

자외선 형광 유도 안면 영상 장치와
형광 영상 분석 방법

- 피부과 임상 진단을 위한 영상장치의 개발과 그 응용 -

연세대학교 대학원
의 공 학 과
한 병 관

자외선 형광 유도 안면 영상 장치와 형광 영상 분석 방법

- 피부과 임상 진단을 위한 영상장치의 개발과 그 응용-

지도 정 병 조 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함




2007년 7월 일

연세대학교 대학원

의 공 학 과

한 병 관

한병관의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 정 병 조 
심사위원 _____ 김 동 윤 
심사위원 _____ 김 법 민 

연세대학교 대학원

2007년 7월 일

감사의 글

제가 졸업 논문을 쓸수 있기까지, 많은 선 후배 님들의 도움이 있었습니다. 처음 대학원에 들어 왔을 때, 부족한 저를 믿어 주시고 도와주신 지도 교수님과 선 후배 학우들에게 감사의 말씀 전합니다. 제 논문 심사를 맡아주신 김동윤 교수님과 김범민 교수님께 감사의 말씀 올립니다.

2005년도 2월에 처음 의공학과 교수님으로 부임 하신 지도 교수님께 서는 늘 “하면 된다”라고 늘 말씀하셨고, 늘 행동으로 먼저 보여주셨습니다. 항상 넘치는 열정으로 부족한 저를 지도해 주시고, 연구에 있어서 많은 깨달음을 주신 지도 교수님께 감사의 말씀 전합니다.

임상 실험을 도와준 이동희, 노연식, 최한윤, 박신우, 심명현, 이진수, 박인성, 김진욱, 김용현, 정현학, 김은근, 엄기윤, 장재영, 정승환, 이승덕, 강진호, 김창근, 고창용, 최현호, 남궁 범석, 박원필, 강희성, 배영우, 손태윤, 윤진희, 류연항 학우와 원주 의대의 최응호 교수님과 홍승필 선생님께 감사의 말씀 드립니다.

그리고 영상 분석 및 시스템 구성에 도움을 주신 지도 교수님, 이상원, 호동수, 조용진, 배영우, 엄기윤, 손태윤, 최석우, 조성원, 한수민, 허 현 선배님과 공작 지원실의 박현양 연구원님께 감사의 말씀 전합니다.

2년이라는 길지도 짧지도 않은 시간 동안 많은 경험을 할 수 있었습니다. 졸업하는 입장에서, 제가 얻은 경험과 지식들을 소중히 여기고 겸손한 자세로 꾸준히 열심히 노력 하는 의공학과 대학원 졸업생이 될 것을 다짐합니다. 교수님, 선 후배님 그리고 의료공학 연구원 직원 분들도 앞으로 더 높이 비상 하는 의공학과와 함께 하셨으면 좋겠습니다.

차 례

| | |
|---|-----|
| 그림 차례 | iii |
| 표 차례 | iv |
| 국문 요약 | v |
| 제1장 서론 | 1 |
| 제2장 재료 및 방법 | 6 |
| 2.1 자외선 형광 유도 안면 영상 장치 | 6 |
| 2.2 빛 분포도의 균일성 측정 | 7 |
| 2.3 생체 형광 안면 영상 | 8 |
| 2.4 영상 분석과 피지 변수와의 상관성 | 9 |
| 2.5 형광 영상 분석 | 10 |
| 2.5.1 형광 영상 분석 절차 | 10 |
| 2.5.2 피지 샘플링 방법 | 12 |
| 2.5.3 유클리디안 공식을 이용한 컬러 분할 방법 | 13 |
| 2.5.4 적색과 백색 피지 점의 거리 매트릭스 | 14 |
| 2.5.5 색 분할 알고리즘의 응용 | 15 |
| 2.6 영상 분석 방법의 평가 | 16 |
| 2.7 재현성 실험 | 16 |
| 2.8 "Sebumeter"와의 비교 | 17 |
| 2.9 여드름과의 상관관계 비교 | 17 |
| 2.10 Triclosan이 함유된 세안제를 사용한 환자군과 대조군의 비교 | 18 |
| 2.10.1 형광 영상 장치를 이용한 측정 방법 | 18 |
| 2.10.2 Sebumeter를 이용한 얼굴의 피지량 측정 | 19 |
| 2.10.3 여드름 병변수 측정 | 19 |
| 2.10.4 통계적 분석 | 19 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 제 3 장 결과 | 20 |
| 3.1 빛 분포의 균일성 | 20 |
| 3.2 형광 영상 분석 방법 | 21 |
| 3.2.1 생체 형광 영상 분석 | 21 |
| 3.2.2 관심 병변의 획득 형광 영상 분석 예 | 27 |
| 3.3 재현성 실험 | 30 |
| 3.4 "Sebumeter"와의 상관성 | 31 |
| 3.5 피지량, 형광밀도 및 여드름 병변 개수 | 31 |
| 3.6 피지량과 형광밀도간의 상관관계 | 32 |
| 3.7 피지량과 여드름 병변수 간의 상관관계 | 35 |
| 3.8 여드름 병변수와 형광밀도간의 상관관계 | 35 |
| 3.9 한국형 여드름 중등도 분류(KAGS)에 따른 차이 비교 | 35 |
| 3.10 Triclosan 함유 세안제 사용 전후 변화 | 36 |
| 제 4 장 고찰 및 결론 | 37 |
| 참고 문헌 | 46 |
| Appendix | 51 |
| Separation UV Image | 51 |
| 영문 요약 | 54 |

그림 차례

| | |
|--|----|
| 그림 2.1 자외선 형광 안면 영상 시스템 | 4 |
| 그림 2.2 빛 분포도의 균일성 연구. | 5 |
| 그림 2.3 (a) 일반적인 컬러 영상과 (b) 안면부의 형광 영상 | 7 |
| 그림 2.4. 영상 분석 방법의 개요도. | 8 |
| 그림 2.5 피지점에 대한 R,G,B 매트릭스의 픽셀 평균값 분석 | 11 |
| 그림 2.6 RGB 컬러 공간에서의 적색, 백색, 노이즈 영역의 평균 컬러 벡터값. | 12 |
| 그림 2.7 적색과 백색 피지점의 거리 매트릭스 | 13 |
| 그림 3.1 UV-A램프의 파장 영역과 안정성 | 18 |
| 그림 3.2 상부의 그림은 피지 패턴 형광 영상, 하부의 그림은 이진화 처리된 패턴 영상. | 20 |
| 그림 3.3 영상화 시스템에서 획득된 지원자의 안면 형광 영상. | 21 |
| 그림 3.4 MatLab에 의해 코딩된 그래픽 유저 인터페이스(GUI). | 21 |
| 그림 3.5 STV와 ATV의 백분율 오차 | 23 |
| 그림 3.6 STV와 ATV의 선형적 관계 | 24 |
| 그림 3.7 피지 점의 색 분할 절차 | 25 |
| 그림 3.8 붉은색 피지점, 색소 저하증 노이즈 영역의 분할 | 27 |
| 그림 3.9 영상 시스템의 재현성 실험 | 28 |
| 그림 3.10 피지 밀도의 선형적인 분석. | 29 |
| 그림 3.11 형광 안면 영상의 예 | 31 |
| 그림 3.12 피지량과 형광 피지 밀도 량의 상관 관계 | 32 |
| 그림 3.13 여드름 병변수와 형광 밀도의 상관 관계 | 33 |
| 그림 3.14 피지량과 형광 피지 밀도 사이의 변화량. | 34 |
| 그림 3.15 Triclosan 함유 세안제 사용 전후 변화 | 34 |

표 차례

| | |
|--|----|
| 표 2.1 형광 영상으로부터 피지관련 파라미터를 정량적으로 추출하기 위한 영상 분석 방법 | 10 |
| 표 3.1 빛 분포도 분석을 위한 통계적인 변수 | 18 |
| 표 3.2 참가자로부터 획득된 형광 안면영상에서 계산된 피지 관련 파라미터 | 19 |
| 표 3.3 표 2에 열거된 영상 분석 방법을 사용하여 추출된 피지 관련 파라미터의 예. | 20 |
| 표 3.4 피부 피지 선의 상태에 따라 관찰 되어질 수 있는 다양한 형광 색 | 22 |
| 표 3.5 50개의 피지 점으로 계산된 레퍼런 스 컬러 마커(RCM)의 통계적인 분석 | 25 |
| 표 3.6 관심 병변의 샘플링 컬러 값 | 28 |
| 표 3.7 피지량, 형광 피지 밀도, 여드름 병변의 수의 결과 | 30 |
| 표 3.8 피지량, 여드름 병변수, 형광 피지 밀도와의 상관관계 | 32 |

국문 요약

자외선 형광 유도 안면 영상 장치와 형광 영상 분석 방법

본 연구는 피부과 임상 분야의 의료 영상 진단 시스템의 기반을 마련하기 위하여, 자외선 형광 유도 기법을 이용하여 안면부 피부 병변을 검출 및 진단 할 수 있는 시스템을 구축하기 위하여 수행하였다.

본 연구의 응용 분야는 형광에 의해 검출 되는 피부 질환이다. 검출 가능한 피부 질환들의 일례로는 크게 과다 색소성 질환, 색소 저하증, 세균성 질환 등이 있다. 과다 색소성 질환에는 기미, 주근깨, 점, 흑색 종양 등이 있으며, 색소 저하증에는 백반증이 있다. 세균성 질환에는 피지의 모공 상태(흰색 피지, 붉은색 피지)등이 있다.

형광 영상에서 추출 되어지는 질환들의 특징은 특정한 형태학적인 구조와 색 정보이다. 각 병변을 추출 하고 정량적인 파라미터로 표현하기 위하여 본 연구에서는 "Otsu's method"와 RGB컬러 공간에서의 색 분할 알고리즘의 적용과 형태학적인 연산을 통하여 피지 영역의 추출 및 정량적인 파라미터 값을 계산 하였다.

상기 임상 분야에 적용 가능한 자외선 형광 유도 안면 영상화 장치는 시스템 적으로 구현 되었으며, 정량적인 진단 시스템으로의 구현을 위한 알고리즘의 개발이 완료 되었다. 피지의 상태와 여드름 대한 상관관계를 검증 하였으며, 현재는 백반증 치료 전후 평가에 대한 임상 실험을 진행하고 있다.

=====

Key Words: Wood's light, Fluorescence, Sebum, Acne, Otsu's method,
Color Separation

제 1 장 서 론

자외선 형광 유도 안면 영상 장치는 Fluorescent Photography(형광 영상 촬영술)와 Digital Photography를 이용한다. Fluorescent는 생체 자가 발광 현상을 이용한 것이고 Digital Photography는 영상 분석과 데이터 관리에 용이한 방법이다. 본 연구실에서는 모공내의 피지의 상태와 세균성 질환들을 실시간 적이고 정량적인 방법으로 측정할 수 있는 영상화 장치로서 자외선 형광 유도 안면 영상 장치를 소개 한다.

상용화된 영상화 기법에는 Fluorescent Photography, UV Reflective Photography, Digital Photography와 Cross Polarization Photography 등이 있다.[39-40] Fluorescent Photography(형광 영상 촬영술)는 생체 조직내에 UVA 광원을 조사 시킬 경우 생체 조직내에서 에너지 준위의 변환이 일어나면서 가시광선을 방출하는 현상을 이용한 것이다.[39,40] 검출 가능한 피부 질환들의 일례로는 크게 과다 색소성 질환, 색소 저하증, 세균성 질환 등이다.[40] 과다 색소성 질환에는 기미, 주근깨, 점, 흑색 종양 등이 있으며, 색소 저하증에는 백반증이 있다. 세균성 질환에는 피지의 모공 상태(흰색 피지, 붉은색 피지)등이 있다. 특히 형광 영상 촬영술은 다른 사진 촬영 술에 비해 피지의 상태를 극명하게 구분 할 수 있으며, 측정하는 과장 영역은 가시광선 영역이고, Polaroid 필름을 사용한다.[40] UV photography는 UV광원을 생체 조직내에 조사하였을 경우 흡수와 반사의 원리를 이용한다.[42] 이러한 원리는 검은색과 하얀색으로 구별 하고 싶은 영상화 방법에 주로 이용 된다. 그 응용 예로는 Sunspot이 있으며, 측정하는 과장 영역은 자외선 영역대이고 UV band pass 필터를 이용한다. Digital Photography(디지털 영상 촬영 술)는 일반 디지털 카메라를 이용하여 환자 영상을 획득 및 분석 하는 방법이다.[42] 주로 컬러 영상 분석 방법을 이용하며, 눈에 보이는 주름살과 색소성 질환등을 관측 및 분석 할 수 있다. Cross Polarization Photography는 광원단과 디텍터 단에 2개의 편광 필터를 평행하게 부착하여 필터 곁이 90 교차되도록 하는 방법이고 이것을 교차 편광 이라고 한다. 교차 편광은 피부 표면의 반사를 제거 하여 정확한 피

부 컬러 정보를 획득하는 촬영술 이다. 혈관성 질환과 과다 색소성 질환을 관측하는데 용이하다.

상기에서 언급된 영상화 방법들은 유용성이 있으나, 실제 임상 분야에 있어서 많은 질환에 대해서 측정이 가능 하여야 하고, 하나의 영상 장치에서 분석 및 운용 가능하여야 한다. 언급된 영상화 방법의 한계점은 다음과 같다. 즉, Fluorescent Photography의 경우 Polaroid 필름을 이용하였기 때문에 데이터화와 영상분석을 적용하기에 적합하지 않았고, UV Reflective Photography의 경우 측정 질환이 Sunspot 측정에 국한 되었다. Digital Photography와 Cross Polarization Photography는 각각 표면 반사와 세균성 질환을 검출하는데 한계점을 가지고 있었다. 따라서, 자외선 형광 유도 안면 영상 장치는 이러한 기존 시스템의 한계점을 극복하고 다양한 응용 가능한 피부 질환 분석을 통하여 실제 임상 분야에서 본 시스템의 운용성과 적용성에 대한 가능성을 확인 하고자 시스템 구성, 영상 획득, 영상 분석 방법과 임상 실험을 진행 하였다.

자외선 형광 유도 안면 장치의 응용 예의 대표적인 예로 피지를 들 수 있다. 세균성 질환의 예인 피지는 피지선으로부터 분비된다. 그 구성 성분은 Squalene, Wax esters, Triglycerides와 소량의 cholesterol esters와 free cholesterol로 구성되는 지방 성분 물질이다.[1] 이러한 생리학적 구성 요소들의 변이는 피지와 관련된 피부 질환들을 일으킨다.[2] 그래서 피지 분비량의 측정은 피부 질환(예: 여드름, 내분비 장애)과 그것의 치료 효과의 병리생리학적인 연구에 있어서 중요하다.[1-4]

피지분비량은 나이, 피부 타입(건조, 중성, 지성), 피부의 해부학적인 위치(이마, 코, 뺨, 턱)에 의존 되고, 개인 마다 그 변이량은 상대적인 값을 갖는다.[1,5] 피지낭에서 생성되어지는 피지는 세균성 가수분해에 의해 오염되고, 피부 표면의 유리 지방산(free fatty acid)에서 트리글리세리드(triglyceride)로 일부 전환되어 지어진다.[1,4] 획득된 안면 형광 영상에서 붉은색 형광의 주요 원인은 모

공 사이에서 관측 되는 박테리아(bacteria)에 의해 생산된 포르피린(porphyrin)이 붉은색 형광을 발하기 때문이다.[7] 모공에서 나오는 형광색은 정상인에게서 적색 형광을 보여준다. 하지만 모공이 폐쇄된 경우에는 모공의 상태에 따라 흰색 또는 노란색 형광을 나타낸다. 포르피린의 과다 유출은 강렬한 붉은색 형광의 원인이 된다.[7,8]

기존 연구에 따르면, 피지 분비의 초기 수집 방법은 지질을 추출하기 위하여 중성 용매를 사용한 뷰넬 방법(funnel method) 이었고, 그 수집된 피지에서 밀도, 색, 농도 측정 및 분석으로 평가 되어 졌다.[4,9] 1994에 피지 분비는 여과지(filter paper)를 이용함으로써 비침습적으로 수집 되어졌다.[5] 그런 이후에, 다양한 비침습적인 방법들은 피지 분비의 정량적인 평가를 위하여 개발 되어졌다. 1958년에 "cigarette paper" 방법은 피지의 패턴을 획득하기 위하여 사용 되어 졌고, 피지 분비량의 기전이 연구 되어졌다.[4,10] 1982년에는 또 다른 지질 흡수 기술인 "bentonite clay method"는 다우닝(Downing)에 의해 시도 되어 졌다.[5] 하지만 그것은 정확한 방법으로 고려되긴 하지만, 적어도 12 시간의 수집 기간과 번거로운 절차를 거쳐야만 했다.[4,9] 나중에 지질 흡수를 하는 중합 필름을 이용한 "Sebutape" 방법은 피지 분비의 수집과 평가를 위해 번거로운 실험 절차를 개선하기 위해 개발 되어졌다. "Sebutape" 영상은 유용한 피지 정보(모양의 피지 분비 패턴, 피지가 측정 지역에 분포하는 비율, 밀도, 피지의 최대 면적과 평균 면적)를 획득하기 위하여 컴퓨터를 이용한 영상 분석 방법으로 분석 되어졌다.[4,10] 가장 최근에 광도 측정 기술을 이용한 "Sebumeter"는 빠른 표본화 시간(30초) 동안 피지 량($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)을 공급함으로써 피지 분비 측정을 위해서 도입 되어졌다.[4] 그것은 지질 표본화를 위해 매트 모양의 플라스틱 필름을 사용하여, 지질의 응용 이후에 필름 표면의 증가 투명성을 측정한다. 플라스틱 필름의 투과도는 광도 측정 방법에 의해 측정되어진다. 필름의 투명도는 0~500의 범위를 가진다. 이러한 투명성은 피지량과 상관관계를 나타내고, 피지량의 척도로서 사용 되어 진다.[4]

임상적인 응용에 있어서 기존의 방법들은 점 측정 방법으로 인한 반복적인 측정과 접촉식 측정 또는 정성적인 이미지 평가와 긴 측정 시간등에서 제한점과 예측할수 없는 결과들을 제공 하고 있다.[4] 자외선 유도 형광 디지털 영상 시스템과 다양한 분석 방법들은 피지 관련 파라미터(모공 피지 분비 패턴, 안면 피지 분포 비율, 피지의 평균 면적과 직경, 비정상 모공 피지의 수)를 획득하기 위하여 형광 안면 영상에 적용 하였고 피부 질환의 평가에 유용하다.

피지를 측정하기 위한 첫 시도 이래로, 다양한 방법들이 개발 되었다.[4,18] 최근에 선호되는 피지 측정 방법은 "Sebutape", "Sebumeter"와 "Wood's Lamp"이다. "Sebutape"과 "Sebumeter"는 피지선의 상태를 반영할 수 없고 접촉식 측정 방법으로 피지 정보를 왜곡 할수있다. "Wood's Lamp"는 UVA의 분광 범위를 가지고 있고 피부 발색단의 형광을 유도 한다. 상업적으로, 형광 영상은 주관적으로 평가되어지고 있다. 최근에, 상업적인 "Wood's Lamp"시스템은 고 해상도의 디지털 컬러 카메라와 집적화 되어졌다.[20,21] 이러한 경향은 생리학적인 구성(예, 피지, 백반증 등)의 형광을 정량적으로 시스템적으로 분석하는 것을 가능하게 한다.

피지선의 상태는 UVA에 의해 유도되는 형광 영상으로 피지 색을 분석함으로써 간접적으로 평가 되어 질 수 있다. 예를 들면, 박테리아에 의해 감염되는 피지로 가득 찬 피지선은 밝은 흰색을 방출한다. 과도한 피부 기름은 적색을 PH 균형이 맞지 않는 경우는 노란색 형광을 방출한다.[7] 대부분의 경우에, 정상적인 피지선은 형광을 방출 하지 않는다.

피부 표면 지질은 피지와 표피 지질이 섞여 이루어진 지질막으로 이루어지며, 이중 피지가 대부분을 형성한다. 이러한 피지는 피지선에서 생성되어 피부 표면으로 분비되는데, 피지선의 피지세포가 용해되면서 피지선 관내로 분비된 피지는 모낭 저장소에 저장되었다가 모낭 개구부를 통해 배출되어 주변으로 퍼

진다[24]. 이때 모낭내 존재하는 *Propionibacterium acnes*에서 생성되는 포르피린이 피지와 섞여 배출되면서 형광이 발현될 수 있게 된다. 발현되는 양상은 모공에서 두드러지게 나타나기 때문에 모공처럼 점상으로 나타난다.

여드름의 발생 기전중, 피지분비와 *P. acnes*의 증식이 중요한 요인으로 알려져 있다[25]. 즉, 여드름 환자에서는 정상인에 비하여 피지 분비량이 유의하게 증가되어 있고, 피지 분비량이 증가할수록 여드름의 정도가 심하다고 알려져 있다[26,27]. 따라서 피지 분비량을 측정하는 것은 여드름 연구 분야에 있어 중요한 의미를 가진다.

1927년, Bornmer[28]는 얼굴에 자외선 램프를 비추면 점상의 적색 형광이 나타나는 현상을 처음으로 소개하였다. 이 형광은 피지 내에 *P. acnes*가 생산하는 corprophyrin III와 protoporphyrin IX에 의해 발생되며, 균 집락의 밀도와 형광의 강도는 비례하게 된다[29,30]. 또한, 피지 분비량과 균 밀도 역시 어느 정도 비례하는 상관관계가 있으므로 피지분비량도 형광 발현 정도와 상관관계가 있을 것으로 추정할 수 있다[29].

그러나 지금까지 UVA에 의한 모공 내 형광 발현과 *P. acnes*에 대한 관계는 어느 정도 상관성이 밝혀져 있으나 피지 분비량과 모공내에서 발현 되는 형광 피지 밀도와의 관계에 대한 연구는 미미한 실정이다.

본 임상 실험을 통하여 여드름 환자의 얼굴 여러 부위에서 새로 고안된 자외선 형광 유도 안면 영상 장치를 이용하여 측정된 점상 형광 피지 밀도가 Sebumeter®를 이용한 피지량 및 여드름 병변수와 상관관계를 갖는지 조사하여 향후 여드름 임상연구에 이용할 수 있는가에 대한 가능성을 확인하고자 하였다.

제 2 장 재료 및 방법

2.1 자외선 형광 유도 안면 영상 장치

그림 1은 개발된 영상 시스템을 나타낸다. "Wood's Lamp" 또는 "Black light"으로 명명되는 4개의 UV-A램프는 안면 피부 형광을 유도하기 위하여 광원으로 사용되어졌다. 디지털 컬러 카메라는 안면에 균일한 빛 분포를 제공하기 위하여 램프 사이의 정 중앙에 장착 되어졌다.

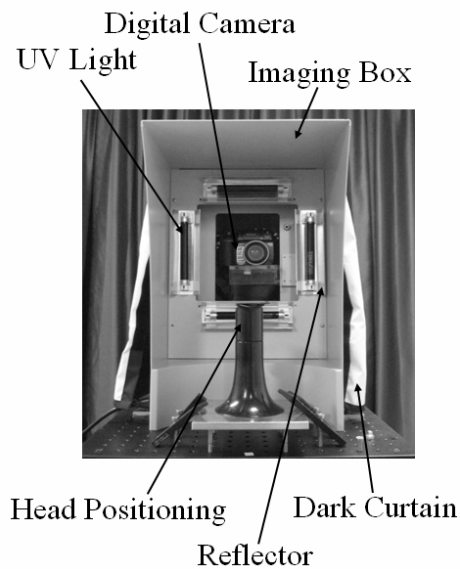


그림 2.1 자외선 형광 안면 영상 시스템

형광 안면 영상 시스템은 디지털 컬러 카메라, 4개의 UV-A램프, 영상 장치 내에 집적화된 안면 거치 장치로 구성되고 UV-A광원에 의해 유도된 형광 영상을 획득한다.

형광 안면 영상은 수동 모드로 작동되는 디지털 컬러 카메라(Coolpix 8400, Nikon, Tokyo, Japan) 로 획득 하였고, 형광 영상에서 분명한 색 정보를 제공할 수 있기에 선택 하였다. 카메라 설정(F/#: 2.9, shutter speed: 1/2, ISO: 200)은 참가자의 안면 형광 영상을 같은 조건에서 획득하기위하여 동일하게 유지 하였다. 최적의 안면 형광 영상 획득을 위하여 주문 제작된 안면 거치대는 4개의 UV-A 램프 사이의 중앙 위치에 장착 되어졌고 UV-A 램프와 21.6cm 의

측정거리를 유지한다. 이것은 참가자의 안면에 균일한 빛 분포를 고려한 것이다.(그림 2.1)

2.2 빛 분포도의 균일성 측정

UV-A 램프의 스펙트럼은 광원의 분광과 안전성을 검증하기 위하여 광학 분광계(Triax 550, Horiba, New Jersey, USA)로 측정 되어졌다. 타겟 영역(이경우에, 안면 피부)의 빛 분포도의 균일성은 영상 분석과 형광 영상을 이용한 피부 질환의 중증도의 정확한 비교에 있어서 매우 중요하다.[12] 인체의 안면 피부는 마네킹(mannequin) 모델을 이용하여 모델링 되었고, 형광 패치는 마네킹 얼굴에 부착 되어졌다[그림 2.2(a)].

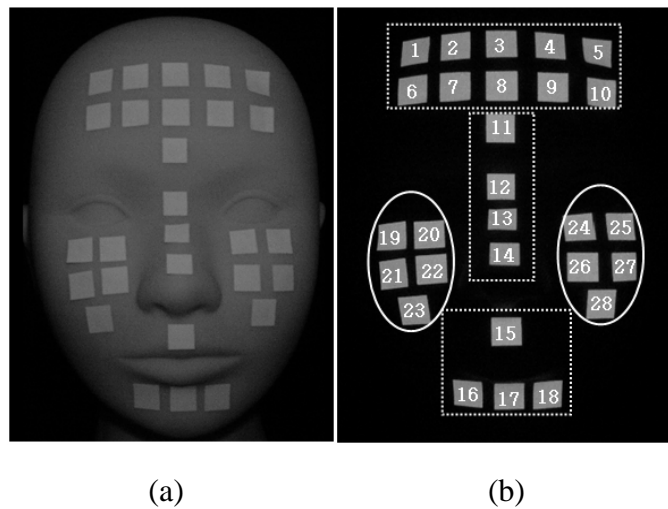


그림 2.2 빛 분포도의 균일성 연구.

형광 패치들은 마네킹의 T-zone과 U-zone에 놓여졌다.

(a) 마네킹 백색광 영상

(b) 마네킹 안면 모델에 부착된 형광 패치가 있는 형광 영상

빛 분포는 T-zone(이마, 코, 턱)과 U-zone(양쪽 뺨)에서의 CV(coefficient of

variation) 값을 계산함으로써 결정 한다.[3] CV는 다음과 같이 계산 하였다.

$$CV (\%) = [\sigma / \mu] \times 100 \quad (1)$$

μ 와 σ 는 개별적으로 선택되어진 형광 패치들의 평균과 표준 편차이다. 낮은 CV값은 얼굴에서 더 균일한 빛 분포를 나타낸다.

2.3 생체 형광 안면 영상

형광 영상을 유도하는 UV-A는 참가자의 안면으로부터 형광을 유발 한다. 머리 부분은 안면 거치대에 놓고, 촬영 각은 정면 안면 영상을 획득하기 위하여 카메라 광축에 0도로 배치시킨다.[12] 레퍼런스 형광 패치($1 \times 1 \text{ cm}^2$)는 영상 분석에 있어서 면적 측정을 위하여 참가자의 앞이마에 놓는다.

참가자의 형광영상은 레퍼런스 형광 패치없이 획득된다. 레퍼런스 형광 패치의 픽셀(104×104)수는 영상 분석에 있어서 면적 측정을 위하여 사용된다. UV-A 광원의 파워는 UV solarmeter(Model 5.0 Mat Science Tech Co., Ltd., Seoul, Korea)에 의해 측정 되어졌고, 안면 지역에서 0.6 mW/cm^2 로 측정 된다. UV-A광원은 이미지 획득 시간(shutter speed:1/2 sec)과 참가자 준비 시간을 포함하여 대략 3초 정도 조사한다.

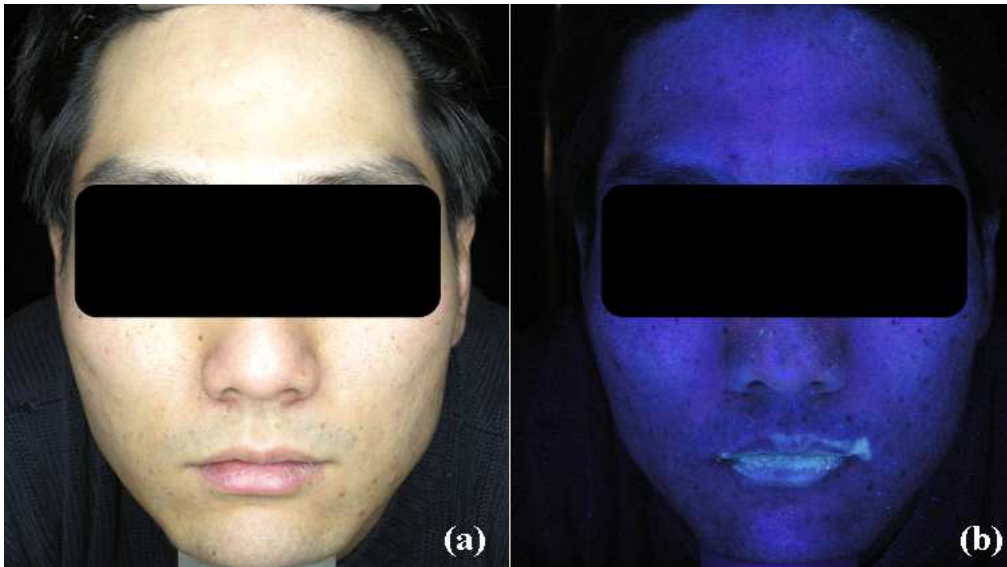


그림 2.3 (a) 일반적인 컬러 영상과 (b) 안면부의 형광 영상.

일광 손상 점들은 형광 영상에서 명확하게 관찰되어진다. 하지만, 이러한 병변은 일반 디지털 컬러 영상에서 정확하게 식별 되어 질 수 없다.

2.4 영상 분석과 피지 변수와의 상관성

앞이마, 뺨과 턱 영역은 촬영 각 0도에서 영상화 하였을 때 상대적으로 평평한 표면이다. 하지만, 코 영역은 빛이 균일하게 조사 되지 못하는 굴곡 면을 가지고 있다. 그 결과, 코 영역은 분석된 피지 파라미터(예, 피지 패턴)에 따라 영상 분석에 있어서 에러의 원인이 될 가능성이 있다. 하지만 여기에서는, 코 영역에서 굴곡 면에 의한 측정 에러는 관심 지역에 대해서 최적의 촬영 각을 사용함으로써 최소화 될 수 있기 때문에 고려하지 않겠다.[12]

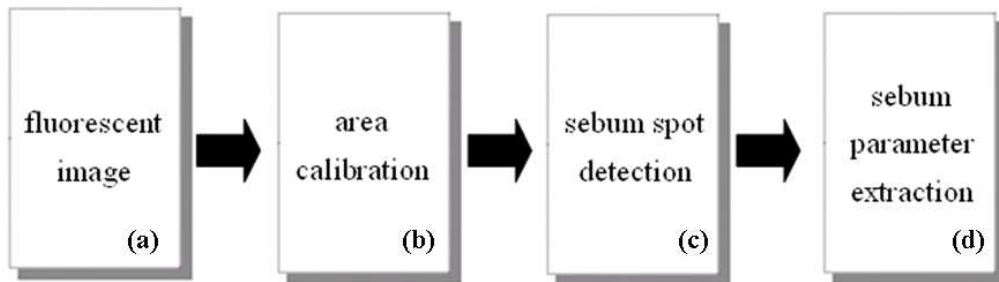


그림 2.4. 영상 분석 방법의 개요도.

형광 영상의 면적 정의는 먼저 수행되어지고, 피지 점은 에지검출 알고리즘에 의해 기본적으로 검출되어진다. 마지막으로, 다양한 피지 파라미터들은 영상 분석 방법을 사용하여 처리된 영상으로부터 계산되어진다.

피지 분비와 관련된 중요한 임상 파라미터는 그림 2.4 에서 설명한 영상 처리 절차로 계산한다. 획득된 형광 영상의 물리적인 면적은 레퍼런스 형광 패치로 측정 한다. 피지 점은 255 그레이 레벨의 범위에서 획득되어진 경계 값으로 검출 한다. 마지막으로, 다양한 영상 분석 방법들이 피지 파라미터를 추출하기 위하여 처리된 영상에 적용 하였다. 그 파라미터는 수반하는 값(피지낭에서 피지가 분비 되는 피지 점의 수, 피지 점의 할당 수와 모양을 계산하는 피지 분비의 패턴, 피지 낭에서 분비 활동의 차이들을 나타내는 점들의 분포 사이즈)[3,7,13]들을 포함한다.

2.5 형광 영상 분석

2.5.1 형광 영상 분석 절차

형광 영상은 "MatLab"코드로 분석 하였다. 피지의 패턴은 다음 절차에 의해 자동적으로 검출 한다:

- 1) 형광 영상을 반전시키고 "Otus's method"에 의해 결정되어지는 자동 문턱치

값(ATV)에 의해 2진 영상으로 전환한다.[22]

2) 2진 영상은 피지와 배경색을 나타내며, 각각 1과 0으로서 영상에 출력 한다.

3) 피지의 분포도는 형태학적인 요소로 검출 하고, 이러한 결과들은 선택된 반경(원형 타입의 반경 값이 6)에 따라 변경 한다. 형태학적인 구조 요소를 사용하는 것은 이진영상에서 피지 정보를 왜곡시키지 않고 그대로 표현하기 위해서 사용 한다.(평활화, 채움 연산, 침식 연산)

4) 마지막으로, 피지는 검출하기 위해 최적화 과정을 거친다.

추가 적으로, 피지 검출에서 ATV를 사용하는 것은 연산자에 의해 결정되어지는 주관적인 문턱치 값(STV)은 영상 분석 절차의 첫 번째 과정에 다시 적용 한다. 피지 검출을 위한 STV는 형광 영상과 피지 검출 영상을 정량적으로 비교함으로써 각각의 형광 영상에 대해 결정되어진다. 피지 검출을 위한 상기 검출 값의 이용 가능성은 ATV와 STV에 의해 검출 되어진 피지의 수의 백분율 차이 값(Percent Difference)을 계산함으로써 평가 된다.

$$\text{Percent Difference} = \frac{[(\text{STV}-\text{ATV})/\text{STV}] \times 100}{(1)} \quad (1)$$

피지 관련 파라미터(면적, 피지 점의 백분율 밀도, 피지 점의 평균 면적과 직경, 피지의 수)를 정량적으로 계산하기 위하여, 물리적인 면적 조정은 패치 영역에서 픽셀의 수를 카운팅 함으로서 형광 패치(1cm²=10816 픽셀)에 의해 처음으로 수행 되어졌다. 피지의 수는 피지의 에지를 검출하고 라벨링 함으로서 산출 되어진다. 피지는 원형의 패턴을 가지고 있다고 가정하고, 우리는 피지의 평균 직경을 계산하였다. 영상 분석 방법은 표 2.1에 요약 되어졌다.

| 파라미터 | 계산 방법 |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 총 픽셀수 | 픽셀을 세는 것 (영상의 크기) |
| 총 면적(cm ²) | 총 픽셀 수 / 10816 |
| 피지 면적(cm ²) | 피지 점의 총 픽셀 수/10816 |
| 피지 점의 백분율 밀도 (%) | (피지 면적/ 총 면적)*100 |
| 피지 점의 수 | 에지 검출과 라벨링 |
| 피지 점의 평균 면적(cm ²) | 피지 면적 / 피지 점의 수 |
| 피지 점의 평균 직경 (cm) | (평균 면적/ π) ^{0.5} |

표 2.1 형광 영상으로부터 피지관련 파라미터를 정량적으로 추출하기 위한 영상 분석 방법

2.5.2 피지 샘플링 방법

총 10장의 이미지에서 각각 50개의 붉은색 피지와 흰색 피지 점을 샘플링 한다. 각 영상의 R,G,B값을 샘플링 하고, RGB 영상을 각각 R매트릭스, G매트릭스, B매트릭스로 분할 한다. 예를 들어 획득 영상에서 붉은색 피지가 있다고 가정하면, 피지 점이 처음 시작 되는 X축과 Y축의 매트릭스 포인트를 시작점으로 잡고 끝나는 곳의 X축과 Y축의 매트릭스 포인트를 끝점으로 잡게 된다. 이 범위 안에 있는 각각의 R,G,B매트릭스를 분할한다. 최종적으로 이렇게 샘플링 된 총 50개의 붉은색 피지의 포인트의 R,G,B 매트릭스 값의 평균을 구한다. 이러한 과정을 거쳐서 붉은색 피지와 흰색 피지의 픽셀 포인트의 평균값을 계산한다. (그림 2.5 참조)

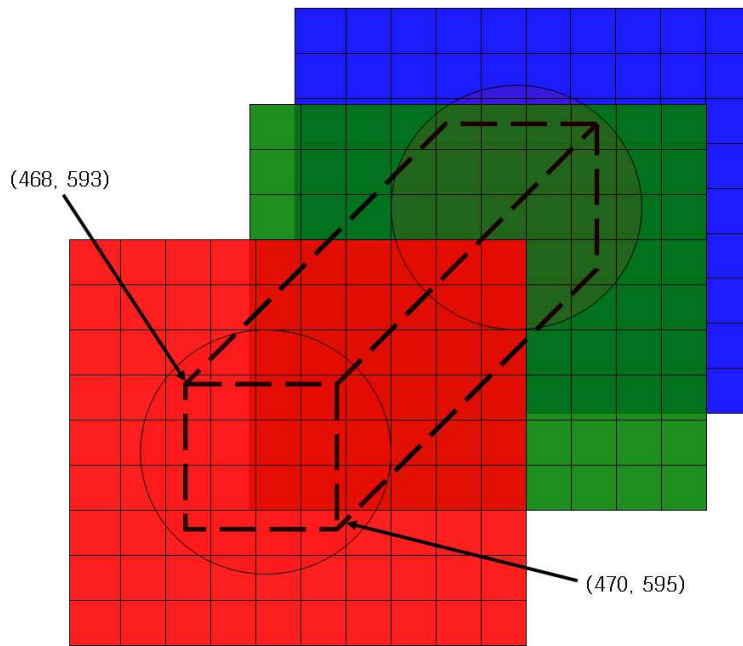


그림 2.5 피지점에 대한 R,G,B 매트릭스의 픽셀 평균값 분석
전체 픽셀 포인트의 값의 평균값의 영역

2.5.3 유클리디안 공식을 이용한 컬러 분할 방법

임의의 RGB 영상에 대해서 정의된 칼라 영역을 갖는 물체를 갖는 물체를 분할하는 것이라고 가정 한다면, 관심 있는 색을 대표하는 표본 색 점들의 집합이 주어진다면 우리는 분할하기를 바라는 평균 색을 샘플링 과정을 통해 얻을 수 있다. 이 평균색이 RGB 벡터 a 로 정의 된다고 하자. 분할의 목적은 주어진 영상에서 각 RGB화소가 표시된 영역의 내부 혹은 외부에 존재하는 색으로 분류하는 것이다. 이러한 과정을 수행하기 위하여 유사성 척도를 갖는 것이 필요하다. 유클리디안(Euclidean) 거리는 Z 를 RGB 공간의 임의의 점이라고 둔다면, 거리가 정의된 문턱치 ED 보다 적으면 Z 는 a 와 유사하다고 말한다.

여기에서 아래 첨자 R, G, B 는 벡터 a 와 Z 의 RGB성분을 나타낸다. 점들의 제곱 즉 $D(z,a) = \llcorner ED$ 는 그림 2.6 에서 예시 한 것처럼 반경 D_0 의 고체 구이다.

구의 내부 혹은 면에 포함되는 점들은 표시된 칼라 기준을 만족한다. 구 밖의 점들은 만족하지 않는다. 영상에서 즉 검은색과 흰색으로 이러한 두 종류의 점 집합을 부호화하는 것은 이진 분할된 영상을 만든다.

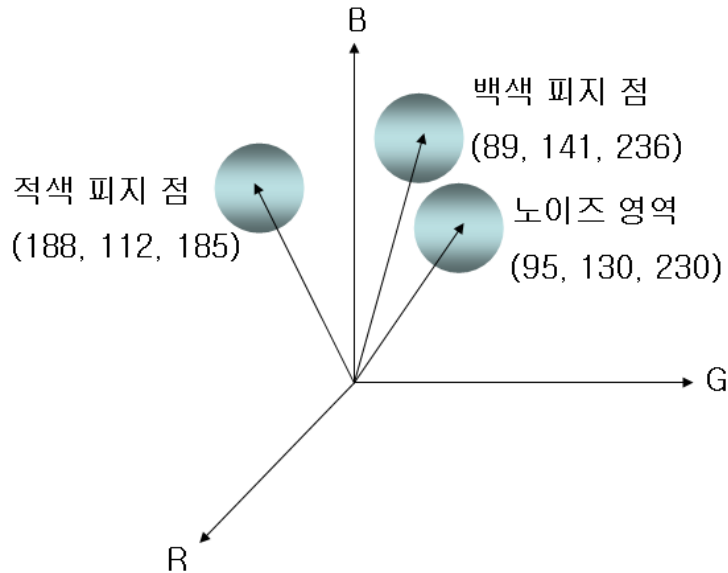


그림 2.6 RGB 컬러 공간에서의 적색, 백색, 노이즈 영역의 평균 컬러 벡터값.

2.5.4 적색과 백색 피지 점의 거리 매트릭스

RGB 컬러 공간에서 임의의 한 영상을 RGB 매트릭스로 나누게 되면, 백색과 적색 피지 점으로부터 획득한 컬러 값을 유클리디안 공식에 적용 시킬 수 있다. 획득된 RGB 값은, 영상 분할에서 거리 값을 산출하는데 사용 된다. 획득된 컬러 영상으로부터 2개의 컬러 값을 적용 시킬 경우, 2개의 Distance 매트릭스를 형성 하게 된다. 2개의 매트릭스에서 각 픽셀 포인트에 대해서 최소 값을 비교 하여 결과적으로 각 픽셀 포인트의 최소 값만을 취하게 된다.(그림 2.7 참조)

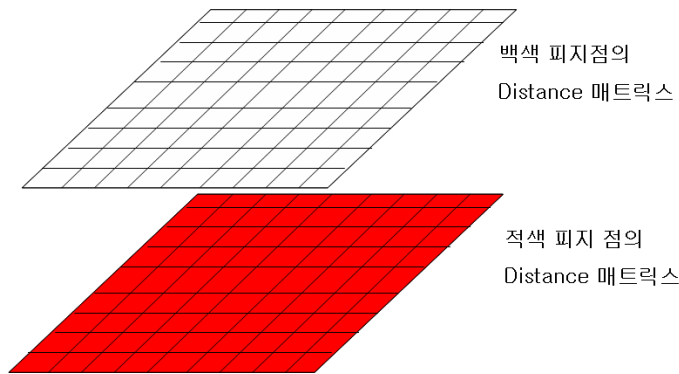


그림 2.7 적색과 백색 피지점의 거리 매트릭스

각각의 컬러 값에 대하여 백색과 적색의 거리 매트릭스를 계산할 수 있다. 각각의 거리 매트릭스는 각 컬러 값에 대하여 최소 거리 매트릭스를 계산하여, 백색과 적색 피지를 분할하여 컬러 값을 할당 한다.

2.5.5 색 분할 알고리즘의 응용

색 분할[23]은 피지가 피지선의 상태에 따라 다른 색 형광을 방출하기 때문에, 피지선의 상태를 세분화하기 위하여 수행 한다. 형광 영상의 배경색은 피지의 색 분할에서 에러의 요인으로 작용한다.(청색 또는 보라색 톤을 가지는 배경색) 그 결과, 배경색은 피지의 색과 패턴은 유지한 상태에서 제거 한다. 색 분할 방법은 더 많은 색에 대해 적용 할 수 있다. 대표적인 적색 또는 백색 피지 점은 레퍼런스 컬러 마커(RCM)로서 정성적으로 선택하고, 그것의 평균 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 값을 샘플링 한다. 피지 색은 다음 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 계산함으로써 세분화 한다.

$$ED = \sqrt{(R - R_r)^2 + (G - G_r)^2 + (B - B_r)^2} \quad (2)$$

R, G, B는 적색, 녹색, 청색 값(피지의 주관적인 레퍼런스 컬러 마커(SRCM), ED의 값의 최소 값은 SRCM에서 매칭 된다.)이다. 예를 들면, 임의의 픽셀은

백색을 나타내는 SRCM을 가진 ED의 가장 작은 최소 값을 가지고, 그런 후에 픽셀은 백색 픽셀로 라벨링 시킨다. 마지막으로 피지의 세분화된 형광색은 더 낮은 대조도를 위해서 의사색으로 디스플레이 된다.

2.6 영상 분석 방법의 평가

영상 분석 방법의 효율성은 29개의 형광 영상으로 평가 된다. 각각의 영상은 각 지원자로부터 획득 하였다. 중앙에 위치한 개방된 영역(1cm^2)에서 비 형광 패치는 동일 영역 추출을 위해서 각각의 참가자의 앞이마에 부착 하였다.

바쁜 임상에서, 피지 검출을 위한 STV와 색 분할을 위한 SRCM의 사용은 시간이 걸리고 번거로운 절차이다. 따라서, 사용자 위주의 자동적인 영상 분석을 위하여, 우리는 피지 검출을 위한 조정된 주관적인 문턱치 값(CSTV)과 색 분할을 위한 조정된 주관적인 레퍼런스 컬러 마커(CSRCM)을 통계적으로 추출하였다.

두 개의 문턱치 방법으로 검출된 피지의 수를 비교함으로써, 우리는 피지의 검출 에러를 최소화 하면서 참가자의 최적의 CSTV를 추출하기 위하여 STV와 ATV사이에 통계적인 분석을 수행하였다.

CSRCM은 10명의 지원자의 형광 영상으로부터 적색과 백색을 나타내는 피지의 SRCM의 RGB 값을 평균값을 산출함으로써 계산 하였다. 적색과 백색을 나타내는 각각의 5개의 피지는 정성적으로 각 영상에서 선택 하였다. 그리고 각 색을 나타내는 총 50개의 피지는 분석 하였고, CSRCM을 계산하기 위하여 사용하였다.

2.7 재현성 실험

UV-A 복사는 복사에너지가 $20\text{J}/\text{cm}^2$ [2,14,15] 이상 일 때 피지 분비에 영향

을 미친다.[14,15] UV-A 복사가 안면에서 약 $1.8\text{mJ}/\text{cm}^2$ 의 총 에너지를 가질지라도, 영상 시스템의 재현성과 피지 분비와 관련성을 검증할 필요성이 있기에, 영상 분석 방법으로 UV-A 복사량과 피지 분비를 비교 분석 하여 그 효율성을 확인하기 위하여 본 실험을 수행 하였다. 앞이마 중앙에 위치한 개방된 영역 ($2 \times 2 \text{ cm}^2$)을 가지는 비 형광 패치는 참가자의 앞이마에 부착 한다. 비 형광 패치는 동일한 영역을 추출하고 그 영역을 분석함으로써 실험 수행자 에러를 최소화 시킨다. UV-A에 의해 유도되는 형광 영상은 참가자로부터 획득한다. 각각의 형광 영상은 10분마다 획득 하고, 개방된 패치 영역은 피지 점의 패턴과 수로 분석 한다.

2.8 "Sebumeter"와의 비교

통계적인 상관관계 분석은 영상 시스템의 임상적 효율성을 결정하기 위하여 수행한다. 형광 이미지들로부터 계산되어진 피지 점의 밀도는 공통의 표준화된 방법인 "Sebumeter"로 비교 하였다. 9명의 참가자들이 실험에 참가 하였고, 실험 2시간 전에 세안을 했는지 검증 하였다. 같은 개방 면적을 가지는 비 형광 패치를 각 참가자의 앞이마 중앙에 부착시켰다. 먼저 형광 이미지는 획득되어지고, "Sebumeter"측정이 수행되어졌다. 결과적으로 9개의 데이터 포인트를 모든 참가자들로부터 획득 하였고, 상관관계 분석에 사용 하였다.

2.9 여드름과의 상관관계 비교

본 연구에 동의하고 동의서를 작성한 한국형 여드름 중증도 시스템(KAGS) 1-3 단계의 안면부 여드름 환자 39명을 대상으로 연구를 시작하였다. 여드름 이외의 다른 전신적 질환이 있거나 isotretinoin을 복용하고 있는 환자는 제외시켰다. 남자가 29명, 여자가 10명이었고, 연령 분포는 18세에서 30세까지로 평균 연령은 22.5세(남자: 22.4, 여자: 22.7)였다. 여드름 병변수 측정, 자외선 형광 유도 안면 영상 장치 촬영, 피지량 측정의 순서로 시행하였다. 모든 환자에서 동일한 연구자에 의해 일정 수준의 온도($22\text{-}24^\circ\text{C}$)와 습도(40-45%)가 유지되는 방

에서 측정이 이루어졌다. 측정 두 시간 전에 비누를 사용하지 않고 가볍게 세안한 후에 방문하도록 하였고, 10분 이내 (병변 수: 4분, 형광 영상 촬영: 1분, 피지량 측정: 3분)에 모든 측정이 이루어졌다. 본 연구에서는 이마 하부 1/3의 중앙, 코끝, 턱의 중앙 및 양 볼 중앙의 총 5부위에서 피지량 및 형광 영상 분석을 시행하였고 피지 분비가 많은 이마, 코 및 턱의 중앙을 T-zone으로, 피지 분비가 적은 양 볼을 U-zone으로 분류하였다. 동일 환자들을 대상으로 6주 후에 같은 방법, 같은 조건하에서 2차 측정을 시행하였다.

2.10 Triclosan이 함유된 세안제를 사용한 환자군과 대조군의 비교

39명 환자 중 25명은 6주 동안 항균작용이 있는 1% triclosan 성분이 함유된 세안제를 사용하여 그 전후의 변화를 비교하였다. 나머지 14명의 환자들은 같은 기간 동안 triclosan 성분만 함유되지 않은 동일 세안제를 대조군으로 사용하였다.

2.10.1 자외선 형광 유도 안면 영상 장치를 이용한 측정 방법

형광을 발현시키는 광원으로서 4개의 우드 등을 배치하고, 카메라는 모든 환자에서 동일한 수동모드로 설정하였다. (F/#:2.9, shutter speed:1 sec, ISO:100) 사진 촬영은 이마, 코, 턱 부위의 형광밀도 측정을 위한 얼굴 정면과 양 볼의 측정을 위한 양쪽 45도 측면을 촬영하였다.

형광 영상 분석은 획득된 형광 영상을 Photoshop 프로그램(version 7.0, Adobe)을 이용하여 피지량 측정 부위를 포함한 일정 크기의 영역만 (3X3 cm², 턱: 1X1 cm²) 잘라낸 후 'Matlab code'(version 7.0, Mathworks)로 전체 면적당 점상 형광이 차지하는 면적 백분율(percent fluorescence area)로 밀도를 계산하였다. 점상 형광은 크게 적색, 백색계열로 나타나는데 각각과 둘을 합한 총 형광밀도를 산출하였다.

2.10.2 *Sebumeter*를 이용한 얼굴의 피지량 측정

Sebumeter® (SM810, Courage & Khazaka, Cologne, Germany)를 이용하여 카세트의 필름을 상기한 5부위에 각각 1회 30초간 접촉시켜 피지량을 측정하였다.

2.10.3 여드름 병변수 측정

동일한 관찰자의 육안적 관찰로 이마, 양 볼, 턱으로 네 부위를 나누어 비염증성 병변 (폐쇄성 및 개방성 면포)과 염증성병변 (구진 및 농포)의 수를 세었다.

2.10.4 통계적 분석

각 부위에 따라 측정한 피지량, 형광밀도 및 여드름 병변수 사이의 상관관계는 Pearson correlation test과 Single linear regression analysis로 분석하였다. KAGS에 따른 군간의 비교에는 one-way ANOVA, triclosan 함유 세안제 사용 전후의 비교에는 paired t-test 방법을 이용하였다. 통계는 SPSS 12.0 for window를 이용하였고, 결과는 p-value가 0.05 이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 하였다.

제 3 장 결과

3.1 빛 분포의 균일성

그림 3.1은 광원으로 사용된 UV-A 램프의 측정된 스펙트럼(320-380 nm)을 나타낸다. 이러한 파장 특성은 인체 내 피부 응용을 위해서 안정성이 입증된바 있다. 설정된 카메라 파라미터와 광원을 이용한 빛 분포도의 균일성은 마네킹의 안면에 부착된 형광 패치의 광도 분포를 분석함으로써 연구 되어졌다. 그림 2.3의 (a)와 (b)는 백색광과 형광 이미지를 나타낸다. 형광 패치는 마네킹 안면에 붙여졌다. 형광 안면 영상화를 위한 카메라 설정 값은 형광 패치의 왜곡(image saturation)을 피하기 위하여 변경 되어졌다. T-zone(patch numbers: 1-18)과 U-zone(patch numbers: 19-28)을 나타내는 형광 패치는 순차적으로 부착 하였다. 각각의 안면의 빛 분포도 세기는 표 2.2에 요약 하였다. T-zone의 CV값은 U-zone보다 약간 높다. 두 개의 영상에서 CV 값의 평균 에러는 4.3%로 매우 작은 오차 값을 나타낸다.

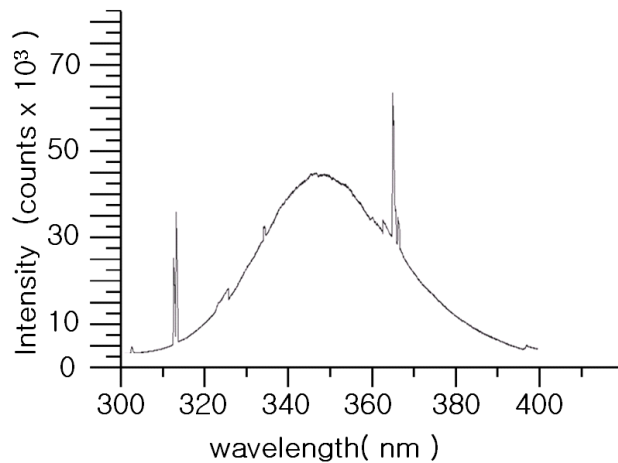


그림 3.1 UV-A램프의 파장 영역과 안정성

파장 범위는 320~400nm 이며, 이러한 파장 대역은 인체 피부 진단을 위한 안전한 분광 범위이다.

| | Mean | Standard deviation | Coefficient of variation (%) |
|---------------------------------|--------|--------------------|------------------------------|
| T-zone (patch numbers:1-18) | 116.33 | 6.44 | 5.54 |
| U-zone (patch numbers:19-28) | 117.20 | 3.76 | 3.21 |

표 3.1 빛 분포도 분석을 위한 통계적인 변수(mean, standard deviation, coefficient of variation) [그림 2.2. (b)].

3.2 형광 영상 분석 방법

3.2.1 생체 형광 영상 분석

생체 형광 안면 영상[그림 2.3(b)]을 찍기 전에, 일반적인 디지털 컬러 영상[그림 2.3(a)]은 참가자가 영상 장치내에 위치하고 있을 때 같은 카메라로 내장용 플래시를 사용하여 획득한다. 세개의 다른 안면 영역(이마 중간, 코, 뺨 중간)은 피지 관련 파라미터(영역의 비율, 평균 면적과 직경, 피지 점의 수)를 계산하기 위하여 참가자의 전체 안면 형광 영상으로부터 추출 한다. 그 결과는 표 3.2 에 요약 하였다. 피지 점의 패턴, 크기 분포와 같은 정성적인 정보는 그림 10에 제시 한다.

그림 3.3은 지원자의 형광 안면 영상을 나타낸다. 그림에서 흑색 개방 영역(1cm^2)은 비 형광 패치를 사용하였다. 형광 영상에서 적색과 백색의 피지의 분포도는 명확하게 관찰되어진다.

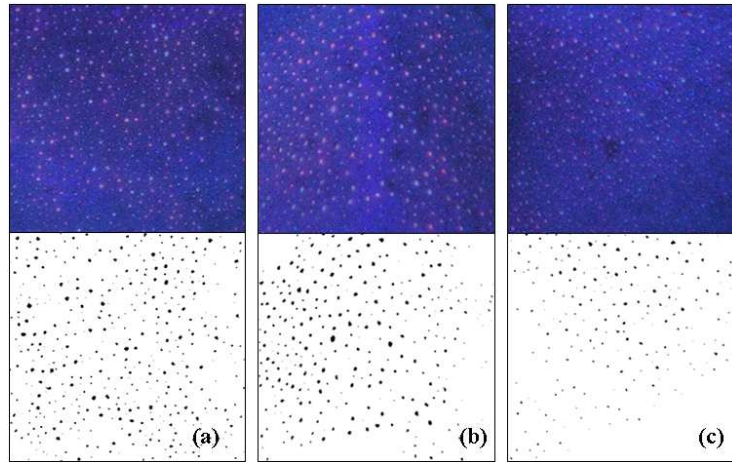


그림 3.2 상부의 그림은 피지 패틴 형광 영상, 하부의 그림은 이진화 처리된 패틴 영상.

(a)이마 중간, (b)코, (c) 뺨 중간. 위쪽의 영상은 표 3.2 에서 피지 분비의 정보를 계산하기 위하여 사용 되어졌다.

| | Mid-forehead | Nose | Mid-cheek |
|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Total pixel number | 341×353 | 341×353 | 341×353 |
| Total area (cm ²) | 11.22 (3.3× 3.4) | 11.22 (3.3× 3.4) | 11.22 (3.3× 3.4) |
| Sebum area (cm ²) | 0.2883 | 0.2776 | 0.1096 |
| Percent sebum area (%) | 2.5695 | 2.4741 | 0.9768 |
| Number of sebum spots | 433 | 325 | 226 |
| Mean area of sebum spots (cm ²) | 6.6581x 10 ⁻⁴ | 8.5415 x 10 ⁻⁴ | 4.8495 x 10 ⁻⁴ |
| Mean diameter of sebum spots (cm) | 0.0291 | 0.0330 | 0.0249 |

표 3.2 참가자로부터 획득된 형광 안면 영상에서 계산된 피지 관련 파라미터

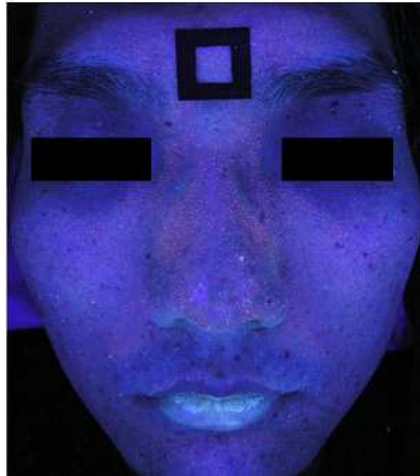


그림 3.3 영상화 시스템에서 획득된 지원자의 안면 형광 영상.

그림 3.4 는 형광 영상 분석을 위한 그래픽 유저 인터페이스 프로그램(GUI)을 나타낸다. 프로그램은 표 3.2에 나열되어있는 피지 관련 파라미터를 정량적으로 계산하였고 피지 색을 분석하였다. 그 결과, 피지 분포의 패턴을 정량적으로 나타낼 수 있었다. 피지 관련 파라미터들의 정량적인 분석의 예는 표 3.3에 나열 되어있다.

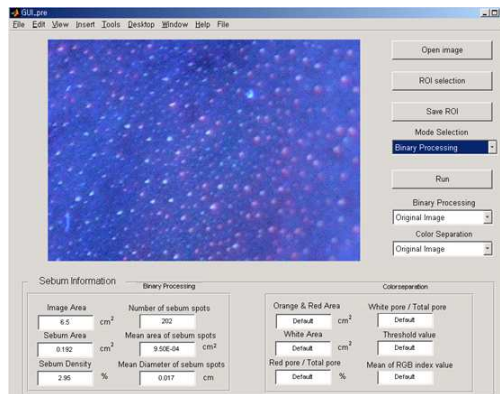


그림 3.4 MatLab에 의해 코딩된 그래픽 유저 인터페이스(GUI). GUI는 형광 영상으로부터 피지 관련 파라미터를 정량적으로 분석한다.

| 파라미터 | 홍색 피지 | 백색 피지 | 총 피지 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 픽셀 수 | 40800 | 40800 | 40800 |
| 총 면적(cm ²) | 3.77 | 3.77 | 3.77 |
| 피지 면적(cm ²) | 0.08 | 0.024 | 0.104 |
| 백분율 밀도(%) | 2.12 | 0.64 | 2.76 |
| 피지의 수 | 103 | 72 | 175 |
| 평균 면적(cm ²) | 7.77 x 10 ⁻⁴ | 3.33 x 10 ⁻⁴ | 5.94x 10 ⁻⁴ |
| 평균 직경(cm) | 0.0315 | 0.0207 | 0.0302 |

표 3.3 표 2에 열거된 영상 분석 방법을 사용하여 추출된 피지 관련 파라미터의 예.

| 진단 | 형광 색 |
|---|---|
| 염증화 되었지만 폐쇄 과도한 피지 과도한 피부 기름 박테리아성 pH 불균형 여드름 염증화된 여드름 | 백색 강한 홍색 커다란 홍색 영역 노란색 갈색 백색 |

표 3.4 피부 피지 선의 상태에 따라 관찰 되어질 수 있는 다양한 형광 색

그림 3.5는 ATV와 STV에 의해 검출된 피지의 수의 백분율 차이를 나타낸다. 이 분석에서, STV는 조작자에 의한 시각적인 검사에 비교 하였을 때 유사한 피지 검출 능력을 나타내기 때문에 비교를 위한 레퍼런스서 사용되어졌다. 그림에서 설명된, 더 낮은 피지 검출 수용성을 가지는 STV는 ATV와 비교 하였다. 모든 경우에 있어서, STV는 ATV에 의해 검출된 피지의 수보다 더 많은 피지를 검출한다. 평균적으로, STV의 피지 검출 능력은 ATV의 검출 능력보다 46%정도 높았다

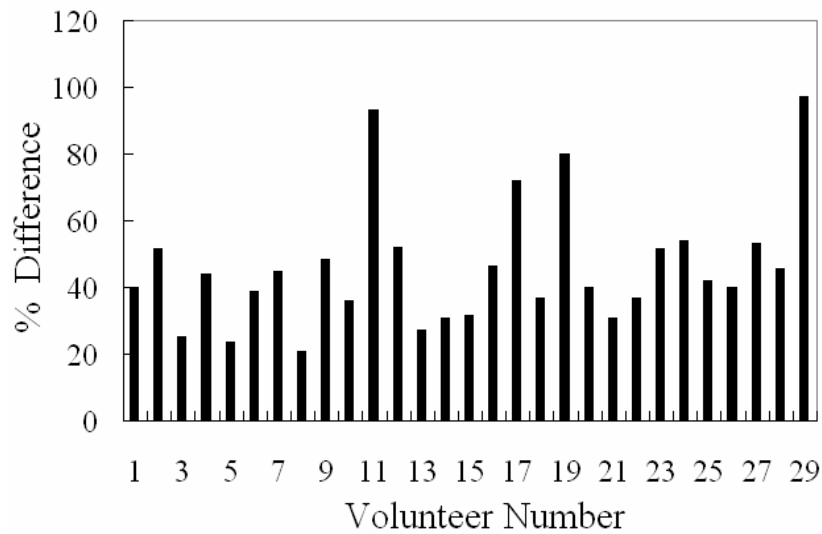


그림 3.5 STV와 ATV의 백분율 오차

피지 점을 검출하기 위한 주관적인 문턱치 값(STV)과 자동 문턱치

값(ATV)을 사용한 카운팅된 피지 점의 백분율 오차 $[(STV-ATV)/STV \times 100]$.

그림 3.6은 STV와 ATV 사이의 선형적인 결과를 나타낸다. 그 결과 강한 상관관계 계수($R=0.947$, $p<0.01$)를 나타낸다. 선형적인 상관 관계로부터, CSTV를 위한 방정식($CSTV=0.934*ATV+0.082$)은 피지 검출을 위한 지원자에 의존적인 STV 값을 자동적으로 검출하기 위하여 추출 되어졌다. 피지 색은 현재 적색과 백색으로 세분화 되어졌다. 색 분할의 절차는 그림 3.7 에 설명 되어졌다: (a) 관심 지역의 선택 (b) 이진화 영상의 전환과 피지 검출 (c) 피지 색을 제외한 배경색의 제거 (d) 적색 피지의 분할 (e) 백색 피지의 분할 (f) 대조도 향상을 위한 적색과 백색 피지의 의사 색 매핑.

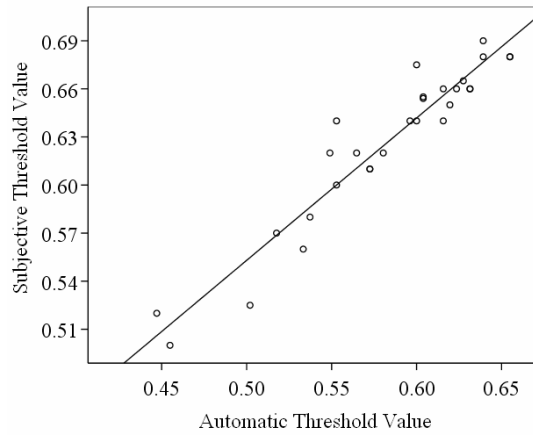


그림 3.6 STV와 ATV의 선형적 관계

피지 생산 검출(CSTV=0.888*ATV+0.109, R=0.96, R² =0.91)을 위한

경계 값의 결정에서 자동적이고 주관적인 문턱치 값 사이의 선형 관계. 29명의 지원자로부터 29개의 데이터 포인트들은 통계적인 분석에 사용 되어졌다.

적색과 백색을 위한 CSRCM은 50개의 피지 점으로부터 각각의 RGB값을 계산 함으로서 결정 되어 진다. 적(백) 색의 평균 RGB 값은168(154), 128(153) 과 230(223)이었다. 통계적인 결과는 표 3.5에 요약 되어졌다. 각 색에 대한 평균 RGB 값을 사용하여, 각 색의 색 분할을 위하여 조정된 ED(CED)은 다음 수식에 의해 결정되어진다:

$$CED = \sqrt{(R - R_c)^2 + (G - G_c)^2 + (B - B_c)^2} \quad (3)$$

R,G, B(R_c, G_c, B_c)는 각각 적, 녹, 청색의 평균값을 나타낸다.

| 형광 색 | 홍색 | | | 백색 | | |
|------------|------|------|-------|-------|-------|------|
| | 홍색 | 녹색 | 청색 | 홍색 | 녹색 | 청색 |
| RGB 컬러 | | | | | | |
| 평균(mean) | 168 | 128 | 230 | 154 | 153 | 223 |
| 표준 편차(STD) | 9.23 | 6.13 | 15.54 | 11.61 | 10.12 | 7.75 |
| CV (%) | 5.5 | 4.78 | 6.76 | 7.56 | 6.63 | 3.47 |

표 3.5 50개의 피지 점으로 계산된 레퍼런스 컬러 마커(RCM)의 통계적인 분석

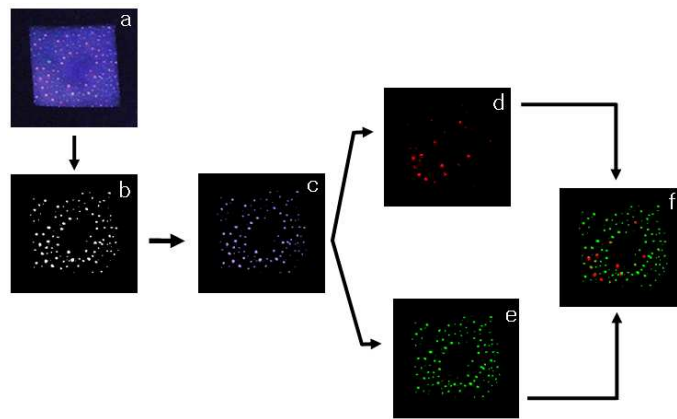


그림 3.7 피지 점의 색 분할 절차: (a) 안면 형광 영상의 선택된 영역 (b) 피지 점의 검출 (c) 피지 점의 배경색을 제거한 컬러 영상 (d)분할된 홍색 피지 점 (e) 분할된 백색 피지 점 (f) 백색(녹색)과 적색 피지점의 의사색 표현.

3.2.2 관심 병변의 획득 형광 영상 분석 예

그림 3.8의 a, b, c 영상은 각각 원영상, 이진화 영상, 매핑 영상이다. 매핑 영상 (c)은 원영상과 이진화된 영상을 오버래핑 시킨 것이다. 원 영상에서 이진화된

영상으로 변환 되어질때 otsu's 방법을 사용 하여 ATV(automatic threshold value)값을 획득하고, 이 값을 원영상에 적용 시켜 환부의 밝은 영역만을 추출 한다. 이렇게 함으로서 환부의 영역 추출이 완료 되고, 이진화 영상의 고유의 컬러 값을 복원하기 위하여 이진화 영상의 백색 포인트(흰색 값은 이진화 영상에서 1로 정의됨)에 원영상의 RGB컬러 매트릭스를 각각 오버 래핑 시킨다. 이진화 영상의 픽셀 포인트 값을 중심으로 R,G,B매트릭스의 컬러 값을 대입시키며, 어두운 영역의 값들은 (R,G,B)=(0,0,0)으로 되도록 한다. 이러한 결과로 환부의 영역을 추출 할 수 있게 된다.

d, e, f 영상은 붉은색 피지 점, 색소 저하증, e와 f를 합친 영상이다. c영상의 특징은 컬러값이 백색과 적색으로 나뉜다는 것이다. 적색 피지점의 컬러값은 샘플링 된 값으로 쉽게 분할 될수 있지만, 색소 저하증의 경우 백색 피지점 또는 먼지와 같은 구조물이 비슷한 컬러 값을 나타내기 때문에 형태 학적인 연산 방식과 색 분할 방식을 순차적으로 적용 하여야 한다. 즉 e영상을 얻기 위하여 opening 연산을 적용 하여 색소 저하증이 생긴 부분을 추출한다. 그래도 노이즈 성분이 영상에 남게 되므로, 색소 저하증 부분과 노이즈 영역의 컬러값을 다시 샘플링 하여 색분할 공식에 적용 시켜서 e영상을 획득한다. F영상은 d와 e영상을 합 연산 시킨영상 이고, C에서 보이는 노이즈 영역을 제거 된 것을 확인할수 있다. Otsu's방법, 컬러값의 샘플링, 색분할, 형태학적인 연산(팽창 연산)등을 사용 하여 영상 처리 과정이 완료 되었다.

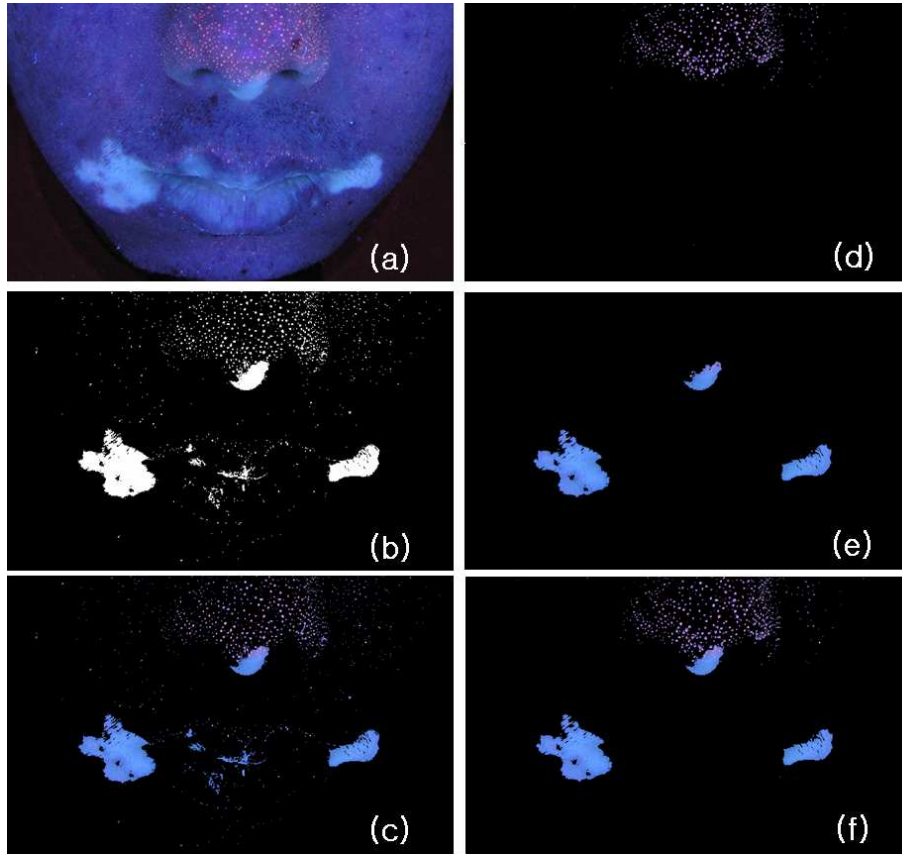


그림 3.8 붉은색 피지점, 색소 저하증 노이즈 영역의 분할

- (a) 원 영상
- (b) 원 영상의 이진화
- (c) a와 b의 매핑 영상
- (d) 적색 피지점 영상
- (e) 색소 저하증 영상
- (f) d와 e를 합친 영상

| 샘플링 컬러 값 | R영상의 픽셀 값 | G영상의 픽셀 값 | B영상의 픽셀 값 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| 백색 피지 점의 컬러 값 | 89 | 141 | 236 |
| 노이즈 영역의 컬러 값 | 95 | 130 | 230 |
| 적색 피지점의 컬러값 | 188 | 112 | 185 |

표 3.6 관심 병변의 샘플링 컬러 값

적색 피지점의 경우 컬러 공간에서 명확히 구분 된다.

백색 피지 점과 노이즈 영역의 컬러 값은 거의 유사 하다.

따라서, 백색 피지 점과 노이즈 영역의 분할이 수행 되어져야 한다.

3.3 재현성 실험

그림 3.9의 상단 영상은 참가자로부터 획득된 형광 영상을 나타낸다. 검은색 영역은 비형광 패치를 나타낸다. 영상 분석 방법을 사용하여, 피지 점의 패턴은 그림 3.9의 하단의 세 개의 영상에서 보여준 대로 검출되어진다. 피지 점의 검출된 수는 그림 3.9의 (a), (b), (c)에서 237, 234, 243으로 개별적으로 나타내어 졌다. $CV(\mu: 237.33, \sigma: 3.51)$ 값은 1.8%였다.

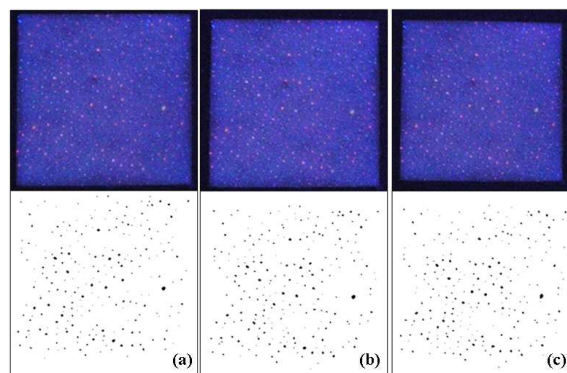


그림 3.9 영상 시스템의 재현성 실험.

형광 영상은 한 명의 참여자로부터 매 10분마다 획득되어진다. 피지 점의

패턴(아래 영상)과 수는 형광 영상으로부터 분석되어진다.

3.4 "Sebumeter"와의 상관성

그림 3.10은 "Sebumeter"와 형광 영상의 상관 관계 분석의 결과를 나타낸다. 그림에서 X축은 "Sebumeter"로 측정된 피지 밀도를 나타내고, Y축은 형광 영상으로부터 계산되어진 퍼센트 밀도를 나타낸다. 결과는 상당히 양성의 선형 상관 관계($R = 0.81$, $P < 0.01$)를 나타낸다. 여기서 형광 피지점의 분포도는 피지점의 밀도 측정과 관련성이 있다.

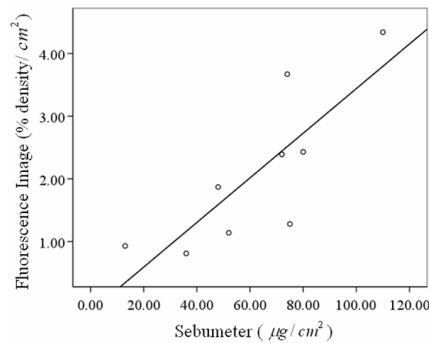


그림 3.10 피지 밀도의 선형적인 분석.

x축에서 피지 밀도는 "Sebumeter"와 형광 영상으로부터 계산된 Y축의 퍼센트 밀도로 측정 되어 졌다. 상관 관계 계수(R)은 0.81이다.

3.5 피지량, 형광밀도 및 여드름 병변 개수

Sebumeter로 측정된 피지량은 이마에서 가장 높았고, 볼에서 낮았다. 전체적으로 T-zone에 속하는 이마, 코, 턱 부위가 U-zone인 양볼 보다 $30 \mu\text{m}/\text{cm}^2$ 정도 높게 나타났다. 점상 형광은 크게 적색과 흰색계열 형광으로 모공에서 발현된다. 전 부위에 걸쳐 적색이 백색 형광에 비해 약하게 발현되었다. 형광 밀도는 코 끝에서 가장 높은 수치를 보였으며 zone에 따라 뚜렷한 차이를 보여 T-zone이 U-zone 보다 4배 정도 높게 발현되었다. 각 부위별 병변수는 염증성(구진, 농포) 병변과 비염증성(면포)로 나누어 세었으며, 코의 병변은 세지 못했다. 병변 수의 평균도 T-zone이 더 많게 측정되었다.(표 3.7 참조)

| Parameters | Site (mean±SD) | | | | |
|--|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|
| | Right cheek (n=76) | Left cheek (n=76) | Forehead (n=78) | Nose (n=78) | Chin (n=76) |
| | U-zone | | | T-zone | |
| Sebumeter ($\mu\text{m}/\text{cm}^2$) | 63.88±51.43 | 58.32±53.45 | 102.59±51.17 | 93.87±55.34 | 75.92±49.51 |
| | 61.10±52.35 | | | 90.92±53.03 | |
| Fluorescence (%/cm ²) | | | | | |
| Red | 0.08±0.14 | 0.11±0.20 | 0.20±0.36 | 0.49±0.66 | 0.31±0.43 |
| White | 0.14±0.18 | 0.17±0.21 | 0.38±0.39 | 0.75±0.63 | 0.91±1.18 |
| Total | 0.22±0.27 | 0.28±0.35 | 0.58±0.58 | 1.24±0.91 | 1.21±1.30 |
| | 0.25±0.31 | | | 1.01±1.01 | |
| Lesion counts (No.) | | | | | |
| INF | 2.08±2.10 | 1.49±1.54 | 3.46±3.23 | - | 1.43±2.04 |
| Non-INF | 0.72±0.93 | 0.88±1.02 | 3.38±3.10 | - | 0.58±0.90 |
| Total | 2.80±2.34 | 2.37±2.03 | 6.85±4.99 | - | 2.01±2.36 |
| | 2.59±2.19 | | | 4.46±4.60 | |

표 3.7 피지량, 형광 피지 밀도, 여드름 병변의 수의 결과

3.6 피지량과 형광밀도간의 상관관계

모든 부위에서 측정된 값들의 분석에서 전체, 적색, 백색형광은 Sebumeter 측정값과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다($p < 0.01$). U-zone과 T-zone으로 나누었을 때, 총 형광밀도와 Sebumeter 측정값 사이의 상관성에서 U-zone의 상관 계수($r=0.3$)가 T-zone ($r=0.13$) 보다 높은 것으로 나타났다. 개별적인 부위로 분석하였을 때에는 양 볼, 코에서는 유의한 상관 관계가 보였으나, 이마, 턱에서는 상관 관계가 나타나지 않았다(그림 3.11, 표 3.8 참조).

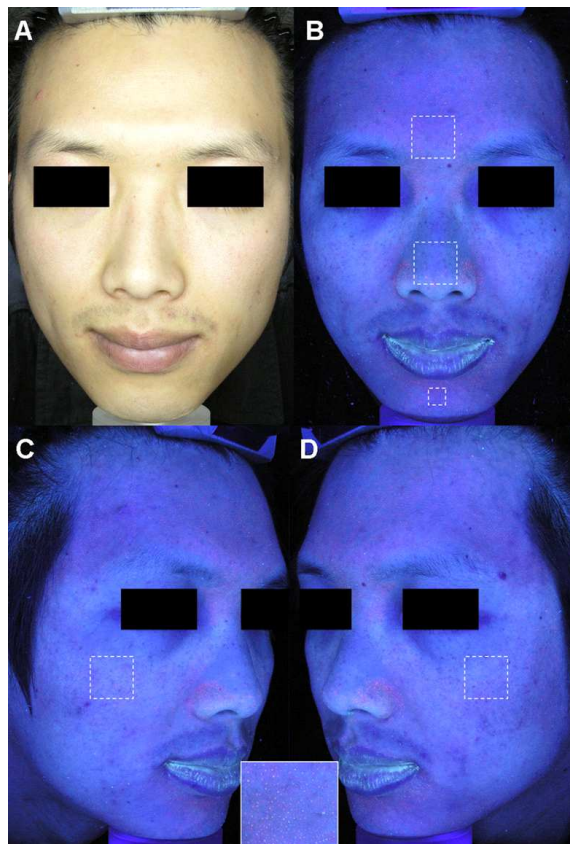


그림 3.11 형광 안면 영상의 예. (A) 일반 영상(B) 정면 형광 영상 (C, D) 양 측면 45° 형광 영상

※삽입한 부분: 확대 지역은 형광 영상에서 드러나는 피지점의 확대 영상이고 형광 영상에서 추출된 영역이 형광 영상 분석에 사용되어진다.

| Parameters | Site (correlation coefficient) | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|
| | R-cheek (n=76) | L-cheek (n=76) | Forehead (n=78) | Nose (n=78) | Chin (n=76) |
| Sebumeter - Fluorescence (Total) | 0.30** | 0.31** | 0.10 | 0.34** | 0.15 |
| Sebumeter - Fluorescence (Red) | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.31** | 0.12 |
| Sebumeter - Fluorescence (White) | 0.34** | 0.41** | 0.07 | 0.15 | 0.11 |
| Lesion count-Sebumeter | 0.03 | 0.01 | 0.001 | - | -0.10 |
| Lesion count-Fluorescence | -0.18 | -0.07 | 0.26* | - | -0.14 |

표 3.8 피지량, 여드름 병변수, 형광 피지 밀도와 의 상관관계
* p < 0.05, ** p < 0.01

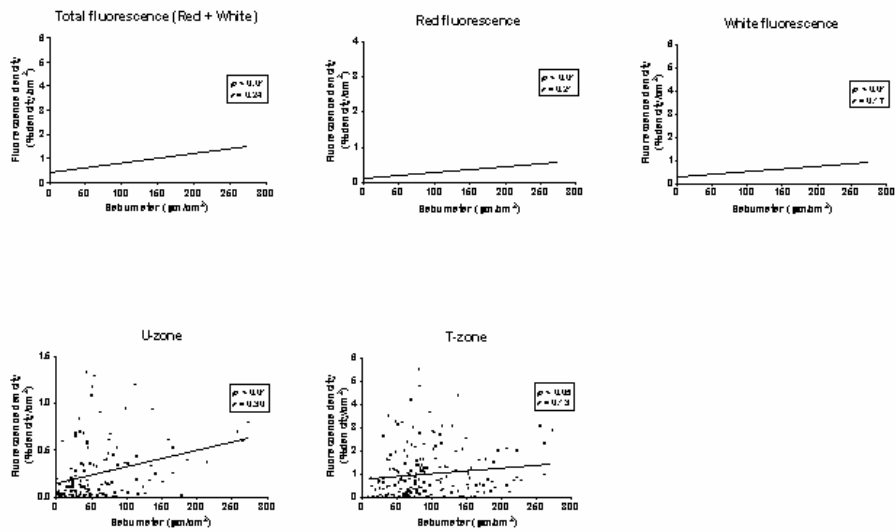


그림 3.12 피지량과 형광 피지 밀도 량의 상관 관계

- (A) 총 형광 (B) 적색 형광 (C) 백색 형광 (D) U-zone (양쪽 뺨)
(E) T-zone (앞이마, 코, 턱) (r: correlation coefficient)

3.7 피지량과 여드름 병변수 간의 상관관계

측정된 값들을 모두 이용하여 각 부위별 병변수와 Sebumeter 측정값의 상관 관계를 분석하였을 때, 염증성, 비염증성 및 전체 여드름 병변수와 피지량간의 약한 상관관계가 있었다($p < 0.05$). 그러나 개별적인 부위로 나누어서 분석하였을 경우에는 상관성을 보이지 않았다(그림 3.13 참조).

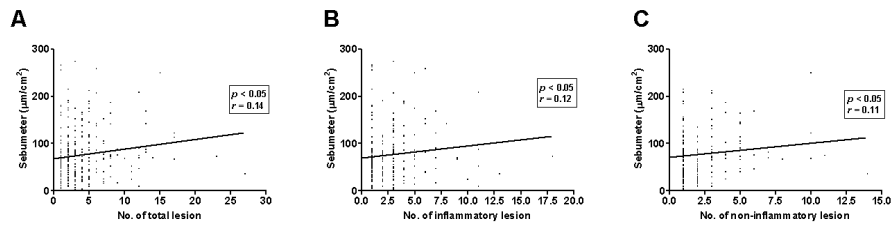


그림 3.13 여드름 병변수와 형광 밀도의 상관 관계

- (A) 총 여드름 병변수, (B) 염증화된 여드름 병변수,
(C) 비염증성 여드름 병변수(r: correlation coefficient)

3.8 여드름 병변수와 형광밀도간의 상관관계 (표 8)

측정된 값을 모두 이용한 경우 및 부위별로 나누어서 분석한 경우 모두에서 여드름의 병변수와 형광 피지 밀도 사이에는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.

3.9 한국형 여드름 중등도 분류(KAGS)에 따른 차이 비교

KAGS 1-3의 단계별로 U-zone과 T-zone에서의 피지량과 형광밀도의 차이를 비교하였다. Sebumeter 측정값의 경우 단계가 증가할수록 통계적으로 유의하지는 않아도 증가하는 양상을 보인 반면에, 형광밀도는 오히려 약간 감소되는 양상을 나타내었다.(그림 3.14 참조)

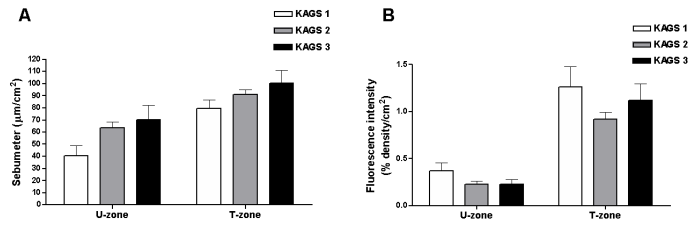


그림 3.14 피지량과 형광 피지 밀도 사이의 변화량.

KAGS 등급에 따른 (A) 피지량의 변화 와 (B) 형광 피지 밀도 사이의 변화량 (mean+SD, * p<0.05)

3.10 Triclosan 함유 세안제 사용 전후 변화

6주 동안 매일 2회 1% triclosan이 함유된 세안제를 사용하도록 한 후에 전후 비교를 하였다. 세안제를 사용한 군(25명)과 세안제를 사용하지 않은 대조군(14명) 모두에서 피지량은 사용 후에 통계적으로 유의하게 30-40% 정도 증가하였다(p<0.01). 그러나 총 형광밀도에서는 대조군의 경우 사용 후에 약간 증가한 반면에 세안제 사용군은 통계적으로 유의하게 감소되었다(p<0.05).

(그림 3.15참조)

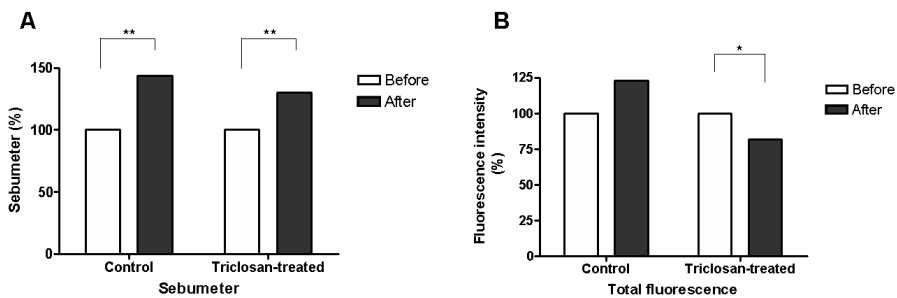


그림 3.15 Triclosan 함유 세안제 사용 전후 변화; 1% Triclosan으로 치료 된 그룹과 Control 그룹 사이의 (A) 피지량과 (B) 총 형광 밀도의 비교(mean %, * p<0.05, ** p<0.01)

제 4 장 고찰 및 결론

안면에 T존과 U존은 빛의 조사 및 방출 거리에 따라 약간의 다른 빛 분포도를 나타내고 있다. 유사한 빛 분포도를 나타내고 있는 이마 중간과 코 부분은 유사한 빛 분포도를 가지는 뺨 중간과 턱에 비교하여 광원에 더 가깝다. 이러한 결과들은 형광 강도가 조사 광의 강도에 비례하기 때문에 형광 영상 분석에 영향을 줄 수 있다. 그 결과, 형광 영상 분석은 획득된 형광 영상을 이용하여 피부 질환의 중증도와 비교 할 때 조심스럽게 시행 되어져야만 한다. 그 외에 카메라 설정 값, 균일한 광원, 영상 장비의 구성과 같은 영상 획득 조건들은 피부 질환의 치료 효과의 견고하고 신뢰성 있는 비교를 위하여 치료 기간 동안에 유지 되어져야만 한다.

피부학에서 컬러 영상은 치료 효과를 결정하기 위한 중요한 진단 도구로서 일반적으로 사용되어져 왔다. 하지만 그것은 영상화 방법의 기능적이지 못한 정보로 임상 진단에서 한계점을 가지고 있다. 형광 영상[그림 2.3 (b)]은 일반적인 컬러 영상[그림 2.3 (a)]에서 검출되어질 수 없는 피부 상태의 기능적인 정보를 공급한다. 그림 3.3에서 적색, 백색, 황색 피지 점들은 과도한 피부 기름, 염증과 불 균일한 PH를 가지는 기름과 세균성 질환 등을 나타낸다.[7,8] 그 외에 일광 손상된 영역들은 검은색 반점들로 나타나고, 이것은 일반 디지털 컬러 영상(그림 2.3(a))에서 쉽게 인식 할 수 없는 형광 정보들이 형광영상에서 명확한 정보로서 나타나는 것을 말한다. 형광 영상의 분석에서, 측정된 신호가 다른 화학적 구성물질에 의해 영향 받지 않고 관심 지역(여기에서는, 피지)의 물질에 의해 형광을 일으키는 것은 매우 중요하다. 눈에 띄는 형광 물질인 참가자가 먹은 음료와 음식물이 그림 3.3의 입술에서 관찰 되어 진다. 많은 음식물과 음료는 형광 영상에서 나타날 수 있다. 여기에서는, 해부학적인 위치에서 피지선이 없기 때문에 입술에서의 형광은 크게 고려하지 않는다.

영상 시스템은 충분한 재현성을 가지는 것으로 입증 되어 진다. 동일한 형광

영상에서 영상 분석 방법의 오차는 피지 점의 수의 검출에서 2%보다 더 작은 값을 가진다. 그 결과는 영상 시스템에서 UV-A가 영상 획득동안 피지 분비에 영향을 미치지 않는다는 것을 말한다. 피지 점을 세는데 에서 오는 오차는 다음사항에서 줄어 들 수 있다.

- 1) 참가자의 안면에 초점과 재 위치에서 형광 영상의 변위의 최소화
- 2) 피지 점 검출에서 최적의 경계 값 사용

검증된 재현성에 기초하여, 영상 장치의 임상적 효율성을 검증하였다. 영상 장치는 "sebumeter"를 함께 상관관계($R=0.81$)에서 좋은 임상적인 가능성을 제시하였다.

그 결과 현재의 응용에 있어서, 형광 영상은 다양한 피부 장애의 임상 진단에 최적화 될 수 있다. 색소 저하증과 같은 피부 질환(예, 백반증, 결절 경화증, 멜라닌 저하증)은 상피층의 멜라닌 부족에 의해 원인이 되는 피부 콜라겐의 자가 발광 형광에 의해 밝은 청 백색을 나타낸다.[7] 세균성(녹농균, 적색 음선, 프로피오니박테리움 아크네)과 균류(피부 진균과 어루러기)와 관련된 피부 감염의 진단은 쉽게 결정 되어질 수 있다.[7] 다른 응용들은 신체의 일부에 국부적으로 적용되는 약물 치료의 전이와 보호 크림과 같은 국부 응용의 효과를 진단하는 것을 포함한다.[7]

상업적인 방법들과 비교 할 때에, 형광 영상화 방법은 비접촉식 측정 방법으로 측정 지역의 손상 없이 피지 분비의 지속적인 진단에 유용하다. 또 다른 이점은 임상 진단에 있어서 마크로 영역대에서 좀더 폭 넓은 진단과 정밀한 영상화 과정을 수반 한다는 것이다. 진단의가 특정한 지역에 관심이 있을 때, 서브 마크로 수준의 관찰은 고배율의 확대 렌즈를 장착한 디지털 카메라로 이루어 질 수 있다.

"Sebutape"방법과 비교해 보았을 때 형광 영상화 방법은 비 접촉식 영상 획득, 피지의 실시간적인 영상 분석과 지속적인 모니터링의 이점을 가진다. 그 결과,

형광 영상화 방법은 전체 안면 영역에서 피지 파라미터(총 영역의 비율, 밀도, 피지의 개수, 피지점의 크기 분포와 피지낭 에서의 피지 분비 패턴)의 정보를 공급한다. 반면 "Sebutape"은 약 $2.5 \times 2 \text{ cm}^2$ 의 국부적인 정보만을 제공한다. 피지 분비를 평가하기 위하여, "Sebutape"방법은 대략적으로 피지 분비의 수집과 분석에 1시간 정도 소요된다.[13] "Sebutape"으로부터 획득된 같은 파라미터(표 3.3)는 형광 영상에 영상 분석 방법을 적용함으로써 거의 실시간 적으로 평가 되어 질 수 있다. 임상적인 응용을 위해서, 피지 정보는 피지 발달이 지루와 밀접하게 관련되어 있기 때문에 여드름 연구를 하는데 있어서 중요한 역할을 하고 있고, 피지 생산의 억제는 여드름 관리를 위해 강력한 치료 효과를 나타낸다.[1-3] 피지 분비의 형태학적인 패턴은 시간 초과에 패턴의 변위를 정의 하는 것에서 정성적으로 유용하다. 예를 들면, Piérard et al.는 유아기, 사춘기, 여드름성, 성인성, 노화등과 같이 다섯 가지로 패턴을 정의 했다.[16]

표 3.3에 열거된 피지의 정량적인 정보는 피지 관련 병리학의 진단/치료를 위한 유용한 정보를 공급 할 수 있다. 피지 분석의 결과, 형광 영상은 각화증, 상피내 암, 여드름, 일광 손상, 색소 침착, 색소 저하증과 사마귀 등과 같은 다른 피부 상태의 정량적인 분석을 위하여 성공적으로 최적화 되어 질 수 있다. 피지와 관련된 또 다른 병리학적인 예는 여드름의 치료 효과의 정량적인 평가이다. 그래서, 우리는 여드름 약물의 치료 효과가 형광 영상에서 정량적으로 분석되어지고 있는 실험을 수행 하고 있다.

형광 영상을 이진 영상으로 전환을 위해 최적의 문턱 치 값의 사용은 피지 검출 능력의 결정에서 중요한 역할로 작용한다. 다양한 형광 영상의 분석에서, 우리는 STV와 비교되는 ATV의 사용은 많은 피지 검출 하는데 있어서 예러의 손실을 줄일 수 있다고 생각 된다. 자동적인 방식에서 피지 검출 능력을 향상시키기 위하여, ATV의 수행 능력은 STV의 수용성과 통계적으로 비교되었다. ATV와 STV를 비교 하였을 때, STV는 20명의 지원자에서 평균 46%의 백분율 오차를 나타내는 빈약한 피지 검출 능력을 나타낸다(그림 3.5). STV를 사용함

으로서 검출된 피지의 수는 모든 참가자들에 대한 ATV를 사용하는 것보다 훨씬 많은 피지를 검출 할 수 있는 것으로 나타난다. 이러한 큰 차이는 각각의 형광 영상에서 영상의 질에 다른 점이 있을 지도 모른다는 것을 나타낸다. 선택적으로 피지를 검출하는 것은 어려울 지도 모른다:

1) 배경 피부가 색소 침착의 비 동차적인 분포도를 가졌을 때 2) 영상은 영상 획득을 하는 동안 지원자의 움직임 오차로 흐려 질 수 있다 3) 피지의 형광 강도는 배경 피부색에 비교하였을 때 충분하지 않을 수 있다 또는 4) 피지의 직경은 검출되기 위해 충분히 크지 않은 경우가 있다. 이러한 상태에서 피지는 ATV 알고리즘에 의해 검출 되지 않을 지도 모른다. 하지만 조작자의 시각적인 검사에 의해 측정되어진다. 사실상, 조작자에 의해 관찰 되어지는 많은 피지는 ATV에 의해 검출 되어지지 않았다. 이러한 결과로서, 조작에 의한 시각적인 검사에 의한 팔목할만한 피지 검출 능력을 제시 하는 STV는 지원자 따른 최적의 피지검출을 위해서 강력히 추천되어진다.

바쁜 임상에서, 피지의 자동적인 온라인 분석은 시간을 아끼고 재현성 있는 결과를 생산하기 위해 고려되어야만 한다. 따라서, STV의 사용은 실제적인 임상 응용에 대해서 적당하지 않다. STV의 제약 점을 해결하기 위해서, 우리는 ATV와 STV(그림 3.6)에 의해 검출된 피지 점의 수를 통계적으로 분석함으로써 CSTV를 산출 하였다. 산출된 CSTV를 사용하여, 피지 점들은 STV와 비교 가능한 검출 능력으로 자동적으로 검출 되어질 수 있다.

색 분할 방법은 피지 색들을 구별하는데 유용하다. 피지선의 상태는 피지 색으로 간접적으로 평가 되어 질수 있다. 하나의 예는 피지가 분할된 정량적인 정보를 나타내는 표 3.3에 요약 되어졌다. RCM의 주관적인 선택은 지루한 작업이고 피지 색 분석에서 조작자 의존적인 에러를 발생 할 수 있을 지도 모른다. CSRCM은 자동적인 피지 색 분할을 위해 유용하게 사용 되어 질수 있다. CV 값은 각각의 색(적색과 백색)의 RGB 값에 대해서 10%보다 작은 값을 나타낸

다. 사실상, 우리는 CSRCM이 다양하고 유효한 형광 영상에서 피지 색을 성공적으로 분할하였다고 확신한다. 하지만, CSRCM은 장치에 따라 상대적인 값이다. 그 결과, CSRCM은 상수적인 영상 획득 구성을 가진 우리의 영상 시스템으로 획득한 형광 영상에 대해 효과적이다. 피지는 표 3.4에서 나열된 것과 같이 피지선의 상황에 따라 더 많은 형광색을 방출할 수 있다. 하지만, 본 연구에서, 우리는 유용한 지원자의 제약 때문에 두 개의 형광색(적색과 백색)을 관찰하였다. 그 결과, 단지 두 가지의 색들이 색 분할 방법을 위하여 고려되어졌다. 하지만, 색 분할 방법은 더 많은 형광색을 구별하기 위하여 최적화 되어질 수 있다.

현재, 피지의 형광색의 분류는 광 대역의 컬러(적색, 녹색, 청색) 영상에 기초한다. 그 결과, 피지 색은 조작자에 따라 주관적으로 기술되어질지도 모르고 사용된 컬러 카메라에 따라 다양하다. 그러한 논의들은 다 채널 분광 영상 시스템을 사용하여 해결되어질 수도 있다. 그리고 형광 영상들은 좁은 대역의 파장에서 찍혀질 수도 있다. 하지만, 영상 획득을 하는 동안 움직임에 의한 오차는 색 분할에서 중요하게 고려되어야 한다. 그러한 결과로서, 광대역의 컬러 영상화와 피지 색 분할에서 멀티 분광 영상화 사이에 정확한 분석이 필요하다. 향후 연구에서, 이러한 논의들이 논의 되어질 것이다.

결과적으로, 피지의 형광 영상은 피지관련 파라미터들의 정량적인 정보를 추출하기 위하여 처리되고 분석 되어졌다. 일반적인 임상 응용을 위하여, 현재 영상 처리 알고리즘은 피지 검출을 최적화하기 위하여 조정되어졌다. 조정된 피지 검출 방법은 현재 방법으로 좋은 상관관계를 나타내었다. 피지의 형광색은 조정된 색 분할 방법으로 성공적으로 분리 되어졌다. 본 영상 시스템과 결합된 영상 분석 방법은 피지와 관련된 피부 병리학을 위한 유용한 진단 정보를 공급할 수 있다.

영상 분석 방법의 임상적 효율성을 확신하기 위하여, 본 연구에서는 여드름 환

자들과 함께 임상 연구를 수행하였다. 형광의 원리와 생체 조직내에서 형광색이 가지는 의미에 기초하여 연구가 수행 되어졌다. 형광은 어떤 물질이 상대적으로 짧은 파장의 빛(자외선)을 흡수한 후 보다 긴 파장(가시광선)으로 발산하는 것을 말한다. 초기에는 여러 광원의 자외선을 이용하여 모공의 형광 발현을 관찰하였지만 1967년 Cornelius 등[31]은 처음으로 Wood 등을 이용하여 면포 추출물에서 적색 형광이 발현됨을 발견하였다. Wood 등에서 나오는 광선은 자외선 A로 특성 파장은 365 nm이며, 1 mW/cm² 미만의 약한 에너지를 가지며 인체에 무해한 것으로 알려져 있다[32].

이렇게 자외선 A에 의하여 모공내 포르피린이 적색 형광을 발현한다는 초기 연구의 성과를 바탕으로 여드름 치료 효과의 정량적 평가 및 균 밀도의 지표로 이용될 수 있는 가능성에 대한 연구들이 진행되었다. 1973년 Martin 등[33]은 경구 tetracycline과clindamycin으로 치료한 여드름 임상연구에서 모공의 형광의 변화가 치료 효과 평가의 한 지표가 될 수 있다고 하였다. 그 이후로 외용 clindamycin 및 bezoyl peroxide을 이용한 여드름 임상연구에서도 P. acnes 균 집락의 감소와 형광 발현의 정도가 잘 일치하여 간편하고 비침습적인 치료 효과 평가 방법으로 이용 할 수 있음이 보고된 바 있다[34,35]. 그러나 대부분 P. acnes 균에 대한 효과를 대상으로 하였기 때문에 본 연구에서는 보다 범위를 넓혀서 여드름 병변 자체 및 피지량과의 상관관계를 연구 하였다.

디지털 카메라가 사용되기 전에는 평가자가 직접 관찰하거나 필름카메라로 찍은 사진을 3~4단계(negative, weak, moderate, intense)로 나누어서 형광의 정도를 평가 하였다[29,35]. 이런 평가 방법은 정량화나 정확도 측면에서 제한적일 수밖에 없는데, 디지털 카메라와 영상을 분석할 수 있는 컴퓨터 프로그램의 발달로 새로운 전기가 마련되었다. Pagnoni 등[35]은 컴퓨터 영상 분석 기법을 이용하여 코(2cm²)와 볼(5cm²)의 일정 영역에서 형광이 차지하는 비율을 평가 요소로 사용하였다. 본 연구에서도 디지털 영상을 분석할 때 양 볼, 이마, 코 부위는 3X3 cm² 그리고 턱은 1X1 cm²의 일정 영역에서 점상 형광이 차지하는

면적의 백분율을 'percent fluorescence area (백분위 형광 영역, 형광 피지 밀도, % fluorescence density area/cm²)'로 정하여 계산하였다.

모공에서 나오는 형광은 크게 적색계와 백색계로 나눌 수 있다. 전형적인 포르피린에 의한 형광은 적색 형광이지만 정상 각질 덩어리는 백색 계열의 형광이 발생되며, 이런 각질이 모공을 살짝 덮거나 채워져 있을 때에 발생하는 것으로 알려져 있다[35]. 본 연구에서는 백색 형광이 적색형광에 비해 평균 두 배정도 증가된 것이 확인되었다. 정상 모공과 개방 면포는 비교적 형광이 잘 발현되는데 비해서 폐쇄 면포에서는 발현이 거의 관찰되지 않으며, 염증성 병변에서는 발현 여부가 일정하지 않고 다양하게 나타난다.

모공의 점상 형광을 뚜렷하게 식별하기 위해서는 군 집락수가 1000/cm² 이상 되어야 하며 아동기에 코와 턱을 시작으로 발현되기 시작하여 사춘기 무렵에 급격히 증가하고, 50세 이후에는 감소하는 양상을 보인다[29]. 이런 양상은 피지분비량의 변화와 같은 양상으로 나타나기 때문에 피지 생산의 증가가 P. acnes 집락수의 증가를 가져오고 그 결과 점상 형광의 발현도 증가되는 과정을 추정할 수 있다.

정상인의 경우 이마, 코 및 턱의 중앙 등을 포함하는 얼굴의 중심부(T-zone)에서 피지선의 활성도가 높지만, 여드름 환자에서는 이러한 현상이 없다는 보고가 있다[24]. 그러나 다른 연구에서는 경증 여드름 환자의 안면에서도 T-zone이 U-zone보다 피지량이 많았다는 보고가 있었다[6]. 본 연구에서는 피지량과 형광밀도가 부위별로 유의한 차이를 보인 것으로 나타났다. 특히 안면의 중심부인 이마, 코, 턱이 양 볼 보다 높아서 기존의 결과와 일치하였다. 모공의 크기가 클수록 피지량도 증가된다는 연구를 통해서도 간접적으로 위의 상관성을 추정할 수 있다[37]. 본 연구 결과에서도 형광 피지 밀도가 피지량과 통계적으로 유의한 상관성을 확인할 수 있었다. 그러나 항균 효과가 있는 triclosan을 세안제로 사용한 후의 결과에서는 피지량이 증가하였음에도 형광 밀도는 오히려 감소하는 상반된 결과가 나타났다. 이것은 피지량 자체의 결과가 계절적인 변수가 작용했다고 볼수 있다. 측정 기간이 10월에서 11월 말까지 측정하였고 계절적인 요인에 의하여 피지량이 증가한다는 보고가 있었다. 이를 통해서 계

절적인 변수를 제외 한다면, 형광 밀도의 측면에서는 각 모공에서의 형광의 강도와 마찬가지로 *P. acnes*가 가장 중요한 결정 인자로 작용한다고 추정할 수 있다. 다만, 균 집락수의 큰 변화가 없는 조건에서는 형광 밀도가 피지량을 반영한다고 할 수 있다.

피지량의 경우 이마에서 가장 높은 값을 보인 반면, 형광 밀도는 코에서 가장 높게 나타났다. 이는 모낭 밀도도 중요한 요인이 될 수 있음을 암시한다[24]. 코에서 모낭 밀도가 가장 높고 개별적인 모공의 크기도 크기 때문에 형광 밀도가 높게 나타난 것으로 사료된다. 또한 형광 밀도는 조사되는 자외선의 광량에 의해 영향을 받을 수 있다. 따라서 안면 고정 장치의 부착 부위인 이마, 턱 부위의 결과는 *Sebumeter* 측정값과 상관성이 없는 것으로 나타났는데 이는 측정부위의 자외선 분포가 참가자의 얼굴 굴곡면 때문에 고르지 못하게 분포되었다는 것을 나타낸다. 하지만, 참가자 마다 치료 전후의 측정 부위는 동일하므로 같은 참가자에 대해서는 동일한 상관관계를 보일 것으로 사료된다.

일반적으로 피지분비량과 여드름의 중증도는 비례하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 여드름 병인에 기여하는 피지의 역할은 다양하기 때문에 피지분비량의 증가와 여드름 병변수의 증가는 상관성이 없다는 주장도 있다[3]. 본 결과에서도 부위에 관계없이 종합한 결과에서는 약한 상관성을 보였지만 얼굴의 각 부위별로 피지량과 병변수간의 상관관계를 보았을 때는 의미 있는 상관성이 관찰되었다.

*Triclosan*은 다수의 그람 양성균과 그람 음성균에서 높은 살균력을 보이며 *P. acnes*에 대한 살균력을 가져 세안제로 사용하였을 때 여드름 병변을 호전시킬 수 있는 것으로 알려져 있다[38]. 본 연구에서는 향균비누, 약용삼푸, 방취용 화장품 등에 1-2% 농도로 첨가되어 사용되는 *triclosan*을 향균 효과를 평가하는데 사용하였다. 이는 연구의 목적이 향균 치료 효과의 평가에 있지 않아 환자의 편의를 고려하여 기본적으로 사용하는 세안제에 추가할 수 있는 제제를 선택

하였고 전체적인 양상을 파악하기 위함이었다.

형광 영상을 이용한 형광 피지 밀도의 분석은 피부에 접촉하지 않기 때문에 측정 부위의 어떤 변형 없이 꾸준한 측정과 실시간 측정이 가능한 장점이 있다. 또한 기존의 컬러 사진에 비해 색소성 병변의 정도라든지 넓은 부위의 상태를 파악할 수 있는 등의 여러 기능적인 정보를 제공해 줄 수 있다.

영상 분석에 있어서 분석의 오류를 가지는 것은 여자의 경우 화장을 하게 되면, 정상적인 피부의 형광색을 관찰 할 수 없다는 것과 먼지, 화학약품, 음식물로 인한 다른 형광색이 발생 될 수 있다는 것이다. 또 *P. acnes* 집락수 변화에 따라 형광 밀도가 영향 받을 수 있는 점을 고려하여야 한다.

여드름 환자의 얼굴 여러 부위에서 여드름 병변수, 자외선 형광 영상 시스템을 이용한 점상 형광밀도, Sebumeter를 이용한 피지량을 측정하여 이들 사이의 상관관계를 조사하였다. 형광밀도는 피지량과 상관관계가 있어 피지분비량 평가에 사용할 수 있는 충분한 가능성이 있었으나, 여드름 병변수와는 상관성이 없어 여드름 병변을 반영하지는 못하였다. 결론적으로 디지털 형광 영상 시스템은 향후 피지 분비량 감소 및 *P. acnes* 감소를 유도하는 각종 여드름 치료제의 유효성 평가를 포함한 여드름 연구 및 다양한 피부질환에 응용이 가능한 방법으로서 향후 지속적인 연구를 통하여 그 가치가 높아질 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] C. C. Zouboulis. "Acne and sebaceous gland function," *Clin. Dermatol.* 22, 306-366 (2004).
- [2] C. C. Zouboulis, A.Eady, M. Philpott, L. A. Goldsmith, C. Orfanos, W. C. Cunliffe, R. Rosenfield R.. "What is the pathogenesis of acne?," *Exp. Dermatol.* 14, 143-152 (2005).
- [3] S-W. Youn, E.-S.Park., D-H. Lee, C-H. Huh, K-C. Park, "Does facial sebum excretion really affect the development of acne?," *Br.J.Dermatol.* 153, 919-924 (2005).
- [4] P. Clarys, A.Barel. "Quantitative evaluation of skin surface lipids," *Clin. Dermatol.* 13, 307-321 (1995).
- [5] S. W. Youn, S. J. Kim, I. A. Hwang, K. C. Park, "Evaluation of facial skin type by sebum secretion: discrepancies between subjective descriptions and sebum secretion," *Skin Res. Technol.* 8, 168-172 (2002).
- [6] S. W. Youn, J. I. Na. S. Y. Choi, C. H. Huh, K. C. Park, "Regional and seasonal variation in facial sebum secretions: a proposal for the definition of combination skin type," *Skin Res. Technol.* 11, 189-195 (2005).
- [7] P. Asawanonda, C.R.Taylor, "Wood's light in dermatology," *Int. J. Dermatol.* 38, 801-807 (1999).
- [8] Meeks Engineering, see <http://www.atlantacamera.com/pictures.html> (2006)
- [9] G. E. Pie'rard, C. Pei'rard-Francimont, R. Marks, M. Paye, V. Rogiers, " EEMCO guidance for the in vivo assessment of skin graeasiness," *Skin Pharmacol. Appl. Skin Physiol.* 13, 372-389 (2000).
- [10] A. Pagnoni, T.Stoudemayer, A. M. Kligman, "Use of sebutape assessed by image analysis to measure sebaceous gland activity," Chap. 8 in *Bioengineering of the Skin: Skin Surface Imaging and Analysis*,K-P.Wilhelm, P. Elsner, E. Berardesca, and H. I. Maibach, Eds., pp. 105-111, CRC press, New York (1997).
- [11] J. Niamtu III, "Digitally processed ultraviolet images: A convenient affordable, reproducible means of illustrating ultraviolet clinical examination," *Dermatol. Surg.* 27, 1039-1042 (2001).

- [12] B. Jung, B. Choi, Y. Shin, A. J. Durkin, J. S. Nelson, "Determination of optimal view angles for quantitative facial image analysis," *J. Biomed. Opt.* 10, 024002 (2005).
- [13] P. Elsner, "Sebum," Chap. 8 in *Bioengineering of the Skin: Methods and Instrumentation*, E. Berardesca, P. Elsner, K-P.Wilhelm, H. I. Maibach, Eds., pp. 81-89, CRC press, New York (1995).
- [14] D.H. Suh, T. E. Kwon, J. L. Youn, "Change of comedonal cytokines and sebum secretion after UV irradiation in acne patients," *Eur. J. Dermatol.* 12, 139-144 (2002).
- [15] S. E. Mudiyansele, M. Hamburger, P. Elsner, J. J. Thiele, "Ultraviolet A induces generation of squalene monohydroperoxide isomers in human sebum and skin surface lipids In Vitro and In Vivo," *J. Invest. Dermatol.* 120, 915-922 (2003).
- [16] G. E. Piérard, C.Pierard-Franchimont, T. Lé, C. Lapière C, "Patterns of follicular sebum excretion rate during lifetime," *Arch. Dermatol. Res.* 279, S104-S107 (1987).
- [17] James JL, McGinley KJ, Foglia AN. Qualitative and quantitative changes in cutaneous bacteria associated with systemic isotretinoin therapy for acne conglobata. *J Invest Dermatol* 1986; 86: 390-393.
- [18] Pande SY, Misri R. Sebumeter. *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 2005; 71: 444-446.
- [19] Nordstrom KM, Schmus HG, McGinley KJ, Leyden JJ. Measurement of Sebum Output Using a Lipid Absorbent Tape. *J Invest Dermatol* 1986; 87: 260-263.
- [20] Rizova E, Kligman A. New photographic techniques for clinical evaluation of acne. *J Eur Acad Dermatol* 1997; 15: 13-18.
- [21] Fulton JE Jr. Utilizing the Ultraviolet(UV Detect) Camera to Enhance the Appearance of Photodamage and Other Skin Condition. *Dermatol Surg*

- 1997; 23: 163-169.
- [22] Liam PS, Chen TS, Chung PC. A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding. *J Inf Sci Eng* 2001; 17: 713-727.
- [23] Eaves GN. Image Processing in the Biomedical Sciences. *Comput Biomed Res* 1967; 1: 112-123.
- [24] Seo SL, Myung KB. Comparison of the sebum excretion rate and follicular density in young women with and without acne. *Korean J Dermatol* 1998;36:787-795
- [25] Oberemok SS, Shalita AR. Acne vulgaris, I: pathogenesis and diagnosis. *Cutis* 2002;70:101-105
- [26] Harris HH, Downing DT, Stewart ME, Strauss JS. Sustainable rates of sebum secretion in acne patients and matched normal control subjects. *J Am Acad Dermatol* 1983;8:200-203
- [27] Pierard-Franchimont C, Pierard GE, Saint-Leger D, Leveque JL, Kligman AM. Comparison of the kinetics of sebum secretion in young women with and without acne. *Dermatologica* 1991;183:120-122
- [28] Bornmer S. Hautuntersuchungen im gefilterten Quartzlicht. *KlinWochenschrift* 1927;6:1142
- [29] McGinley KJ, Webster GF, Leyden JJ. Facial follicular porphyrin fluorescence: correlation with age and density of *Propionibacterium acnes*. *Br J Dermatol* 1980;102:437-441
- [30] Johnsson A, Kjeldstad B, Melo TB. Fluorescence from pilosebaceous follicles. *Arch Dermatol Res* 1987;279:190-193
- [31] Cornelius CE, 3rd, Ludwig GD. Red fluorescence of comedones: production of porphyrins by *Corynebacterium acnes*. *J Invest Dermatol* 1967;49:368-370
- [32] Asawanonda P, Taylor CR. Wood's light in dermatology. *Int J Dermatol* 1999;38:801-807
- [33] MARTIN RJ, KAHN G, GOODING JW, BROWN G. Cutaneous porphyrin

- fluorescence as an indicator of antibiotic absorption and effectiveness. *Cutis* 1973;12:758-764
- [34] Lucchina LC, Kollias N, Gillies R, Phillips SB, Muccini JA, Stiller MJ, et al. Fluorescence photography in the evaluation of acne. *Journal of the American Academy of Dermatology* 1996;35:58-63
- [35] Pagnoni A, Kligman AM, Kollias N, Goldberg S, Stoudemayer T. Digital fluorescence photography can assess the suppressive effect of benzoyl peroxide on *Propionibacterium acnes*. *Journal of the American Academy of Dermatology* 1999;41:710-716
- [36] Lee SH, Choi SY, Huh CH, Park KC, Youn SW. Comparative study of effect by glycolic acid peeling and Jessner's solution peeling on facial sebum secretion in patients with facial acne. *Korean J Dermatol* 2004;42:559-567
- [37] Roh M, Han M, Kim D, Chung K. Sebum output as a factor contributing to the size of facial pores. *Br J Dermatol* 2006;155:890-894
- [38] Lee NH, Choi EH, Ahn SK, Lee SH. A clinical study on the effect of a facial cleanser consisting of 1% triclosan and 0.5% Ku shen on acne vulgaris. *Korean J Dermatol* 1998;36:871-876
- [39] Han B, Jung B, Nelson JS, Choi EH., "Analysis of facial sebum distribution using a digital fluorescent imaging system," *Biomed Opt.* 2007 Jan-Feb;12(1):014006.
- [40] P. Asawanonda, and C.R. Taylor, "Wood's light in dermatology," *Int. J. Dermatol.*, vol. 38, no. 11, pp.801-807, 1999.
- [41] B.W. Chwirot, S. Chwirot, J. Redzinski, and Z. Michniewicz, "Detection of melanomas by digital imaging of spectrally resolved ultraviolet light-induced autofluorescence of human skin," *Eur. J. Cancer.*, vol. 34, no. 11, pp.1730-1734, 1998.

- [42] David, T. J. 1994. "Recapturing a five month-old bite mark by means of reflective ultraviolet photography. J. Forensic Sci., 39(6): 1560-7.
- [43] Dhillon SS, Kumar AJ, Sadaiyyappan V, Bassi RS, Shanahan D, Deshmukh SC."Anatomical study comparing the thickness of the volar and dorsal cortex of cadaveric adult distal radii using digital photography."Arch Orthop Trauma Surg. 2007 Jul 7.
- [44] B.J. Jung, B. Choi, A.J. Durkin, K.M. Kelly, and J.S. Nelson, "Characterization of port wine stain skin erythema and melanin content using cross-polarized diffuse reflectance imaging," Lasers Surg. Med., vol. 34, no. 2, pp.174-181, 2004.

[Appendix]

Separation UV Image

```
%%% Step 1: Read Image
I = imread('2.jpg');
figure, imshow(I),title('original image');
BW = im2bw(I, graythresh(I));
figure, imshow(BW), title('Binary Image');
%%% Step 2: 이진 영상과 원본 영상의 매핑 %%%
[m,n] = size(BW);
for i = 1:1:m
    for j = 1:1:n
        if (BW(i,j) == 0)
            I(i,j,:) = [0,0,0];
        end
    end
end
figure, imshow(I), title('Overlay image');

%%% step 3 color segmented %%%
nColors=2;
r = I(:, :,1);
% RGB 컬러 공간에서 R 영역을 r변수에 저장 시켜 r matrix를 생성
g = I(:, :,2);
% RGB 컬러 공간에서 G 영역을 g변수에 저장 시켜 g matrix를 생성
b = I(:, :,3);
```

```

% RGB 컬러 공간에서 B 영역을 b 변수에 저장 시켜 b matrix를 생성
color_markers = repmat(0, [nColors, 2]);

% Vitiligo 영역을 나타내는 컬러 마커
color_markers(1,1) = 89.11;
color_markers(1,2) = 141.01;
color_markers(1,3) = 236.95;
% Red pore 영역을 나타내는 컬러 마커
color_markers(2,1) = 188.29;
color_markers(2,2) = 112.64;
color_markers(2,3) = 185.60;

color_labels = 0:nColors-1;
r = double(r);
g = double(g);
b = double(b);
D = repmat(0,[size(r), nColors]);
for count = 1:nColors
    D(:,count) = ( (r - color_markers(count,1)).^2 + ...
                  (g - color_markers(count,2)).^2 + ...
                  (b - color_markers(count,3)).^2).^0.5;
end
[value, label] = min(D,[],3);
label = color_labels(label);
rgb_label = repmat(label,[1 1 3]);
segmented_images = repmat(uint8(0),[size(I), nColors]);
for count = 1:nColors
    color = I;

```

```

    color(rgb_label ~= color_labels(count)) = 0;
    segmented_images(:,:,count) = color;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
I1=segmented_images(:,:,1);
figure, imshow(I1),title('Vitligo area');
BW1 = im2bw(I1, 0.45);          % 반전된 이미지를 흑백영상으로 만듦
I2 = segmented_images(:,:,2);
figure, imshow(I2), title('Red pore area');
BW2=im2bw(I2,0.45);
se = strel('disk',2);
BWco = imopen(BW1, se);
figure, imshow(BWco), title('opening the image to show large objects');
figure, imshow(BW1)
mask = BW1 & BWco;
figure, imshow(mask), title('the "and" of these two images');
%%% Step 2: 이진 영상과 원본 영상의 매핑 %%%
[m,n] = size(mask);
for i = 1:1:m
    for j = 1:1:n
        if (mask(i,j) == 0)
            I1(i,j,:) = [0,0,0];
        end
    end
end
end
figure, imshow(I1), title('remove noise');

```

ABSTRACT

UV-induced Fluorescent Facial Imaging System & Fluorescent Image Analysis

Byungkwan, Han

Department of Biomedical Engineering

The Graduate School

Yonsei University

Current methods for analysis of sebum excretion have limitations, such as irreproducible results in repeatable measurements due to the point measurement method, user-dependent artifact due to contact measurement or qualitative evaluation of the image, and long measurement time. A UV-induced fluorescent digital imaging system was developed to acquire facial images so that the distribution of sebum excretion on the face could be analyzed. The imaging system consisted of a constant UV-A light source, digital color camera and head-positioning device. We describe the system characterization for acquisition of a fluorescent facial image and the image analysis method.

In the image analysis, for subject-dependent automatic image analysis, we extracted the calibrated image analysis methods which are optimized for the digital fluorescent images acquired from our imaging system.

Based on sebum image analysis, we performed clinical experiments. For an example, Porphyrins produced by *Propionibacterium acnes* exhibit an orange-red fluorescence spot on the pilosebaceous pore under UVA light. As a results of this characteristic, we can verify correlation between Acne and fluorescent sebum density.