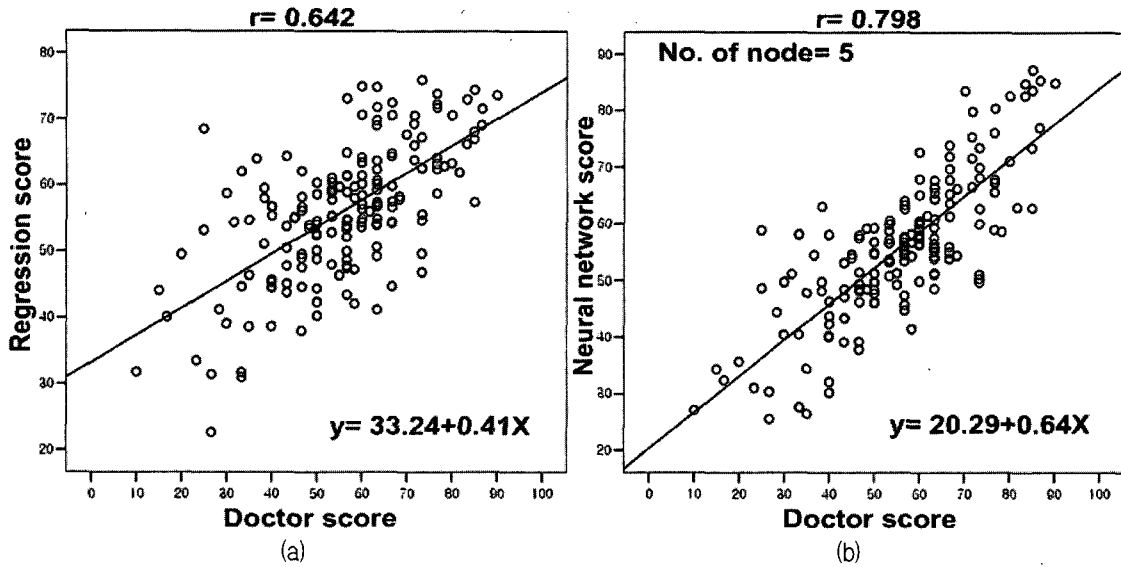


그림 5. 전문의 평가점수와 회귀 모델 및 컴퓨터 평가점수의 상관관계 (n=172). (a) 전문의와 회귀 모델의 평가 점수 간의 상관관계 (b) 전문의와 은닉층의 노드 수가 5인 신경망 모델의 평가 점수 간의 상관관계

Fig. 5. Correlations between doctor and computer scores (n=172). (a) correlation between the doctor and regression model scores. (b) Correlation between the doctor's score and scores by the neural network with five hidden layers.

인할 수 있었다. 또한 3명 전문의의 3회 평균점수에 대한 재현성도 컴퓨터를 이용한 방법의 재현성에 비해 낮았다. 나머지 노드 수에 대해서도 이와 유사한 결과를 보였고, 모두 수렴함을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서는 이를 저렴하고 간단한 방법으로 객관적이고, 정량화하기 위하여 환자의 사진 영상만을 이용하여 비공 장축의 각도, 비공 간의 거리, 그리고 면적을 통한 코 변형의 비대칭성을 분석하여 비전문이도 쉽게 구순열 코변형 정도를 판단할 수 있도록 정량화된 값으로 표현할 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 신경회로망을 이용한 컴퓨터 방법과 전문의의 평가점수가 높은 상관관계(0.798, $p < 0.000$)를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과를 토대로 구순열 코변형 환자의 사진을 통하여 코변형 정도를 비공 중점 간의 거리와 비공간의 면적비 및 각도 등으로 코변형 정도를 정량화할 수 있었으며, 코변형의 정도를 손쉽게 평가할 수 있는 지표를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Anastassov Y, Chipkov C. Analysis of nasal and labial deformities in cleft lip, alveolus and palate patients by a new rating scale: preliminary report. *J Craniomaxillofac Surg.* 31(5):299-303,

2003 Oct

[2] Takeshita A, Nakajuma T, Kaneko T, Yasawa M, Tamada I. Surgical creation of a Cupid bow using W-plasty in patients after cleft lip surgery. *Br J Plast Surg.* 56:375-379, 2003.
 [3] Lo LJ, Wong FH, Mardini S, Chen YR, Noordhoff MS. Assessment of bilateral cleft lip nose deformity: a comparison of result as judged by cleft surgeons and laypersons. *Plast Reconstr Surg.* 110:733-738, 2002.
 [4] Asher-McDade C, Roberts C, Shaw WC, Gallager C. Deveopment of a method fro rating nasolabial appearance patients with clefts of the lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J.* 28:385-390, 1991.
 [5] Asher-McDade C, Brattstrom V, Dahl E, McWilliam J, Molsted K, Plint D.A, Prah Andersen B, Semb G, Shaw WC, The RP. A six-center international study of treatment outcome in patients with cleft lip and palate: Part 4. Assessment nasolabial appearance. *Cleft Palate Craniofac J.* 29:409-412, 1992.
 [6] Wong GB, Burvin R, Mulliken JB. Resorbable Internal Splint: An Adjunct to Primary Correction of Unilateral Cleft Lip-Nasal Deformity. *Plast Reconstr Surg.* 110: 385-91, 2002.
 [7] Cobley TD, Orlando A, Page K, Mercer NS. Modification of the Koken nasal splint. *Cleft*

Palate Craniofac J. 37(2):125-126. 2000,Mar

[8] Coghlan BA, Laitung JK, Pigott RW. A computer-aided method of measuring nasal symmetry in the cleft lip nose. *British Journal of Plastic Surgery.* 46: 13-17, 1993.

[9] Hurwitz DJ, Ashby ER, Llull R, Pasqual J, Tabor C, Garrison L, Gillen L, Weyant R. Computer-Assisted Anthropometry for Outcome Assessment of Cleft Lip. *Plast Reconstr Surg.* 103(6):1608-1623, 1999.

[10] 안재억, 유근영, 이중환, *의학·보건학 통계분석, 고려정보산업, 416-421, 1998.*

[11] Lawrence S, Giles CL, Tsoi AC, Lessons in Neural Network Training: Overfitting May be Harder than Expected, *Proceedings of the Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence, AAAI-97, AAAI Press, Menlo Park, California, 540-545, 1997.*

저 자 소 개



김 수 찬(정회원)
1994년 인제대학교 의용공학과 (공학사)
1998년 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 (공학석사)
2003년 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 (공학박사)

2003년~2004년 Rensselaer Polytechnic Institute (Post Doc.)

2004년~현재 한경대학교 생물정보통신대학원
<주관심분야: 생체신호계측, 안구운동측정, 실시간 신호처리 등>



남 기 창(정회원)
1997년 연세대학교 의용전자공학과 (공학사)
1999년 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 (공학석사)
2004년 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 (공학박사)

2004년~2005년 연세대학교 의과대학 의학공학교실 연구강사

2005년~현재 Siemens 메디칼 초음파 연구소
<주관심분야: 생체신호계측, 음성신호처리 등>



김 진 태(정회원)
2005년 연세대학교 의용전자공학과 (공학사)
2005년 3월~현재 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 석사과정
<주관심분야: 생체 신호 계측등>



홍 현 기(정회원)
2005년 연세대학교 의용전자공학과 (공학사)
2005년 9월~현재 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 석사과정
<주관심분야: 생체 신호 계측등>



차 은 종(정회원)
1980년 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
1987년 미국 남가주대학 의공학 박사, Research Associate
1988년~현재 충북대학교 의과대학 의공학교실 교수

2001년~현재 씨케이인터내셔널 대표 겸직
<주관심분야: 생체계측, 물리센서, 심폐의료기, 정밀계측>



김 덕 원(평생회원)-교신저자
1976년 서울대학교 공과대학 (공학사)
1980년 미국 Northwestern University 전자공학과 (M.S.)
1986년 미국 Univ. of Texas at Austin 의공학과 (Ph.D.)

1999년~2005년 연세의대 의학공학교실 주임교수
1987년~현재 연세대학교 의과대학 의학공학교실 조교수, 부교수, 교수

2003년~현재 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 주임교수

<주관심분야: 비관혈적 생체계측, 의료기기, 전자파 유해성 등>