

부위별 변형 얼굴 재인 과제에서 안구 움직임 탐색 연구

함근수¹ · 표주연¹ · 유성호²
권지혜¹

¹국립과학수사연구원 법심리과

²서울대학교 의과대학 법의학연구소,
서울대학교 의과대학 법의학교실

Received: October 26, 2015
Revised: November 12, 2015
Accepted: November 23, 2015

Correspondence to

Jihye Kwon

Psychological Forensics Division,
National Forensic Service, 10 Ipchoon-ro,
Wonju 26460, Korea
Tel: +82-33-902-5355
Fax: +82-33-902-5923
E-mail: ksham@korea.kr

Seong Ho Yoo

Institute of Forensic Medicine and
Department of Forensic Medicine, Seoul
National University College of Medicine,
103 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul
03080, Korea
Tel: +82-2-740-8360
Fax: +82-2-764-8340
E-mail: yoosh@snu.ac.kr

Effects of Eye Movements on Recognition in a Manipulated-Face Memory Task

Keunsoo Ham¹, Chuyeon Pyo¹, Seong Ho Yoo², Jihye Kwon¹

¹Psychological Forensics Division, National Forensic Service, Wonju, Korea,

²Institute of Forensic Medicine and Department of Forensic Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

We evaluated the effects of eye movements on facial feature recognition and memory retrieval. Thirty-eight participants learned the faces of five men, including features of the faces (eyes, nose, and mouth), and then performed a recognition memory task for partially manipulated versions of the faces. Bilateral eye movements, recognition accuracy, and mean fixation duration were evaluated. We observed differences in fixation durations for the manipulated features of the faces (eyes, $F(3,78)=11.95$, $P<0.001$; and mouth, $F(3,78)=21.38$, $P<0.001$). These findings demonstrate that eye movements have a functional role in learning and recognizing human faces. Furthermore, fixation durations increased for the manipulated facial features, suggesting that eye movements during recognition are not simply patterns produced during learning.

Key Words: Memory; Eye; Movement; Face; Recognition

서 론

일반적으로 눈을 응시함으로써 우리는 상대의 감정이나 의도, 주의뿐만 아니라 사회적 지위, 문화적 배경, 의사 결정 그리고 도덕적 판단에 이르는 다양한 정보들을 추측해 낼 수 있다[1-7]. 최근 인지 과학 분야의 몇몇 연구자들은 안구 움직임에 나타나는 기억(memory)의 영향력에 주목하고 있다[8-12]. Hannula 등[9]에 따르면, 눈동자의 움직임, 즉 시선 추적(eye tracking) 기술을 이용한 안구 움직임 측정은 관찰자의 언어 보

고나 주관적인 판단을 신뢰할 수 없는 상황에서도 효과적으로 기억을 확인할 수 있는 방법이다. 최근의 시선 관련 연구가 오늘날에는 시선경로(gaze pattern), 응시시간(fixation duration), 안구도약(saccade amplitude), 시선점유율(dwell time) 등 안구 움직임의 다양한 측면을 관찰함으로써 단순한 시각적 주의(visual attention)뿐만 아니라 뇌의 작용과 기능을 이해하는 새로운 분야로 주목받고 있다. 이들 연구의 기본 전제는 인간은 무수한 자극으로 둘러싸인 세계에 살고 있는 만큼, 외부 자극을 지각하고 수용하는 안구 움직임은 무작위적인

것이 아닌 관찰자의 기대, 지식, 선행 경험 등에 의해 결정된다
는 것이다. 즉, 현재 자신이 원하는 것이 무엇인지, 자신이 알고
있는 것이 무엇인지, 과거에 자신이 본 것이 무엇인지에 따라
안구 움직임은 달라질 수 있다[11,13-15].

사람의 얼굴을 바라볼 때도 예외는 아니다. 자신에게 익숙한
얼굴과 익숙하지 않은 얼굴을 볼 때, 시선이 머무는 얼굴 부위
와 시선이 머무는 시간은 확연하게 달라진다[14]. 같은 맥락에서
동일한 얼굴이라도 자신에게 친숙한 사람일 때와 낯선 사람
일 때, 응시 횟수마다 시선이 머무는 영역에 차이가 존재한다
[15]. 그렇다면 평소 자신이 잘 알고 있는 사람의 얼굴에 변화
가 생긴다면 어떻게 될 것인가? 보다 구체적으로, 자신에게 익
숙한 얼굴의 눈, 코, 입 중 어느 한 부위에 변화가 생긴다면, 본
래 얼굴과 변화된 얼굴을 바라보는 안구 움직임에는 어떠한 차
이가 있을 것인가? 만약, 차이가 존재한다면 눈, 코, 입 가운데
어느 부위의 변화를 가장 빠르게 식별해 낼 것인가? 지금까지
얼굴 재인(face recognition)과 안구 움직임에 관한 많은 연구
들이 진행되어 왔지만, 얼굴의 중요 요소가 변화된 얼굴을 재
인하는 안구 움직임에 대해서는 보고된 바가 없다. 얼굴에 대
한 정보는 전체적(holistic) 혹은 맥락적(contextual)으로 처리
된다는 관점이 지배적이기 때문이다[16,17]. 그러나 우리는
주변 사람들의 얼굴에 나타난 사소한 변화를 의외로 쉽게 알아
차릴 때가 있으며, 이러한 변화 때문에 상대방의 전반적인 인
상이 달라 보이는 경험을 하기도 한다.

본 연구의 관심은 이러한 부위별 얼굴 변화를 탐지하는 특징
적인 안구 움직임이 존재하는지를 탐색하는 것이다. 이와 관련
해서는 Ryan 등[12]의 실험에서 연구자들은 참가자들에게 여

러 장의 사진을 차례로 보여주었다. 그리고 제시된 사진에서
일부분을 수정한(예, 사물의 삽입, 삭제, 위치 변화) 합성 사진
을 보여주고 시선 응시를 관찰하였다. 그 결과, 사진에서 수정
된 영역을 응시하는 참가자들의 시선이 크게 증가했을 뿐만 아
니라 수정된 영역을 오가는 시선의 이동(transition)도 많아진
다는 사실을 발견하였다. 보다 흥미로운 것은 참가자들에게 제
시되는 사진이 이전에 보았던 사진과 일치하는지, 만약 일치하
지 않다면 어느 부분이 어떻게 일치하지 않은지 구체적으로 설
명하게 하였다. 그 결과, 사진에서 수정된 부분과 수정된 내용
을 정확하게 인식하지 못한 참가자들이 수정 내용을 정확하게
인식한 참가자들보다 변화 영역을 오래 응시하고, 변화 영역을
오가는 시선의 움직임도 더 많이 나타냈다[12]. 이러한 결과는
안구 움직임이 관찰자의 의식적인 자각이나 주관적인 판단과
는 독립적으로 정확한 기억의 지표가 될 수 있음을 시사하는
것이다.

종합해 보면, 관찰자가 인식하지 못할 때조차 안구 움직임에
나타나는 기억의 흔적(memory trace)은 비교적 분명한 것으
로 보인다. 그러나 이러한 이론과 방법을 얼굴 재인 과정에서
확인한 연구는 드물다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구 결과
들의 해석을 더욱 명료하게 함은 물론, 기억 관련 안구 움직임
연구들이 사물과 전체적인 얼굴 재인 상황에서 진행된 만큼 부
위별 변형 얼굴 재인 시에도 동일한 결과가 나타나는지 살펴보
았다.

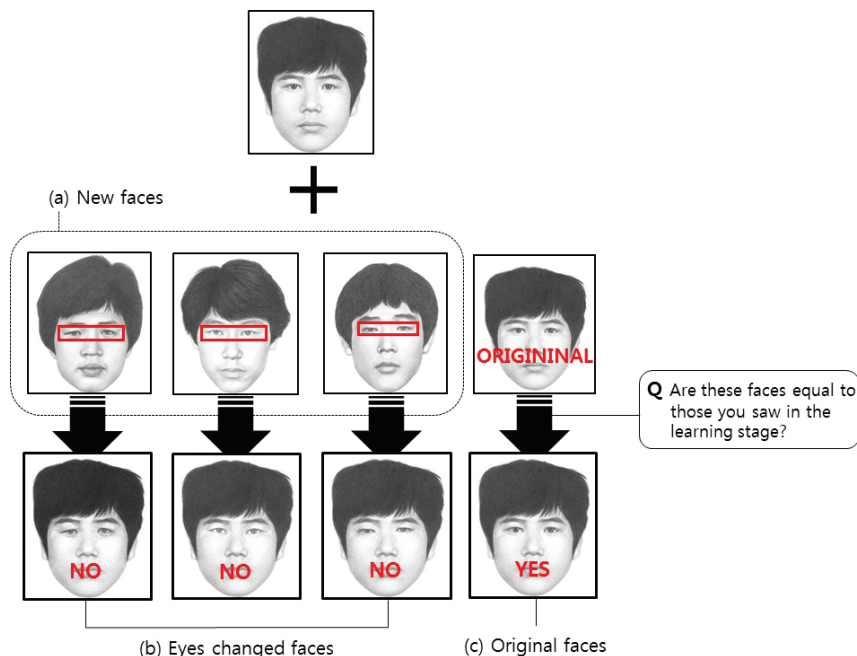


Fig. 1. Example of manipulated eye part of face is demonstrated.

재료 및 방법

1. 연구 대상

본 실험에는 인터넷을 통해 모집된 전국의 만 18세 이상 성인 남녀 38명이 참가하였다. 이 가운데 시점 조정(calibration) 작업에 문제가 있거나 응답 처리가 되지 않은 11명을 제외한 27명(남성 16명, 여성 11명)의 자료가 분석에 사용되었다. 참가자들의 평균 연령은 22.5 ± 2.42 세였으며, 모두 정상시력 또는 정상적인 교정시력을 보유하고 있었다.

2. 측정 도구

안구 움직임은 Core 2 Duo T9550에 연결된 Tobii사의 x2-30 eye tracker (Tobii Technology, Stockholm, Sweden)를 이용해 기록되었으며, 얼굴 자극은 21인치 스크린 모니터($1,280 \times 1,024$ 해상도)를 통해 제시되었다. 본 연구에 사용된 안구추적 장비(eye-tracker)는 비접촉식 장비로서 참가자와 약 65 cm 떨어진 모니터 아래에 23° 로 고정되었다.

3. 사전 조사

본 실험에 앞서 얼굴 재인 과제에 사용될 얼굴 자극을 선별하기 위한 사전 조사를 실시하였다. 먼저 3명의 연구진들이 국내 수사 기관에서 사용하고 있는 몽타주 작성 시스템(A System for Generating Montage) ver. 1.85b (Keon-A, Seoul,

Korea)에서 100개의 얼굴을 임의로 선별하였다. 선별된 얼굴은 한국인의 얼굴을 분석하여 나이별 변화 평균치를 형상화한 데이터로 제작되었다. 그리고 성별 영향력을 통제하고 얼굴을 기억하는 데 도움이 될 수 있는 특징을 배제하기 위해 안경, 장신구, 흉터, 수염을 포함하지 않은 20대 남성 얼굴로만 구성하였다. 선별된 얼굴은 Adobe사의 Photoshop Elements ver. 11.0 프로그램(Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA)을 사용하여 440×550 픽셀(pixel)의 흰색 배경 위에 무채색(gray scale)으로 처리되었다. 그리고 총 125명의 평가자들에게 연구진들이 선별한 100개 얼굴들의 평범성을 7점 척도 상에서 평가하도록 하였다(1점: 매우 평범하다, 7점: 전혀 평범하지 않다). 이 가운데서 평가자들로부터 가장 평범한 얼굴이라고 평가받은 5개의 얼굴을 본 실험에 사용할 최종 얼굴 자극으로 선정하였다.

4. 실험 자극

본 실험에 사용된 변형 얼굴 자극은 Photoshop Elements ver. 11.0을 사용하여, 사전 조사에서 선별된 얼굴 자극의 부위(눈, 코, 입) 가운데 한 부위를 다른 얼굴의 동일 부위와 조합함으로써 제작되었다. 예를 들어, 학습 단계에서 제시된 얼굴(학습 얼굴)에서 ‘눈’을 제거한 다음, 동일 몽타주 제작 프로그램에서 선별된 3개의 얼굴 자극으로부터 추출된 ‘눈’과 개별적으로 합성되어 총 3개의 ‘눈’ 변형 얼굴 자극이 완성되었다(Fig. 1). 이와 동일한 원리로 코와 입이 합성된 얼굴 자극이 각각 만들어졌다. 즉, 하나의 얼굴 자극이 부위별(3: 눈, 코, 입)로 3명의

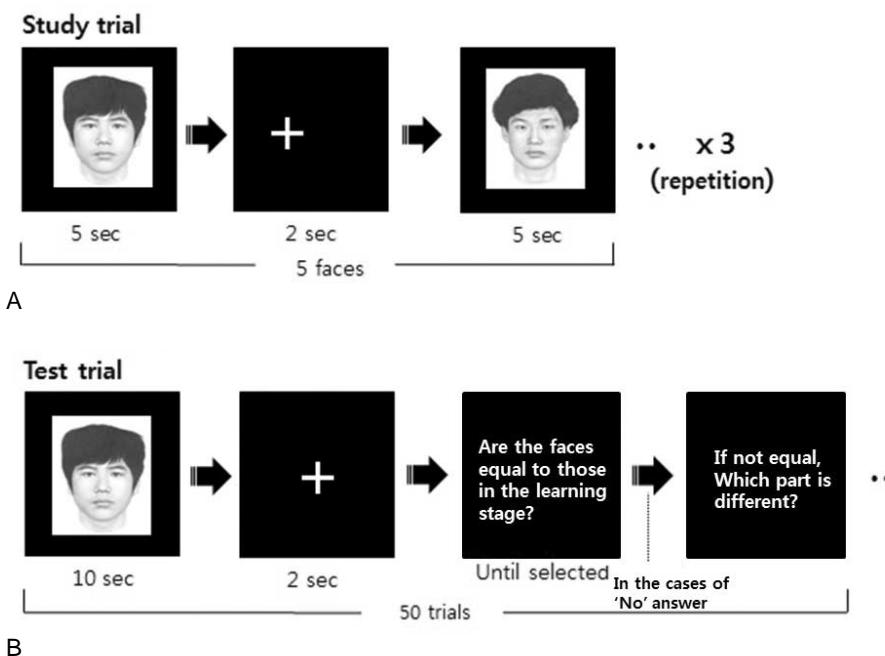


Fig. 2. Experimental procedure: study trial (A) and test trial (B).

서로 다른 얼굴과 조합되어 9개의 변형 얼굴이 만들어졌다. 따라서 사전 조사에서 선별된 5개의 얼굴 자극으로부터 총 45장 (9×5명)의 변형 얼굴 자극이 만들어졌다. 모든 자극은 440×550 픽셀 크기였으며, 흰색 배경 위에 무채색(gray scale)으로 처리되었다.

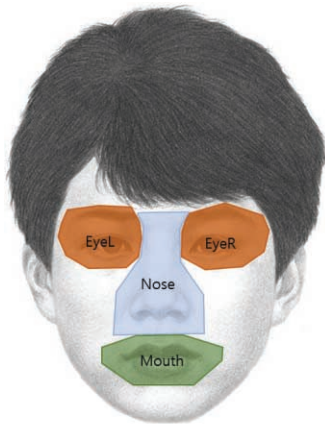


Fig. 3. Manipulated parts of Face are presented based on areas of interest.

5. 실험 절차

실험실에 도착한 참가자들은 과제에 대한 간단한 설명과 지시 사항을 들은 후, 안구측정 장비를 착용하고 시점 조정 과정을 거쳤다. 이 때, 참가자는 위치가 고정된 의자에 앉아 눈을 깜박이지 않은 채 모니터 화면의 4군데 모서리와 중앙 지점을 임의로 이동하는 표식(◎)을 응시해야만 했다. 본 실험은 크게 학습 단계와 테스트 단계로 구성되었으며, 모든 시행은 화면에 제시되는 지시문에 따라 진행되었다(Fig. 2).

학습 단계에서 참가자들은 이후에 실시되는 기억력 테스트를 위해 화면에 제시되는 얼굴들을 자세히 보라는 지시를 받았다. 이 때, 사전 조사에서 선별된 얼굴 자극이 무선적으로 1,000 msec 동안 제시되었으며, 이 과정은 3번 반복되었다. 즉, 참가자들은 5개의 얼굴 자극을 연속적으로 3번 반복 학습하였다. 이후, 5분간의 휴식을 취한 뒤, 다시 한 번 시점 조정 과정을 거치고 테스트를 시작하였다. 테스트 단계에서는 화면에 제시되는 얼굴이 학습 시행에서 보았던 얼굴과 정확하게 일치하는지 여부를 판단하고, 만약 일치하지 않는다면 눈, 코, 입 가운데 어느 부위가 일치하지 않는지를 선택해야만 했다. 화면에 응시점

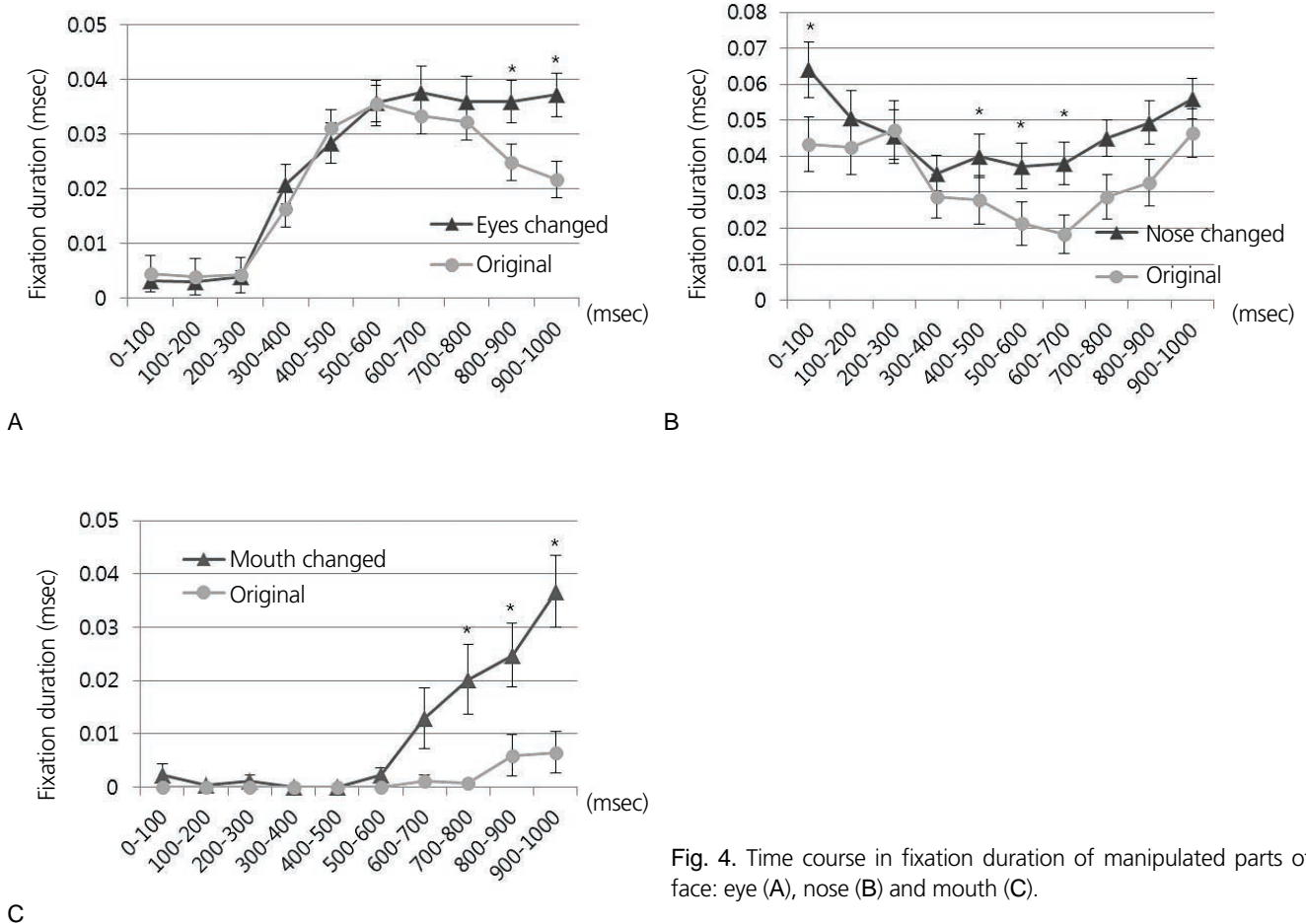


Fig. 4. Time course in fixation duration of manipulated parts of face: eye (A), nose (B) and mouth (C).

(+)이 제시된 후, 부위별로 합성된 얼굴 자극(45개)과 합성되지 않은 원본 얼굴 자극(5개)이 각각 10초 동안 무선적으로 제시되었다. 참가자들은 마우스를 이용해서 일치 여부를 선택하였으며, 불일치 응답을 선택한 경우에는 불일치 부위가 어디인지 ‘눈, 코, 입, 알 수 없음’ 가운데서 선택하였다. 학습과 테스트 단계에서 참가자들의 모든 안구 움직임은 기록되었다. 실험 시간은 평균 20분이 소요되었고, 과제가 끝난 뒤에는 실험에 대한 간단한 브리핑이 이루어졌다.

6. 자료의 처리 및 분석

자료 분석에 앞서 얼굴의 각 부위를 향하는 안구 움직임을 관찰하기 위해, Chelnokova와 Laeng[18]과 동일한 방식으로 모든 얼굴 자극의 주요 부위(눈, 코, 입)를 관심영역(area of interest)으로 지정하였다(Fig. 3). 그리고 SPSS ver. 18.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 지정된 관심영역을 향하는 참가자들의 시선 응시시간에 대한 t-검정과 다변량 분산분석을 실시하였다. 그리고 자극들 간 응시시간 차이가 어느 시점에 발생하는지 살펴보기 위한 시간 경과 분석(time-course analysis)을 실시하였다. 시간 경과 분석에서는 얼굴 자극이 제시된 시점부터 1,000 msec 지점까지를 100 msec 간격으로 나누어 변형 얼굴의 변형 부위(예, 눈 변형 얼굴의 ‘눈’ 부위)와 원본 얼굴의 동일 부위(예, 원본 얼굴의 ‘눈’ 부위) 응시시간을 반복측정 분산분석하였다.

결 과

먼저, 한 얼굴 자극 내에서 변형 부위와 변형되지 않은 부위 간 응시시간에 차이가 있는지 확인하기 위해, 변형 얼굴 부위별로 눈, 코 입에 머무르는 응시시간에 대한 반복측정 분산분석을 실시하였다. 결과는 Table 1과 같다. 제시된 바와 같이, 모든 변형 얼굴(눈 변형, 코 변형, 입 변형 얼굴)과 원본 얼굴에서 일관되게 눈을 가장 오래 응시하는 얼굴 응시 부위의 주효과가 나타났다. 즉, 얼굴 내에서 변형 부위가 어디든지 간에 눈, 코, 입의 순서로 시선이 오래 머무른다는 사실을 알 수 있었다. 또한, 정답 시행과 비정답 시행 간 t-검정에서 유의미한 차이가 발견되지 않았는데(눈, 코, 입 변형 얼굴 자극에 대해서 각각

$t=-0.137$, $P=0.137$; $t=0.643$ $P=0.526$; $t=-0.313$ $P=0.757$), 이것은 변형 부위를 정확하게 식별하거나 식별하지 못한 경우 간에 변형 부위 응시시간에는 유의미한 차이가 없었다는 것을 의미한다.

변형 얼굴과 원본 얼굴 간에 차이가 어느 시점에서 발생하는지 알아보기 위해 시간 경과 분석을 실시하였다. Fig. 4를 살펴보면 참가자들은 변형 얼굴의 변형 부위를 원본 얼굴의 동일 부위보다 오랜 시간 응시했으며, 눈, 코, 입 변형 얼굴 모두 시간이 지남에 따라 응시패턴이 변화했음을 알 수 있었다(눈, 코, 입 각각 $F(9.234)=2.373$, $P=0.01$; $F(9.234)=1.419$, $P=0.18$; $F(9.234)=4.806$, $P=0.001$). 사후 분석에서 가장 먼저 유의미한 응시시간 차이가 나타난 곳은 ‘코’ 부위였다. 즉, ‘코’ 부위가 변형된 얼굴은 화면에 자극이 제시된 뒤 400-700 msec 구간에서 원본 얼굴보다 더 오랜 시간 코 부위를 응시했으며, 이것은 눈과 입 부위 변형 얼굴과 비교했을 때, 대략 200-300 msec 빠른 것이었다(Fig. 4B). ‘눈’ 부위 변형 얼굴에서는 600-1,000 msec 구간에서 동일한 차이가 관찰되었으며, 그 차이는 시간이 지남에 따라 더욱 커졌다(Fig. 4A). 마지막으로, ‘입’ 부위 변형 얼굴에서는 700-1,000 msec 구간에서 응시시간 차이를 확인할 수 있었다(Fig. 4C).

다음으로, 다른 얼굴 자극과 비교하여 변형 얼굴의 변형 부위를 향하는 응시시간에 차이가 있는지를 알아보기 위한 반복측정 분산분석을 실시하였다. 결과에 따르면, ‘눈’과 ‘입’ 부위 변형 얼굴에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($F(3,78)=11.95$, $P<0.001$; $F(3,78)=21.38$, $P<0.001$). 즉, ‘눈’이 변형된 얼굴에서 눈 부위를 응시하는 시간이 ‘코’가 변형된 얼굴과 ‘입’이 변형된 얼굴에서 눈 부위를 응시하는 시간보다 유의미하게 길었다. 동일하게 ‘입’이 변형된 얼굴에서 입 부위를 응시하는 시간이 ‘눈’이나 ‘코’가 변형된 얼굴과 원본 얼굴에서 입을 응시하는 시간보다 유의미하게 길었다. 반면, ‘코’ 부위 변형 얼굴에서는 ‘눈’ 부위 변형 얼굴과의 차이가 발견됐을 뿐, 다른 얼굴 자극들과는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

고 찰

자극에 대한 기억이 이후 자극을 응시하는 안구 움직임에 영향을 미친다는 주장은 다양한 연구들을 통해 확인되고 있다[8-

Table 1. Fixation duration(s) to different regions of face for type of changed face

Type of changed face	Region of face		
	Eyes	Nose	Mouth
‘Eyes’ changed face	2.411±0.246	1.180±0.126	0.330±0.036
‘Nose’ changed face	1.970±0.195	1.571±0.173	0.381±0.042
‘Mouth’ changed face	1.810±0.191	1.461±0.152	0.640±0.080
Original face	2.130±0.225	1.400±0.134	0.362±0.040

Values are presented as mean ± standard deviation.

12,15]. 본 연구는 관찰자의 안구 움직임이 이전에 보았던 얼굴의 부위별 변화를 식별할 수 있는지 알아보기 위해 실시되었다. 이를 위해, 참가자들은 총 5명의 얼굴 자극을 3회 반복 학습한 뒤 화면에 제시되는 얼굴이 이전에 보았던 얼굴 자극과 일치하는지, 만약 일치하지 않는다면 어느 부위가 일치하지 않은지를 선택하였다. 본 과제에서는 전 단계에서 보았던 얼굴이 그대로 제시(학습 얼굴)되거나 눈, 코, 입 가운데 한 부위가 학습 단계에서 보지 않았던 얼굴의 동일 부위와 합성(변형 얼굴)되어 제시되었다. 본 연구의 주요 결과와 의의는 다음과 같다.

첫째, 눈 또는 입이 변형된 얼굴에서는 변형 부위에 대한 시선 응시가 유의미하게 높게 관찰되었다. 즉, ‘눈’이나 ‘입’이 다른 얼굴의 눈이나 입으로 대체된 얼굴을 응시할 때에는 다른 얼굴보다 변형 부위를 오랜 시간 응시하였다. 반면에, ‘코’가 변형된 얼굴에서는 다른 부위가 변형된 얼굴과 원본 얼굴에 비교했을 때 ‘코’를 응시하는 시간에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 변화된 얼굴 부위에 시선이 더 오래 머무른다는 사실은 얼굴을 재인할 때, 변화된 영역으로 더 많은 시각적 주의가 향했다는 것을 의미한다. 본 연구에서 이러한 시각적 주의가 자극의 색상, 밝기, 크기 같은 물리적 속성이나 특이성 때문에 야기된 것이 아닌 만큼, 학습 단계에서 보았던 얼굴 자극에 대한 기억이 안구 움직임에 영향을 미친 것으로 보아도 무방할 것이다. 실제로, 여러 기억 과제에서 전에 보았던 자극물을 처음 보는 자극물보다 오랜 시간 응시하고[8-12,15], 자극에 자신의 기억과 일치하지 않는 변화가 생긴 경우에는 변화된 영역을 더 오래 응시하였으며[11,14], 심지어 변화를 의식적으로 알아채지 못한 경우에도 동일한 시선 변화가 관찰되었다[11]. 이러한 사실은 안구 움직임이 의식적 또는 무의식적으로 과거의 경험이나 이에 대한 기억을 효과적으로 반영하는 중요한 지표가 될 수 있음을 시사한다. 다만, 본 연구만으로는 왜 ‘코’ 변형 얼굴에서는 이러한 차이가 나타나지 않는지를 설명할 수 없었다. 그 이유에 대해서는 여러 가지 설명이 가능하겠지만, 추측하건대 가장 큰 이유는 자극 유사성 때문일 것이라고 생각한다. 변형 얼굴과 원본 얼굴 간에 뚜렷한 응시시간 차이를 관찰할 수 있었던 ‘눈’이나 ‘입’ 부위와는 달리, ‘코’ 부위는 2차원 상에서 그 특징을 완전하게 파악하기 힘들기 때문이다. 반면에 정면에서는 비슷하게 보이는 코일지라도 3차원 상이나 측면에서는 확연하게 다르게 보일 수 있으며, 이 경우에는 코가 얼굴을 재인하고 식별하는 데 매우 핵심적인 요소가 된다[18]. 따라서 2차원 상에서 얼굴을 재인하는 본 과제에서는 원본 얼굴의 ‘코’와 변형 얼굴의 ‘코’가 매우 비슷하게 인식되었고, 그에 따라 식별 자체가 매우 어려웠을 것으로 예상해 볼 수 있다. 추후 연구에서는 이러한 자극 유사성 문제를 배제할 수 있는 상황에서 그 결과를 확인해 볼 필요가 있다. 한편, 변형 얼굴의 변형 부위와 원본 얼굴의 동일 부위 응시시간을 비교해 보았을 때, 눈, 코, 입 모든 부위에서 원본 얼굴보다 변형 얼굴 자극의

변형 부위를 더 오래 응시하는 현상이 관찰되었다. 본 연구의 목적 상 변형 얼굴과 원본 얼굴의 이 같은 비교는 특히 중요한 의미를 지닌다. 눈, 코, 입의 변화는 얼굴의 전반적인 인상엔 큰 영향을 미치지 때문이다. 눈, 코, 입 가운데 어느 한 부위에 변화가 있다는 것은 단순히 얼굴의 국소 정보(예, 눈 모양)뿐만 아니라 얼굴 내 관계 정보(예, 눈과 눈 사이의 거리, 눈과 코의 비율 등)까지 변화했다는 것을 의미한다. 그리고 이 두 가지가 한 사람의 얼굴을 특징짓는 데 핵심적인 역할을 하는 만큼[17], 얼굴을 재인하는 과정에서도 중요하다고 알려져 있다[19,20]. 따라서 얼굴 내 특정 부위의 변화로 야기된 순수한 응시시간 차이를 비교하기 위해서는 변형 얼굴들 간 비교는 적당하지 않으며, 오히려 원본 얼굴과의 비교를 통해서만이 가능할 것이다.

둘째, 한 얼굴 자극 내에서 눈, 코, 입에 머무는 응시시간을 분석해 보았을 때, 단순히 변화된 영역을 오래 응시하는 것이 아니라(변화된 영역이 어디든지 간에) 눈, 코, 입의 순서로 오랜 시간 응시한다는 것을 알 수 있었다. 이것은 Ryan 등의 [12] 연구와는 상반된 결과로 보여 질 수도 있는데, 사진을 제시했을 때 참가자들은 사진 내에서 변화된 영역을 월등하게 많이 응시하였기 때문이다. 이러한 차이는 아마도 제시 자극의 특성 때문일 것으로 추측된다. Zhao 등[20]에 따르면 사람의 얼굴은 주요 구성 요소인 눈, 코, 입이 포함하고 있는 정보가 (information value)가 모두 다르다. 따라서 우리의 시각적 주의력에 한계가 있는 만큼 누군가의 얼굴을 보고 특성을 추론하거나 얼굴을 기억할 때, 가장 유용한 정보를 제공하는 요소들 위주로 시각적 주의가 향할 가능성이 높다[21]. 실제로 다수의 연구들에서 얼굴을 학습하거나 재인할 때 눈, 코, 입의 순서로 오랜 시간 시선이 머문다는 일관된 결과를 보고하고 있다[17-19,22]. 본 연구는 이러한 연구들과 유사한 패턴을 보이는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 얼굴의 경우, 다른 사물들과는 다르게 각 부위가 지니는 중요성이 다른 만큼 고유의 응시 패턴을 보이는 것이다. 따라서 얼굴 내에서 특정 부위에 변화가 생기더라도 변화된 부위를 향하는 시선이 얼굴의 다른 부위, 특히 정보가 더 크다고 여겨지는 부위(예, 눈)를 향하는 시선을 증가하지는 못한 것으로 해석된다.

셋째, 자극 제시 후 0-1,000 msec 구간에서 부위별 변형 얼굴과 원본 얼굴의 응시시간에 대한 시간 경과 분석을 해 보았을 때, 각기 다른 구간에서 원본 얼굴의 동일 부위보다 변형 얼굴의 변형 부위를 오래 응시한다는 것을 알 수 있었다. 그 차이는 ‘눈’ 변형 얼굴은 600-1,000 msec 구간, ‘코’ 변형 얼굴은 400-700 msec 구간, ‘입’ 변형 얼굴은 700-1,000 msec 구간에서 나타났다. 즉, 코와 눈과 입의 순서로 응시시간 차이가 나타났다. 시간 경과 분석을 통해 가장 먼저 ‘코’ 부위에서 원본 얼굴과 변형 얼굴의 응시시간 차이가 발견되었다는 사실은 매우 흥미롭다. 이것은 사람들의 일반적인 예상과는 달리 얼굴

을 재인할 때, 초반 시선 응시가 눈이 아닌 코 부위에 집중된다는 최근 연구들 [21,23,24]과 일치하는 결과이다. 이러한 초반 응시 시선이 코 중앙과 왼쪽 코 영역에 집중된 이유에 대해, 이 지점이 얼굴 재인 시 필요한 정보를 얻는 데 최적화된 응시 지점 (optimal viewing point) 이라고 설명하였다 [24]. 즉, 가능한 짧은 시선 응시로 되도록 많은 정보를 얻기 위해서는 얼굴 각 요소들을 개별적으로 응시하는 것은 비효율적이므로 얼굴의 전반적인 특성이나 생김새를 한 눈에 파악하기 쉬운 코 영역에 시선을 응시한다는 것이다.

결론적으로, 본 연구에서는 부위별 변형 얼굴을 재인할 때, 관찰자의 자연스럽고 무의식적인 안구 움직임들 통해 변형된 얼굴 부위를 향하는 시각적 주의 할당에 차이가 있음을 확인했다는 데 의의가 있다. 그리고 이러한 주의 차이는 학습한 얼굴 자극에 대한 기억을 직접적으로 반영하는 현상이라고 할 수 있다. 많은 연구자들이 기억의 정확성을 확인하기 위한 다양한 방법 (예, 확신도, 응답시간, 묘사의 구체성 등)을 찾기 위해 노력하고 있다는 점을 고려해 볼 때, 안구 움직임을 통한 시선 추적 기술이 기억의 흔적을 확인하는 데 도움을 줄 수 있다는 사실은 매우 고무적이다. 더 나아가 얼굴 재인 및 식별 상황에서 특징적인 안구 움직임이 관찰되었다는 사실은 향후 몽타주 제작 시스템에 관한 흥미로운 논의거리를 제안하고, 부정확한 용의자 식별 가능성을 최소화하는 방안을 마련하는 데에도 도움을 줄 수 있으리라 생각한다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This research was supported by a grant for Scientific Investigation funded by the National Forensic Service.

References

- Schurgin MW, Nelson J, Iida S, et al. Eye movements during emotion recognition in faces. *J Vis* 2014;14:14.
- Perrett D, Emery NJ. Understanding the intentions of others from visual signals: neuropsychological evidence. *Cah Psychol Cogn* 1994;13:683-94.
- Rensink RA, O'Regan JK, Clark JJ. To see or not to see: the need for attention to perceive changes in scenes. *Psychol Sci* 1997;8:368-73.
- Gobel MS, Kim HS, Richardson DC. The dual function of social gaze. *Cognition* 2015;136:359-64.
- Chua HF, Boland JE, Nisbett RE. Cultural variation in eye movements during scene perception. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2005;102:12629-33.
- Bird GD, Lauwereyns J, Crawford MT. The role of eye movements in decision making and the prospect of exposure effects. *Vision Res* 2012;60:16-21.
- Parnamets P, Johansson P, Hall L, et al. Biasing moral decisions by exploiting the dynamics of eye gaze. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2015;112:4170-5.
- Johansson R, Holsanova J, Dewhurst R, et al. Eye movements during scene recollection have a functional role, but they are not reinstatements of those produced during encoding. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2012;38:1289-314.
- Hannula DE, Baym CL, Warren DE, et al. The eyes know: eye movements as a veridical index of memory. *Psychol Sci* 2012;23:278-87.
- Hannula DE, Althoff RR, Warren DE, et al. Worth a glance: using eye movements to investigate the cognitive neuroscience of memory. *Front Hum Neurosci* 2010;4:166.
- Henderson JM. Human gaze control during real-world scene perception. *Trends Cogn Sci* 2003;7:498-504.
- Ryan JD, Althoff RR, Whitlow S, et al. Amnesia is a deficit in relational memory. *Psychol Sci* 2000;11:454-61.
- Callan MJ, Ferguson HJ, Bindemann M. Eye movements to audiovisual scenes reveal expectations of a just world. *J Exp Psychol Gen* 2013;142:34-40.
- Althoff RR, Cohen NJ. Eye-movement-based memory effect: a reprocessing effect in face perception. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1999;25:997-1010.
- van Belle G, Ramon M, Lefevre P, et al. Fixation patterns during recognition of personally familiar and unfamiliar faces. *Front Psychol* 2010;1:20.
- Taubert J, Aghorpe D, Aagten-Murphy D, et al. The role of holistic processing in face perception: evidence from the face inversion effect. *Vision Res* 2011;51:1273-8.
- Tanaka JW, Sengco JA. Features and their configuration in face recognition. *Mem Cognit* 1997;25:583-92.
- Chelnokova O, Laeng B. Three-dimensional information in face recognition: an eye-tracking study. *J Vis* 2011;11:27.
- Hosie JA, Ellis HD, Haig ND. The effect of feature displacement on the perception of well-known faces. *Perception* 1988;17:461-74.
- Zhao W, Chellappa R, Phillips PJ, et al. Face recognition: a literature survey. *ACM Comput Surv* 2003;35:399-458.
- Sung YS, Cho K, Kim DY, et al. Difference in visual attention during the assessment of facial attractiveness and truthworthiness. *Korean J Sci Emot Sensib* 2010;13:533-40.
- Heisz JJ, Shore DI. More efficient scanning for familiar faces. *J Vis* 2008;8:9.1-10.
- Bindemann M, Scheepers C, Burton AM. Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces. *J Vis* 2009;9:7.1-16.
- Hsiao JH, Cottrell G. Two fixations suffice in face recognition. *Psychol Sci* 2008;19:998-1006.