헤어드라이기 플라즈마 모듈 적용에 따른 모발의 변화 및 특성 평가

현지원^{1,*} · 황성택²

¹연성대학교 뷰티스타일리스트과, 부교수

²유닉스전자(주), 책임연구원

Evaluation of Changes and Characteristics of Hair According to the Application of the Hair Dryer Plasma Functional Module

Ji-Won Hyun^{1,*} and Seoung-Tack Hwang²

¹Professor, Dept. of Beautystylist, Yeonsung University

²Senior Research Engineer, Unix Electronics R&D Center

Hairdryers are commonly known to cause hair damage such as “roughness”, “dryness”, and “hair color loss”. while using it. So, numerous studies have tried to find ways to dry hair with no damage or minimized level. In this study, we examined hair damage levels by varying drying applications during the process and analyzed hair changes either in essential characteristics such as “oil and moisture balance” or “microstructure”. As a result, hair was severely damaged when treated with a general hot air dryer for 90 minutes, causing cuticle crack or layer separation. In contrast, the plasma hairdryer caused just a little or even no damage to hair for the same exposure time. It may be because ions and moisture molecules generated when using a plasma hairdryer can protect hair structure from the harsh hot air condition.

Keywords: AFM, Damged hair, Hair dryer, Heat, Plasma dryer, Micro structure

I. 서 론

최근 아름다워지고자 하는 인간의 욕구와 뷰티제품에 대한 관심은 뷰티 산업을 급성장시키고 있다. 다양한 종류의 모발을 가진 많은 소비자들은 그들이 원하는 헤어스타일 연출을 위해 헤어스타일링 기기에 대해 자연스럽게 관심을 갖게 되고, 직접 소비하는 형태로 이어지고 있다. 현재 해외 헤어 스타일링기기 시장에서는 다양한 부속품 구성으로 각기 다른 스타일을 연출할 수 있는 제품들이 인기를 얻고 있다.

헤어드라이어 시장에 있는 대표적 회사로는 Conair, Panasonic, phillips, dyson, GHD, Flyco, Revlon, Braun, Remington, Vidal Sassoon, TESCOM, Kangfu, POVOS, Superman, T3 micro, Sedu, Elchim, WIK 등이 있으며, 이 시장은 2020-2024년간 10억 300만 달러로 성장할 것으로 예측되고 있다. 글로벌 산업 전

문 리서치 기관 Freedonia는 미국의 25-44세 인구수가 2010년 이후 지속적으로 증가하고 있으며, 해당 연령대의 인구가 헤어 스타일링기기 구매에 가장 적극적인 인구 계층으로서 향후 미국 내 헤어 스타일링기기 수요의 꾸준한 성장을 이끌 요인 중 하나인 것으로 분석하고 있다. 글로벌 시장 정보 기업 GfK가 발표한 프리미엄 소형 가전의 성장률 리포트에 따르면 헤어드라이어와 헤어스타일링 기기들도 젊은 층을 사로잡아 매년 성장하고 있는 추세이다. 2017년 국내 헤어드라이어의 판매량은 223만 대에서 200만대로 10% 감소했지만, 판매금액은 2017년 866억 원에서 2018년 1,106억 원으로 30% 가까이 늘었다. 헤어스타일러 시장 규모도 점점 커져 2017년 판매액 616억 원에서 2018년에는 800억 원을 넘어섰다.

이들 회사들의 최근 이슈는 모발의 건강을 중요하게 생각하는 소비자들이 늘어나면서, 헤어 스타일링을 할 때 모발을 손상시키지 않는 기술이 접목된 헤어 스타일링기기를 개발하여 소비자로부터 좋은 평가를 받고자 하는 것으로 분석된다.

일반적으로 모발의 손상 원인은 환경적, 유전적, 물리적, 화학적 요인 등으로 크게 분류할 수 있으며, Bae(2003), Park & Choi(2003), Jung et al.(2009) 연구에 따르면 염색, 펌 기술, 과

본 논문은 (주)유닉스전자와의 산학협력 프로젝트를 통해 수행된 연구임.

*Corresponding author: Ji-Won Hyun

Tel : +82-31-441-1387

E-mail : jiwonhyun@naver.com

접수일(2021년 3월 22일)/수정일(2021년 5월 27일)/채택일(2021년 7월 22일)

도한 미용기기의 사용은 모발을 손상시킨다고 보고된 바 있다. 그중 헤어드라이어는 모발에 열 손상을 일으킬 수 있다. 모발은 단백질로 구성되어 있기 때문에 모발에 열이 가해지게 되면 모발 손상은 자연스럽게 따라오는 결과이다. 아래의 연구들은 열 온도에 따라 모발의 큐티클 손상, 들뜸 현상이 생기고, 다음으로 단백질 변성, 아미노산 함량 감소 후 모발이 녹아내리게 된다고 밝히고 있다. Lee et al.(2011) 연구에 따르면 드라이기 온도가 올라감에 따라 모발 표면의 손상이 심해지고 모발의 색 또한 변색된다고 분석하였고, Seong et al.(2019) 연구에 따르면 건강모에 아이론 열을 가했을 때 255도에서 총 중량의 10%가 감소되고, 320도에서는 모발의 총 중량의 52.9%가 감소되었으며, 500도에서는 모발이 탄화되며 72.3%가 감소한다고 하였다. 모발 손상에 있어 모발의 질량 변화는 보통 150도에서 일어나며, 이것은 유기물질의 특성상 열에 반응이 가장 빠른 수분이 감소한 것으로 볼 수 있는 것이다.

모발이 건조하다는 것은 모발이 손상되었다는 것과 일맥상통한다. 모발이 건조한 상태에서 빗질을 하게 되면 정전기가 발생하게 되는데, 일상생활에서 모발의 손상을 최소화하기 위해 사용하는 기능성 제품들은 모발 표면에 유발되는 정전기를 중화 및 완화, 이온 밸런스 유지하여 모발 손상도를 낮추고, 부드럽고 윤기 있는 머릿결로 바꾸어 주는 기능을 하게 된다.

Fig. 1과 같이 일반적인 상태에서 브리싱을 하면 머리는 (+), 빗은 (-)로 대전하게 되는데, 플라즈마 래디언스 기능이 켜지게 되면 각각의 대전된 전하[머리(+), 빗(-)]에 인위적으로 (+), (-)이온을 공급시켜 정전기를 중화시켜 정전기 발생을 억제시킬 수 있다. 또한 정전기 발생된 상태에서 빗질 등을 통한

모발의 손질 시 물리적으로 모발 표면의 큐티클을 손상시켜, 모발을 거칠게 만들며 거칠어진 모발은 빛의 난반사를 유발하여 모발의 광택 및 윤기를 떨어뜨리게 된다.

모발은 평상시 적정 습도를 유지하고 있는 환경에서는 정전기를 띄지는 않지만 모발 손상도 및 화학시술 상태 및 환경적 요소(습도) 조건에 따라 모발 정전기는 자주 발생할 수 있다. 또한 모발은 약하지만 이온결합을 하고 있으며, 전하를 옮기는 특성 때문에 모발 손상도를 낮추기 위해 보통 드라이 전·후 유·수분 에센스 제품 등을 사용하기도 한다.

따라서 본 연구에서는 “드라이 과정에서 수분 밸런스가 깨지고, 건조한 환경에 계속 노출이 된다면 모발 손상은 증가할 수밖에 없다.” 또한 “드라이 열에 의한 모발 손상은 불가피하다.”는 가설 하에 실험을 진행하였으며, 헤어드라이기 플라즈마 기능성 모듈 적용에 따른 모발의 변화 및 특성을 평가하여 드라이 열에 의한 모발의 변화를 분석하고자 한다.

그동안 모발과학 분야의 연구는 모발의 손상도 비교 및 모발 화장품의 효능평가를 위함이 일반적이었다. 하지만 열에 의한 모발 손상과 특히나 매일같이 사용하는 헤어드라이기에 의한 모발손상 및 형태학적 변화에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 논문에서는 매일 반복되는 모발 건조(열, 풍속 포함)는 모발을 손상시켜 모발의 미세구조 변화를 가져올 수 있다고 보고, U사의 일반드라이기와 기능성 드라이어(플라즈마)의 효능을 비교 평가하고자 한다. 플라즈마란 기체가 초고온 상태로 가열되어 전자와 양전하를 가진 이온으로 분리된 상태를 말한다. 따라서 본 논문은 플라즈마 기능성 모듈이 적용된 드라이어 사용 후, 모발의 다양한 물리·화학적 특성 변화를 관찰하고,

Fig. 1. Mechanism of Plasma System from Unix.

일반 드라이기보다 손상도 없이 모발이 건조되는지에 대한 효능을 평가하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

(1) 모발 시료 제작

본 연구에서 이용된 모발 샘플은 염색, 퍼머넌트, 탈색 등의 화학적 시술을 하지 않고, 장기간 약물 복용이나 화학적 시술을 하지 않은 건강한 20대 미혼 여성으로부터 채취하되, 모발 샘플로는 두정부 부위 모근에서 2 cm 정도 떨어진 부위로부터 10 cm 길이로 잘라 사용하였다. 이러한 건강한 모발(Virgin hair; V1)들을 채취한 후 모근으로부터 1 cm를 지점을 고정시켜 각각 약 1g의 모 다발을 제작하였고, 이 후 중성샴푸로 세척 후 자연건조를 통하여 모발에 남아있는 오염 물질들을 제거한 후 사용하였다.

AFM 분석용 sample 시료는 모발의 미세구조를 보기 위함이라 많은 시료가 필요치 않다. 따라서 random sampling하되 굵기가 비슷한 모발 3가닥씩을 골라 비교 그룹으로 선정하고, 모근 3 cm 부위로부터 5 cm 범위를 측정영역으로 정하였다. 각 Sample을 슬라이드글라스에 올려놓고 모발이 움직이지 않도록 양쪽 끝을 고정하여, AFM 측정을 하였다. 본 샘플처리 방법과 실험방법은 Hyun(2008)의 연구에서 사용되었던 방법과 동일한 방법으로 연구되었다.

(2) 사용 시약

손상모발(Damaged hair)은 시중에서 널리 사용되고 있는 A사의 bleach 파우더와 proxide 6%를 1:1 비율로 섞어 화학적 탈색처리 시약으로 설정하였다.

(3) 모발 시료 염색

화학적 염·탈색 처리(탈색약품 도포 후 20분간 열처리, 10분 자연방치)를 2회, 염색 처리(염색 약품 도포 후 20분간 열처리, 10분 자연방치) 1회 반복하여 제작하였다. 앞으로 손상모발(Damaged hair)의 샘플 표기를 D1, D2와 같은 약칭을 사용하겠다.

2. 실험 방법

(1) 드라이기 열처리 방법

정상모와 손상모의 비교 테스트에 사용된 드라이기는 U사의 일반드라이기(열풍)와 기능성드라이기(플라즈마 열풍)를 이용하였으며, 열에 의한 모발 손상 방법은 모발시료에서 10 cm 떨어진 위치에서 90분간 60-70도의 열풍에 노출시키는 방법으로

나뉘 대조군과 비교분석하였다.

드라이어의 열처리 방법은 풍량, 풍온, 노출시간 등 여러 가지 인자에 좌우되나, Taget(모발표면)에 도달하는 풍온은 일정 풍량 조건 하에서는 그 거리에 좌우되므로, UL859 Hair dryer temperature test system을 통하여 드라이어 노즐에서의 바람을 온도센서가 배열되어있는 판으로 조사하여 그 센서에서 수득하는 온도들의 평균값을 채용하는 방법을 사용하였다. 열풍이 퍼져나가도 60-70도의 온도를 유지할 수 있는 거리 및 반경을 확정하여 실험을 진행하였다. 각 Sample을 슬라이드글라스에 5 cm 길이의 모발 샘플 고정 후 드라이어 처리 전후 비교를 위해 최대한 같은 위치 측정하였으며, 열처리 시간은 건강모, 손상모 샘플 당 UN-A1324 드라이기 총 90분 처리(열처리 30분, 휴지기 5분을 3회씩 반복 처리)하였으며, 모발과 드라이기 간 10 cm 간격을 두고 드라이어 열처리 진행하였다.

(2) 정전기 변화량 측정

휴대용 정전기 측정기(ARS-H002ZA, 동일 기연)를 이용하여 모발의 정전기 변화량을 측정하였다. 본 실험 전 드라이어 사용 시 실제 방출되는 음이온, 양이온량을 측정 및 검증하기 위해 공인 시험기관인 LTA Co., Ltd에 사전 신뢰성 시험을 의뢰하였으며, 이온 측정 시험성적서 결과를 Table 1과 같이 본 실험 결과에 첨부하였다.

측정에 사용된 전하입자 측정 장치(Ion Counter)는 MEIKO社の NKMH-103 모델을 사용하였으며, 측정 장비의 구성은 하기와 같으며, 실험 조건 및 방법은 측정거리 20 cm에서 전하입자 측정 장치를 이용하여 실내온도 24°C, 습도 50%, 대기 중 이온 수 180개/cm³ 조건에서 시험하였으며 측정대상물에서 방출되는 이온을 측정하여 단위체적당 이온수로 표시하였다.

(3) 모발의 surface morphology 평가(SEM)

일반드라이기와 플라즈마 드라이기 사용 후의 모발 손상 및 변성에 대한 영향성 파악을 위해 사용된 기기는 주사전자현미경(Scanning electron microscope; SEM) Quanta 250 FEG, FEI company)이며, 측정배율은 ×500, ×1000으로 측정하였다.

(4) AFM(Atomic Force Microscope) 측정

모발의 surface topology와 line profile 평가는 원자력간현미경(Atomic force microscopy: AFM) NX10, Park system을 이용하여 모든 시편들에 대해서 동일한 조건으로 측정하였다. 즉 가로 세로 20 μm, 높이 3 μm의 영역에 대하여 모발의 표면 미세구조를 측정하였다. 3D Image는 앞의 topography data를 3차원 이미지로 구현하여 입체적인 형상을 통해 topography data의 보완하는 자료로 활용하였다. Roughness data는 모발 표면의 거칠기 값을 나타내는 것으로 측정 영역에서 1 line에 대한 부피를 측정하여, 모발의 손상도를 측정하였다. 현재 AFM은 주

Fig. 2. Static electricity change.

사형전자현미경(SEM)처럼 진공을 만들 필요가 없으며, 도전성 코팅 등의 시료 전처리가 불필요하다. 이에 모발의 같은 위치를 측정하기 위해서는 탐침의 1차 스캔 위치를 적확히 기록, 저장하고, 2차 측정 시 같은 위치를 찾아 재측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 정전기 변화량

정전기 실험에 앞서 드라이어 사용 시 실제 방출되는 음이온, 양이온량을 측정 및 검증하기 위해 공인 시험기관인 주식회사 엘티에이에서 신뢰성 시험을 의뢰하였다. 이온 측정 시험성적서 결과는 Table 1과 같이 평균 양이온 1300만개, 음이온 300만개 가량이 방출됨을 확인하였으며, 실제 기능성이 확인된 드라이기를 실험에 사용하였다.

정전기 실험의 경우, 두 타입(일반 열풍, 플라즈마 기능성)의 드라이기를 사용 후의 정전기 변화량을 2회 반복 측정하여 평균값과 감소패턴을 측정하였으며, 그 결과 플라즈마 처리한 모발 샘플이 일반드라이어(열풍)에 비하여 정전기가 빠르게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 2, 3으로 보면 정상모와 손상모 샘플 모두 다 정전기가 감소하고 있으나 정상모가 손상모보다 빠르게 감소하는 결과를 보이고 있다. 이는 모발의 이온결합이 모피질보다는 큐티클층에서 활발히 반응하기 때문인 것

Fig. 3. Static reduction pattern.

으로 사료된다. 정상모, 손상모 모두 플라즈마 기능에 의한 정전기 감소 패턴이 두드러지게 나타나는 것은 모발을 건조시키는 과정에서 양이온과 음이온이 1000만개 이상 방출되면서 이 이온들이 모발의 수분과 결합하여 모발에 수분막을 형성하고 정전기 발생도 방지하게 되어 정전기로 인한 모발손상의 감소를 기대할 수 있다.

2. 모발의 surface morphology 평가(SEM)

본 실험 결과, 헤어 드라이어 열풍 처리 후 정상모, 손상모 모두 Fig. 4와 같이 모발 표면의 형태학적 변화를 관찰할 수 있는데, 우선 건강모에서는 일반드라이기와 플라즈마 드라이기 모두 큐티클 층의 손상변화가 크게 나타나지 않는다. Hong et al.(2011)의 연구에 따르면, 건강한 모발에 있어서 120°C 이하의 온도에서는 손상이 적으나 140°C로 온도가 상승될수록 모발 표면의 큐티클이 들뜨고 박리되며 과도한 열로 인해 수분감소와 모발의 단백질이 응축되어 모표피(cuticle)와 모피질(cortex)이 심하게 손상되었다고 보고하였다. 이와 같이 일반적으로 열에 의한 모발 손상 중 단순 드라이 열풍으로 인한 모발 손상은 아이론과 같은 직접적인 열에 의한 손상보다 낮다고 할 수 있으며, 본 실험 결과와도 일부 일치하는 결과라고 할 수 있다.

Table 1. Ion measurement test report (LTA Co., Ltd)

Test item	Result value	unit
anion : Blank	180	number/cm ²
anion: Sample(mean)	3,220,000	number/cm ²
anion : Sample(min.)	2,170,000	number/cm ²
anion : Sample(max.)	4,140,000	number/cm ²
cation : Blank	183	number/cm ²
cation : Sample(mean)	1,120,000	number/cm ²
cation : Sample(min.)	9,610,000	number/cm ²
cation : Sample(max.)	15,830,000	number/cm ²

Table 2. Static electricity change according to the type of dryer

min.	Virgin Hair		Damaged Hair		min.	Virgin Hair		Damaged Hair	
1st	plasma	heat	plasma	heat	2nd	plasma	heat	plasma	heat
0	11.8	11.3	5.17	5.47	0	6.77	6.95	4.57	4.9
1	5.87	8.35	4.55	4.17	1	4.95	6.12	3.52	4.22
2	5.53	6.38	2.52	3.1	2	3.53	4.33	2.88	3.84
3	4.45	4.16	2.31	2.87	3	2.89	4.17	2.36	3.39
4	4.13	4.05	2.24	2.76	4	2.75	3.95	2.03	2.73
5	2.74	3.89	2.05	2.16	5	2.38	3.27	1.8	2.57
6	2.64	3.75	1.85	2.1	6	2.25	2.78	1.52	2.2
7	1.55	3.55	1.68	2	7	1.96	2.32	1.33	2.03
8	1.42	2.85	1.46	1.93	8	1.27	2.19	1.03	1.93
9	1.25	2.77	1.2	1.79	9	1.08	2.08	0.87	1.72
10	1.14	2.17	1.07	1.57	10	0.9	1.9	0.82	1.54

하지만 화학처리 직후의 손상모의 경우는 결과가 달라지게 된다. 모발에 약품이 남아있거나, pH balance가 불안정한 상태에서는 열에 의한 모발의 손상을 더욱 가속화시킬 수 있다. 특히 Fig. 4-b 손상모의 SEM 사진을 비교해보면, 일반 열풍으로 인한 모발 표면의 손상을 관찰할 수 있는데, 대조군에 비해 모발 표면이 많이 부풀어 오르고, 큐티클이 들떠 탈락 직전 상태로 보인다. 손상모발의 경우, 열에 노출이 되면 Fig. 5 Croda사

의 연구와 같이 탈교결작용(decementation)이 생기거나, 모발 표면이 부풀어 오르는 현상을 발견할 수가 있다.

반면 Fig. 4-c 플라즈마 기능성 모듈을 사용하였을 경우, 일반 헤어드라이어의 열로 인한 모발 손상도를 관찰하기가 어렵다. 모발을 단순 건조할 때보다 수분, 이온에 의해 큐티클 간 밀착정도를 높여 큐티클 간 들뜨는 현상이 감소하고, 표면의 거칠기가 낮아진 것으로 사료된다.

Fig. 4. Hair surface damage measured by scanning electron microscopy after the hair drying process. The extent of damage to hair surfaces increased as the drying time. all the samples were treated with a hair dryer for 90 mins. a) no treatment, b) normal dryer, c) plasma dryer

Fig. 5. Image of thermal damage: Cuticle decementation(left), Bulges and craters(middle), Longitudinal cracking(right) from Image of Croda Hair Necessities Hair Damage.

3. Hair Topography & Roughness data

본 실험에서는 모발의 Topography의 측정 기준은 샘플마다 모발 표면 구조를 보다 자세히 관찰할 수 있도록 $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 으로 설정하였으며, 일반드라이기와 플라즈마 드라이기 사용 후의 모발 표면의 미세한 변화를 측정 및 확인할 수 있었다. 드라이기 처리 전 후 같은 위치를 측정하여 기능성 드라이기의 효능 및 모발표면의 변화를 측정하고자 하였다. 전체 Ra값은 전체 면적 측정 부위의 오차가 있기 때문에 모발 분석 시 큰 의미가 없다고 판단된다. 따라서 이번 실험에서는 Ra 값은 분석에서 제외하고, Topography Image와 line profiles만을 비교 분석하였으며, 추가로 line profiles을 가로축 세로축 다층적으로 분석하고자 하였다.

Fig. 6과 같이 Topography 이미지 상 건강모와 손상모 모두 90분간의 열처리에 따른 모발 손상이 발견되지 않았다. 처리 전·후 line profiles이 overlap되는 양상을 보아도 알 수 있듯이 드라이어 모듈(V1, V2, D1, D2)에 따른 열처리 전·후 특별한 차이가 보이지 않았다.

Topography 이미지와 line profiles 상 열처리 전·후 큐티클의 박리현상 또는 swelling 현상이 관찰되지 않는 것으로 보아 모발이 건강하게 건조된 것으로 판단된다. 다만 Fig. 7을 분석한 결과 전처리 샘플 D1, D2의 모표면 피크 점이 열처리 후 사라졌다는 것은 열 바람으로 인한 불순물 및 모표면 particle이 탈

락함으로 인해 모표면의 거칠기가 줄어들고 표면정리가 되어 완만해진 것으로 판단된다.

Fig. 8은 좀 더 정확한 데이터를 얻기 위해 모발의 Horizontal line profiles을 추가로 cross check data를 측정하였다. 마찬가지로 열처리 전후 큐티클의 박리현상 또는 swelling 현상이 관찰되지 않는 것으로 보아 모발이 건강하게 건조된 것으로 판단되면 V2의 동그라미 표식은 모발표면의 거칠기가 감소함을 보여주는 데이터라고 할 수 있다. 검정색의 요동치는 line profiles이 드라이기 처리 후 빨간색의 line profiles과 같이 라인이 매끄러워지고, 거칠기가 감소하고 있음을 확인할 수 있다.

드라이어 모듈(V1, V2)에 따른 열처리 전후 아주 큰 변화는 보이지 않지만 플라즈마 단독 모듈(V2)의 라인프로파일이 완만해지는 것으로 보아 모발의 표면 거칠기가 감소하는 것으로 보인다. Lee(2011) 논문과 같은 드라이기에 의한 극단적인 모발 표면 손상도는 보이지 않으며, Hong et al.(2011)의 연구와 같이 건강한 모발에 있어서 일정 이하의 온도에서는 모발의 손상이 크게 나타나지 않음을 보여준다 할 수 있다.

Fig. 9의 AFM 이미지와 line profiles은 드라이기의 열과 풍속에 의한 모발 표면의 변화를 분명히 보여주는 data라고 할 수 있다. D2의 before 표면 이미지를 보면 큐티클 표면에 들뜸 현상을 볼 수 있는데, epi-cuticle의 손상으로 인해 생긴 particle과 이물질들이 묻혀진 것으로 보인다. 반면 기능성 드라이기 처리 후인 after 이미지를 보면 이러한 particle들이 사라지고, 모표면

Fig. 6. 2D Images and parameters of Virgin hair(V1, V2) & Damage hair(D1, D2) (X50)/V1, D1(normal dryer), V2, D2(plasma dryer)

Fig. 7. 3D Images and parameters of Virgin hair & Damage hair./Before condition is left image, black line profiles & after condition is right image, red line profiles. -V1, D1(normal dryer), V2, D2(plasma dryer)

Fig. 8. 3D Images and parameters of Virgin hair & Damage hair./Cross check data of Fig. 7. (before condition is left image, black line profiles & after condition is right image, red line profiles.) -V1, D1(normal dryer), V2, D2(plasma dryer)

Fig. 9. 3D Images and parameters of Virgin hair & Damage hair. Hair Shaft Damage from Heat of Hair Dryer.

이 매끄러워진 것을 확인할 수 있다. 검정색 line profile의 불규칙한 라인과 붉은색의 line profile를 비교해보면 모발의 거칠기 라인이 완만해진 것으로 보아 기능성 드라이기 사용으로 인한 모발 표면의 변화를 확인할 수 있다. 다만 플라즈마로 인한 변화와 함께 풍속에 의한 영향도 있을 것으로 추측이 되어, 이러한 부분은 향후 후속 연구를 통해 영향 관계를 알아볼 필요가 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 헤어드라이기 열에 의한 모발의 변화 및 특성을 분석하고자 하였다. 특히 일반 열풍 드라이기와 플라즈마 기능성 모듈 적용 드라이기가 각각의 모발에 어떠한 영향을 미치는지 모발의 변화 및 특성을 분석한 것으로, 정전기 측정기(ARS-H002ZA)를 이용하여 모발의 정전기 변화량을 측정하였고, 주사전자현미경(SEM)과 원자력간현미경(AFM) 측정을 통하여 모발의 미세구조를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 정전기 측정 결과, 플라즈마 드라이기가 일반 드라이기보다 모발의 정전기가 감소 효과가 큰 것을 확인하였다. 플라즈마 드라이기 사용 후 정상모, 손상모 모두 정전기가 감소하였으며, 전반적으로 정상모의 경우가 정전기 감소 패턴이 더 확연히 드러나 플라즈마 드라이기의 기능성을 확인할 수 있었다.

둘째, SEM 분석한 결과, 손상모의 경우 일반 열풍으로 인한 모발 표면 손상 및 변성을 관찰할 수가 있었다. 일반 드라이기의 단순 건조는 모발 손상을 유도하고 큐티클 박리현상이 확연히 나타나지만, 플라즈마 드라이기의 경우 모발 건조 시 발생되는 이온, 수분 분자에 의해 모발 손상을 최소화하면서 빠르게 건조시키는 효과가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 모발을 단순 건조할 때보다 수분, 이온에 의해 큐티클 간 밀착 정도가 높아 큐티클 간 들뜨는 현상이 감소한 결과이다.

셋째, AFM 측정 결과, 일반 열풍(V1, D1), 플라즈마(V2, D2) 드라이기 사용 후의 모발 손상이 크게 관찰되지 않았지만 플라즈마 기능성 모듈 적용한 모표면에서 긍정적 변화(거칠기 감소)가 관찰되었다. 이는 헤어드라이기의 기능성 모듈 적용에 따라 모표면 안정화 및 정전기 발생 억제에 따른 모발 손상 방지 효과라고 할 수 있다.

마지막으로 헤어드라이기는 모발을 건조시키는 것이 주 기능이다. 다만 헤어드라이기는 수분을 증발시키되 과도한 수분 손실을 막으며 모발을 건조시켜야 하는 딜레마를 안고 있다. 이에 본 논문이 향후 헤어드라이어에 의한 모발의 변화 및 특성 연구에 기초가 되길 기대하며, 추후 드라이기 사용 후의 모발 보습력과 정전기 발생과의 상관관계를 후속 연구를 통해 알아보고자 한다.

References

- Bae, S. H. (2003). A study on the relationship among hair type and hum an hair cuticle damage by cosmetic treatment condition. *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, 9(2), 84-96.
- Blach, J., Loughlin, W., Watson, G., & Myhra, S. (2001). Surface characterization of human hair by atomic force microscopy in the imaging and F-d modes. *International Journal of Cosmetic Science*, 23, 165-174.
- Choi, E. J., & Kang, S. M. (2013). Thermal Properties Change of Dark Brown and Blonde Hair. *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, 19(4), 672-679.
- Hong, D. H., Park, S. H. S., & So, Y. J. (2011). A study on the Degree of Hair Damage and Wave form by Aqua Perm. *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, 17(2), 257-262.
- Hyun, J. W. (2008). Hair Care effects of hair cosmetics including Low molecular weight silk peptide component and micro structure analysis. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 23(5), 439-444.
- Jachowicz, J., & McMullen, R. (2002). Mechanical analysis of elas-

- ticity and flexibility of virgin and polymer-treated hair fiber assemblies. *Journal of Cosmetic Science*, 53, 345-361.
- Jung, J. S., Park, E. J., Kim, D. P., Jin, B. W., Whang, W. K., & Kim, K. Y. (2009). Effect of Color Change on Hairs by Heating or Ozone Vapor Treatment. *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, 15(1), 312-317.
- Kim, S. J., Lee, W. S., Choi, E. H., & Ahn, S. K. (1996). Damage and regeneration of hair cuticles after permanent coloring-sequential microscopic changes. *Kor. J. Dermatol.*, 34, 257-263.
- LaTorre, C., & Bhushan, B. (2005). Nanotribological characterization of human hair and skin using atomic force microscopy. *Ultramicroscopy*, 105, 155-175.
- Lee, Y. H., Kim, Y.-D., Hyun, H.-J., Pi, L. Q., Jin, X., & Lee, W.-S. (2011). Hair Shaft Damage from Heat and Drying Time of Hair Dryer. *Ann Dermatol.*, 23(4).
- Nishikawa, N., Tanizawa, Y., & Tanaka, S. (1998). Horiguchi Y, Asakura T. Structural change of keratin protein in human hair by permanent waving treatment. *Polymer*, 39, 3835-3840.
- Parbhu, A. N., Bryson, W. G., & Lal, R. (1999). Disulfide bonds in the outer layer of keratin fibers confer higher mechanical rigidity: correlative nano-indentation and elasticity measurement with an AFM. *Biochemistry*, 38, 11755-11761.
- Park, J. H., & Choi, J. S. (2003). The Study Of Heat Treatment Effect Before Using Ample on the Permanent Waving in Heavy Damaged Coloring Hair. *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, 9(3), 88-95.
- Researchandmarkets (2020). Global Hair Dryer Market 2020-2024. TechNavio (Infiniti Research Ltd.) <https://www.researchandmarkets.com/reports/5118673/global-hair-dryer-market-2020-2024>
- 2021.2.23
- Ruetsch, S. B., & Kamath, Y. K. (2004). Effects of thermal treatments with a curling iron on hair fiber. *J. Cosmet. Sci.*, 55, 13-27.
- Sakai, M., Nagase, S., Okada, T., Satoh, N., & Tsujii, K. (2000). A Universal Structural Model for Human Hair to Understand the Physical Properties 2. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 73, 2169-2177.
- Seong, Y.R., Kang, E. H., & Lim, S. N. (2019). Hair Bleaching and Degree of Damage by Thermal Treatment. *Textile Coloration and Finishing*, 31(3), 155-164.
- Smith, J. R., & Swift, J. A. (2002). Lamellar subcomponents of the cuticular cell membrane complex of mammalian keratin fibres show friction and hardness contrast by AFM. *Journal of Microscopy*, 206, 182-193.
- Swift, J. A. (2000). The cuticle controls bending stiffness of hair. *Journal of Cosmetic Science*, 51, 37-38.
- Takahashi, T., Hayashi, R., Okamoto, M., & Inoue, S. (2006). Morphology and properties of Asian and Caucasian hair. *J. Cosmet. Sci.*, 57, 327-338.
- Wei, G., & Bhushan, B. (2006). Nanotribological and nanomechanical characterization of human hair using a nanoscratch technique. *Ultramicroscopy* 106, 742-754.
- <https://signal.sedaily.com/NewsView/1VGQN3FY06/GD02> (Data search date 2021.01.12)
- <https://www.crodapersonalcare.com/mediaassets/files/personal-care/hair-necessities/croda-hair-necessities--hair-damage--final.pdf> (Data research date 2021.01.10)