

온풍 조건에서 수분 탈락 정도에 따른 피부 분류 및 개선 방안에 대한 연구

권오선[†] · 강현종[†] · 한승민 · 윤지선 · 조웅희 · 오주영 · 임준만 · 송영숙 · 박선규

(주) LG 생활건강 기술연구원

(2020년 6월 9일 접수, 2020년 6월 15일 수정, 2020년 6월 19일 채택)

Study on the Classification and Improvement of Dehydrated Skin under Warm Air Heating Condition

Oh Sun Kwon[†], Hyun Jong Kang[†], Seung Min Han, Ji Seon Yoon, Woong Hee Cho, Joo Young Oh, Jun Man Lim, Young Sook Song, and Sun Gwoo Park

Cosmetic Research & Development Center, LG Household & Healthcare Ltd.,
70 Magokjungang 10-ro, Gangseo-gu, Seoul 07795, Korea

(Received June 9, 2020; Revised June 15, 2020; Accepted June 19, 2020)

요약: 피부를 탄력있고 부드럽게 하는 역할은 각질층에 존재하는 수분량에 의해 좌우된다. 피부 수분량은 냉온풍, 건조환경 등 다양한 환경 변화에 의해 영향을 받음이 알려져 있으나, 개인 피부 차이에 따른 피부 수분량 변화와 회복 정도에 대해서는 많은 연구가 이루어 지지 않은 실정이다. 본 연구에서는 온풍 조건하에서 피시험자들의 피부 수분 탈락 및 회복 정도를 비교 평가하여 새로운 피부 타입을 제시하고, 온풍 조건에서 저하되는 피부 수분량을 개선 시켜주는 효능 물질을 개발하고자 하였다. 온풍 환경 조성을 위해, 건강한 피험자(남: 10 명, 여: 39 명, 25 세 - 63 세)의 전완부에 온풍(30 cm, 40 °C, 6 m/s)을 30 min 간 피부에 노출시켜, 피부 수분량의 변화를 평가하였다. 26명(남: 4 명, 여: 22 명, 평균 연령: 42.7 ± 9.4)이 온풍 노출 전에 비하여 온풍 노출 후 수분량이 유의하게 감소하며, 노출 후 30 min이 지나도 회복이 되지 않았다. 온풍 노출 후 수분량이 떨어지는 피험자(여: 10 명)를 대상으로 보수력이 높은 크림을 3 주간 전완부에 적용한 이후 동일 온풍 조건하에서 피부 수분량을 측정된 결과, 노출 30 min 후 피부 수분량이 온풍 노출 전 수준으로 회복됨을 확인하였다. 본 연구를 통하여 피부는 건조 조건에서 쉽게 수분을 잃어버리는 피부(탈수형 피부)가 존재하는 것을 확인하였다. 이는 앞으로 화장품 개발을 보습 기능뿐만 아니라, 이러한 환경변화에 따른 피부 수분이 쉽게 빠져나가는 피부(탈수형 피부)의 특성에 맞는 제품의 효능 개발이 필요함을 보여준다.

Abstract: Elasticity and softness of the skin depend on the level of moisture present in the stratum corneum, which is known to be affected by various environmental changes, such as cold and hot winds and dry environments. However, not many studies have been conducted on changes in skin moisture and the degree of recovery due to individual skin differences. In the present study, we aimed to investigate the effect of warm air heating on skin hydration levels and develop moisturizing formulas to improve lowered skin hydration levels. In order to deliver warm air heating condition, heating dryer (40 °C, 6 m/s, 30 cm apart from forearm) was applied into inner forearm of healthy subjects (male: 10, female: 39, age: 25 - 63) Among 49 subjects, 26 subjects showed significantly lowered skin hydration levels until 30 min after warm air heating exposure (lowered group). In addition, moisturizing cream with high water holding capacity was applied to forearm of 10 subjects in lowered group for 3 weeks and skin hydration levels after warm air heating were significantly improved at the levels of before application of warm air heating. From this study, we found out

[†] 주 저자 (e-mail: kos0119@lghnh.com, kkangjong@lghnh.com)
call: 02-2980-1509, 02-2980-1097

that there is a skin type that skin hydration levels are significantly decreased under warm air heating condition (dehydrated skin) and this dehydrated skin can be improved by moisturizing formulas with high water holding capacity.

Keywords: skin, hydration, heating, water holding capacity

1. 서 론

피부가 건조하게 되면 피부는 거칠어지고, 하얀 인설 등이 보이게 되며, 가려운 가려움도 동반하게 된다[1,2]. 각질층 수분함량에 따라 피부는 건조 증상이 발생되며 피부장벽기능 이상도 발생 한다[3,4]. 일반적으로 각질층은 약 30%정도의 수분을 보유하고 있으며, 건조한 피부의 경우엔 약 10% 미만의 수분을 함유하게 된다[4]. 각질층의 구조는 수분이 피부에 유입되거나 보존할 수 있게 하는 중요한 작용을 하며 장벽구조, 수분함량, 결합수, 자연보습인자(natural moisturizing factors, NMF)에 따라 외부환경에 의한 수분 박탈 정도가 달라지게된다[5-8]. 본 연구에서는 이러한 차이를 각질층에서 수분을 붙잡는 방식을 파악하여 연구하였다. 각질층에 존재하는 수분은 그 상태에 따라 3 가지로 분류할 수 있는데, 각질층에 존재하는 케라틴, 자연보습인자 등에 결합하여 있는 1차 결합수(primary bound water)와 일차 결합수와 수소결합을 이루고 있는 부분 결합수(partially bound water), 수소결합을 가지지 않고 자유롭게 이동할 수 있는 자유수(unbound water)로 분류할 수 있다[9]. 일차 결합수는 피부 각질층에 존재하는 단백질인 케라틴의 극성 부분에 단단히 결합한 상태이므로 상대습도(relative humidity), 즉 주변 환경에 의한 영향을 거의 받지 않는다[9]. 또 다른 연구에 의하면 각질층의 깊이에 따라 케라틴 단백질의 이차구조가 다르게 나타나는데, 각질층이 깊어질수록 케라틴 단백질은 병풍구조(β -sheet)로 존재하며, 각질층의 깊이가 얕을수록 케라틴 단백질은 나선구조(α -helix)로 존재한다. 병풍구조의 케라틴은 수분과 수소결합(hydrogen bonding)을 할 수 있는 친수성기가 표면에 많이 드러나기 때문에 주변의 수분을 쉽게 붙잡을 수 있지만, 나선구조의 케라틴은 상대적으로 수소결합을 할 수 있는 친수성기가 표면에 잘 드러나지 않기 때문에 수분과의 결합력이 떨어지게 된다[10]. 그러나 피부 각질층에 존재하는 자연보습인자는 각질층의 깊이가 깊어질수록 그 함량이 감소하는 경향을 보이며, 각질층의 최외각 부분에서 가장 높은 농도를 보인다. 자연보습인자는 수분과 효율적으로 결합할 수 있기 때문에 각질층의 최외각 부분의 수분

이 1차 결합수 또는 부분 결합수 상태로 유지되는 데 큰 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다[10]. 최근 에어컨과 히터 사용의 증가로 냉 온풍 조건 즉 가혹한 건조조건에 피부가 많이 노출 된다. 가혹조건에서 피부 변화를 확인한 종전의 연구에 따르면 에어컨과 히터에 90 min 이상 노출 시 피부 각질층의 수분이 감소하였고 건조한 환경(상대 습도 10% 이하)에서도 수분의 감소가 보였으며 피부결 거칠기의 증가도 관찰되었다[11]. 또한 피부 온도가 1 °C 증가 시, 경피에서 손실되는 수분 손실량이 10% 증가함도 보고된 바 있다[12]. 이렇듯 건조조건에서는 피부는 변화한다. 하지만 잠깐의 히터, 에어컨 사용에도 쉽게 건조함을 느끼는 사람이 있는 반면 장시간 노출되어도 건조함을 느끼지 못하는 사람이 존재한다[13]. 즉, 다양한 환경적 요인에 의해 피부 수분이 급격히 변화 될 수 있음이 보고되고 있지만, 개인 피부에 따른 환경 변화에 의한 피부 수분 변화와 회복의 차이에 대해서는 많은 연구가 이루어 지지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 온풍 조건 따른 피시험자들의 수분 탈락 및 회복 정도를 비교 평가하여, 새로운 피부 타입을 제시하였다. 또한, 이러한 온풍 조건하의 피부 수분량이 저하되는 피험자를 대상으로, 1차 결합수 및 부분 결합수의 비중을 효과적으로 늘일 수 있는 보수력(water holding capacity, WHC)이 높은 성분을 적용한 화장품 조성물을 설계하였으며, 이에 따른 피부 수분량의 개선 여부를 확인 하였다.

2. 실험 방법

2.1. 온풍조건에서의 피부 수분 변화에 따른 피부 타입 분류

2.1.1. 시험대상

자발적으로 참여한 25 세 ~ 58 세의 49 명의 피험자(남: 10 명, 여: 39 명, 25 ~ 63 세)로, 피부 홍반, 가려움 등을 동반하지 않는 건강한 피부를 가진 피험자를 대상으로 인체적용 시험을 실시하였다. 연구 진행은 기관윤리위원회(IRB) 심의를 거쳤으며(No. 2017-PB-0001) 모든 데이터 수집은 연구대상자의 자발적인 의사에 의해 개인정보 수집

및 활용 동의를 받은 후 진행하였다. 모든 피험자는 시험 부위를 세정 한 다음에 항온항습실 ($22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $50 \pm 5\%$)에서 20 min 동안 안정을 취한 후 시험에 참여하였다.

2.1.2. 온풍환경 조성 조건

온풍환경은 50 W 모터드라이기(APHD 2051, APLUSENC, Korea)를 이용하여 피험자 전원부를 모터드라이기로부터 30 cm 떨어진 위치에 고정시킨 후 노출풍속 6.0 m/s 온풍에서 30 min 동안 노출시켰다. 온풍환경에 노출되는 동안 피부 최고 온도가 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상으로 넘지 않도록 유지시켰다.

2.1.3. 피부 측정

온풍환경 노출 전, 30 min 노출 직후, 10 min, 20 min, 30 min 후 각질층 내 수분함량을 comeometer CM825 (Courage+Khazaka Electronic GmbH, Germany)를 이용하여 측정하였다. 매 시점마다 시험 부위의 수분량을 각각 3 회 반복하여 평가하였다. 온풍 조건에 따른 피부 수분 저하율은 (시점별 측정값 - 온풍 노출 전 측정값) / 온풍 노출 전 측정값 $\times 100$ 으로 계산되었다. 또한 각 피시험자간의 피부 특성을 비교 평가 하기 위해, 온풍 노출 전의 경피수분손실량(trans-epidermal water loss, TEWL)을 Tewameter (Courage + Khazaka Electronic GmbH, Germany)를 이용하여 측정하였다.

2.2. 수분 저하형 피부 타입 에서 보습 크림 사용에 따른 피부 수분 회복력 평가

2.2.1. 시험1: 대표 보습 화장품 제품 적용에 따른 피부 수분 회복력 평가

온풍 노출 시 피부 수분이 저하되는 수분 저하형 피부 타입 피험자 중 남녀 구분 없이 화장품을 꾸준히 사용할 의향이 있는 피험자를 선별하여 여성 16 명($40 \sim 63$ 세)을 대상으로, A 제품 : 글리세린 12%, B 제품 : water bursting 효과 폴리머 매트릭스, C제품: 지질 액정 구조체)를 피험자 전원부에 3 주 동안 도포 하여 온풍 환경 노출 전, 30 min 노출 직후, 10 min, 20 min, 30 min 후 시점마다 수분량을 측정하여 피부 수분량 회복 정도를 평가하였다.

2.2.2. 시험2: 보수력(Water Holding Capacity, WHC)이 높은 제형 설계 및 피부 수분 회복력 평가

2.2.2.1. 제품 수분 활성도 측정

보수력이 높은 제품을 설계하기 위하여, 각 제형의 수분

활성도(water activity, a_w)를 Aqua Lab Pre (Meter Group, USA)을 이용하여 측정하였다. 수분 활성도는 수분 가용성을 의미하며, 순수한 물의 수증기압에 대한 용액의 수증기압 비율로 나타낼 수 있다. P: 용액 수증기압, P0: 순수한 물 수증기압, a_w 는 0 에서 1 사이로 표시되며 수분 가용성이 증가할수록 높은 값을 가진다. 수분 활성도는 소량의 샘플을 밀폐된 용기에 넣고 측정하며, 샘플 및 샘플 컵, 센서 자체의 온도가 원하는 온도($25 \text{ }^\circ\text{C}$)와 같아질 때까지 기다렸다가 수증기압을 측정하였다. 대조 크림, WHC 효능물질 (Trehalose 2%/ Sorbitol 1%/ Sodium PCA 0.25%/ Propanediol 7%)을 적용한 젤 크림 2 개 시료에 대하여 a_w 를 측정하였다.

2.2.2.2. 보수력(WHC)이 높은 크림 도포에 따른 피부 수분 회복력 평가

온풍 노출에 의하여 피부 수분이 저하되는 수분 저하형 그룹의 피험자 여성 10 명 ($25 \sim 57$ 세)을 대상으로, WHC 효능물질 적용 크림을 3 주간 전원부에 도포 하여, 온풍 환경 노출 전, 직후, 10 min, 20 min, 30 min 후 시점마다 수분량을 측정하여 피부 수분량의 회복 정도를 평가 하였다.

2.3. 통계처리

실험결과는 평균값과 표준오차로 나타내었으며, Student's *t*-test법을 이용하여 *p*-value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 온풍조건에서 수분 탈락 정도에 따른 피부 분류

온풍 조건 적용 전에 대비, 적용 30 min 후까지 피부 수분 수치가 유의적으로 떨어지는 피험자가 있음을 확인하였으며 이를 기준으로 수분 저하형 피부와 수분 유지형 피부로 분류하였다. 즉, 온풍 노출전 과 노출 30 min 후 간의 피부 수분량에 통계적 유의차가 없는 피시험자는 수분 유지형으로, 통계적 유의차가 있는 피시험자는 수분 저하형으로 각각 분류하였다(Figure 1A). 수분 저하형 피부는 26 명(남: 4 명, 여: 22 명, 평균 연령: 42.7 ± 9.4) 수분 유지형 피부는 23 명(남: 6 명, 여: 17 명, 평균연령: 42.2 ± 11.1)으로 분류되었다. 또한, 두 그룹간의 온풍 적용에 따른 피부 수분 저하율을 비교한 결과, 수분 저하형 그룹은 수분 유지형 그룹에 비하여 온풍 노출 30 min 후까지 수분

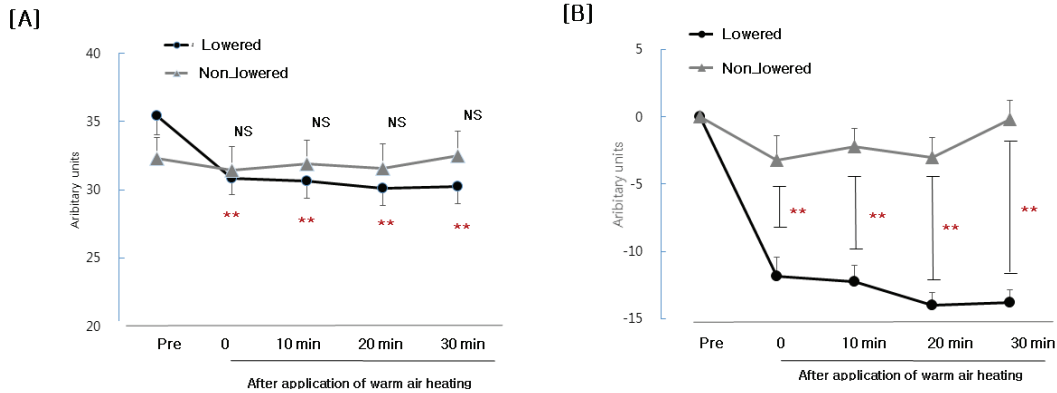


Figure 1. Time-course fluctuation of skin hydration level under warm air heating condition (N = 49). The rates of decreased skin hydration levels were compared between lowered group and non lowered group B. Each value represents the mean ± SE. (NS; no significant difference, ** $p < 0.01$).

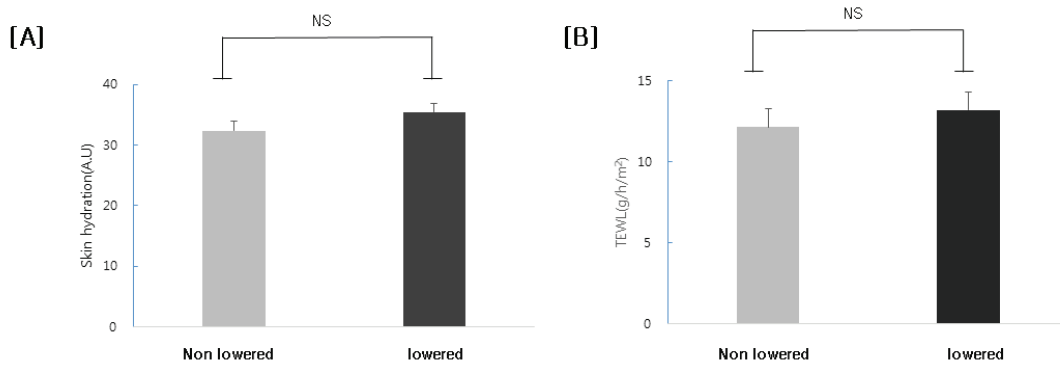


Figure 2. The comparisons of skin hydration (A) and TEWL (B) levels between non lowered group and lowered group before application of warm air heating (N = 20/group). Each value represents the mean ± SE. (NS; no significant difference)

저하율이 유의하게 높았다(Figure 1B). 두 그룹간의 피부 특성 차이를 확인하기 위하여 각 그룹의 온풍 노출 전의 피부 수분량, TEWL 수치를 비교 평가하였다. 그 결과 피부 수분량, TEWL 수치 모두 수분 저하형과 수분 유지형 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다(Figure 2). 따라서 수분 저하형으로 분류된 피험자들은 단순히 건조한 피부이기 보다는, 동일 온풍 조건하에서 피부 수분이 쉽게 방출되며 회복이 느린 피부형이며 이러한 피부형을 탈수형 피부(dehydrated skin)로 제시 하고자 한다.

3.2. 수분 저하형 피부에 대한 보습 화장품 제품 적용

수분 저하형 피부에 대한 개선 방안을 찾기 위해 보습과 관련하여 높은 효과를 보이는 제형기술을 처방한 제품 3 가지로 적용하여 평가하였다. A제품: 보수력이 높은 글리세린 12% 함유, B제품: 즉각적인 수분 공급 효과인

water bursting 효과 폴리머 매트릭스, C제품: 피부 외각층 묘사체인 지질 액정 구조체의 기술을 적용한 각각의 제품을 수분 저하형 피부로 분류된 16 명의 피시험자에게 3 주 간 피부에 적용하였고 이후 동일한 온풍 조건하에, 피부 수분 수치 변화를 비교 평가 하였다. 그 결과 무도포 부위는 온풍 노출 30 min 후까지 피부 수분 수치가 유의하게 저하되는 반면, A제품은 온풍 노출 20 min 후, B제품은 온풍 노출 30 min 후, C제품은 온풍 노출 30 min 후에 온풍 노출 전 수분 수치 정도로 회복 되었다(Figure 3A - D).

3.3. 수분 저하형 피부에서 보수력(WHC) 효과가 높은 제형 설계 및 인체효능효과

3 가지 제품 중 보수력이 높은 A제품에서 수분 저하형 피부의 수분 회복이 가장 빠르게(온풍 노출 20 min 후) 관찰되는 결과를 바탕으로 보수력이 좋은 제품이 수분 저하

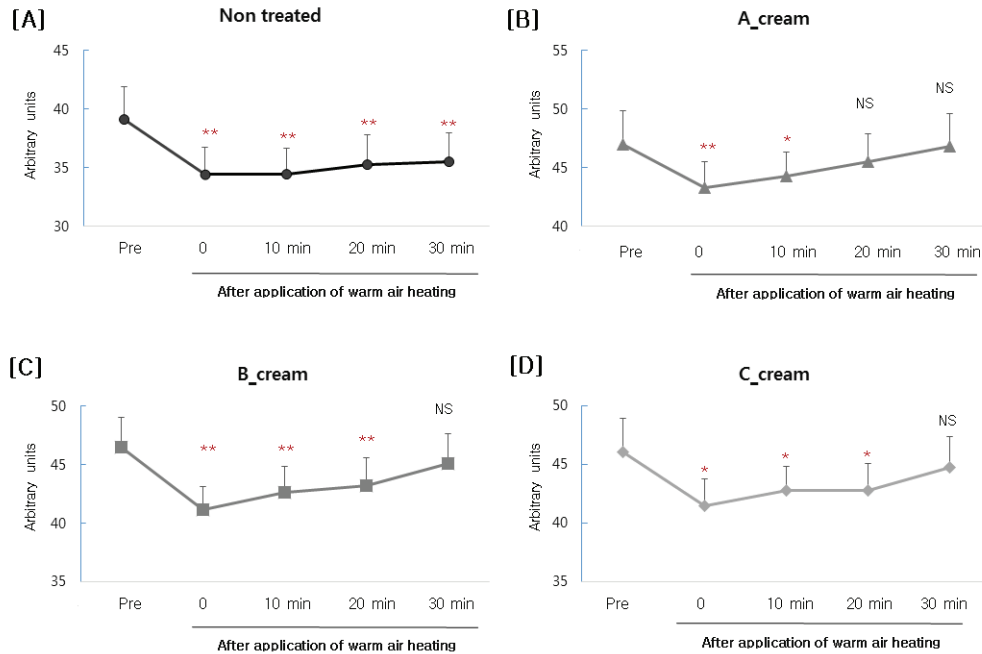


Figure 3. Time-course fluctuation of skin hydration level under warm air heating condition after application of moisturizing cream for 3 weeks (N = 16). Each value represents the mean ± SE. (NS; no significant difference, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

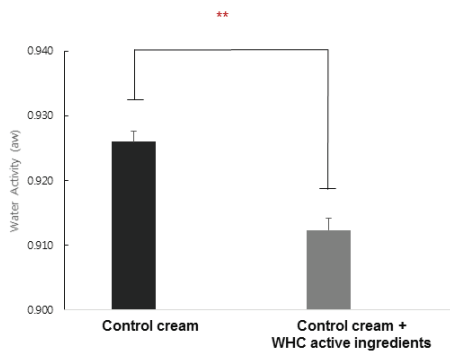


Figure 4. Analysis of water activity (a_w) in three moisturizing cream (control cream, control cream + WHC active ingredients (A cream)). Each value represents the mean ± SD. (NS; no significant difference, ** $p < 0.01$)

형 피부 회복에 효과적이라 판단되었다. 따라서 수분 저하형 피부를 개선하기 위한 방법으로 1차 결합수 및 부분 결합수의 비중을 효과적으로 높일 수 있는 보수력(WHC)이 높은 성분을 적용한 화장품 조성물을 설계하였다. 수분 젤 크림 제형에 보수력이 뛰어나다고 알려진 Trehalose, Sorbitol, Sodium PCA, Propanediol를 적용하여 수분 활성도 (a_w)를 측정된 결과, WHC (Trehalose 2%/ Sorbitol 1%/ Sodium PCA 0.25%/ Propanediol 7%)을 포함한 제형이 대조

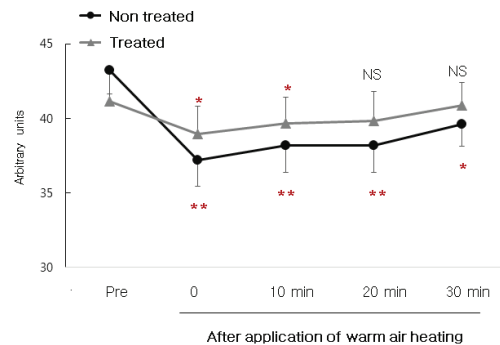


Figure 5. Time-course fluctuation of skin hydration levels under warm air heating condition after application of WHC cream for 3 weeks (N = 10). Each value represents the mean ± SE. (NS; no significant difference, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

군 대비 a_w 가 감소하는 것을 확인되어, WHC 효능성분을 포함한 크림, 대조크림에 비하여 보수력이 증가하였음을 시사한다(Figure 4). 측정된 a_w 값을 바탕으로 WHC 효능성분을 포함한 제형이 수분 저하형 피부 개선에 도움을 줄 것이라 판단하고 실제 수분 저하형으로 분류된 피시험자 전완부에 3 주간 제품을 도포하여, 온풍 적용 후 수분 수치 변화를 평가 하였다. 그 결과 무도포 부위는 온풍 노출 30 min 후까지 피부 수분 수치가 유의하게 저하되는 반면,

시험 제품을 적용한 부위는 온풍 노출 20 min 후에, 노출 전 수분 수치 정도로 회복 되었다(Figure 5).

4. 결 론

본 연구에서는 건조 유발 조건(온풍 환경)에서 피부 수분이 유의적으로 저하되며 회복이 느린 피부가 존재함을 확인 하였다. 온풍 노출 전의 피부 수분량, TEWL 수치에서 그룹 간 유의차는 보이지 않았으므로, 이는 단순히 건조한 피부가 아니라, 건조 유발조건에서 쉽게 수분이 탈락되는 피부 타입(탈수형 피부)일 가능성이 시사된다. 본 연구에서 설정한 건조 유발 온풍 조건에서, 탈수형 피부는 53%정도 비율로 분류가 되었으며 이는 2 명당 1 명꼴로 건조 유발 환경에 민감한 피부를 지닌 것으로 알 수 있는 결과이다. 따라서 단순히 건조 피부를 위한 보습 제품 개발뿐만 아니라, 건조 환경에서 쉽게 수분이 빠져나가는 탈수형 피부를 위한 제품 개발 또한 필요함이 시사된다. 실제로 본 연구에서 평가한 결과, 보습 제품들 중에서도 보수력이 높은 효능 성분을 많이 함유된 제품이 탈수형 피부의 저하된 피부 수분량 회복에 효과적이었으며, 이는 피부의 자연보습인자 역할을 대신해줄 수 있는 보수력이 높은 효능 성분이 건조 유발 환경에서 수분 탈락을 방어 할 수 있음이 시사된다. 향후 건조 유발형 피부인 사람들에게 보수력이 높은 효능 성분을 적용하였을 때, 실제 피부 각질층 최외각 부분의 자연보습인자 함량 변화를 분석해 본다면 보수력이 높은 효능 성분이 탈수형 피부의 저하되는 피부 수분량 개선에 어떻게 작용하는지 명확하게 규명할 수 있을 것으로 기대된다.

Reference

1. D. Rudikoff, The effect of dryness on the skin, *Clin. Dermatol.*, **16**(1), 99 (1998).
2. M. E. Chernosky, Clinical aspects of dry skin, *J Soc Cosmet Chem.*, **27**, 356 (1976).
3. A. V. Rawlings and P. J. Matts, Stratum corneum moisturization at the molecular level: an update in relation to the dry skin cycle, *J. Invest. Dermatol.*, **124**(6), 1099 (2005).
4. R. R. Warner and N. A. Lilly, Bioengineering of the skin: Water & the stratum corneum - Correlation of water content with ultrastructure in the stratum corneum, eds. P. Elsner, E. Berardesca and H. I. Maibach, *CRC Press Inc.* **3** (1994).
5. S. Purnamawati, N. Indrastuti, R. Danarti, and T. Saefudin, The role of moisturizers in addressing various kinds of dermatitis: A review, *Clin Med Res*, **15**(3-4), 75 (2017).
6. K. C. Madison, Barrier function of the skin: "La raison d'être" of the epidermis, *J. Invest. Dermatol.*, **121**(2), (2003).
7. M. Loden, The clinical benefit of moisturizers, *J Eur Acad Dermatol Venereol*, **19**(6), 672 (2005).
8. M. Loden, Role of topical emollients and moisturizers in the treatment of dry skin barrier disorders, *Am J Clin Dermatol*, **4**(11), 771 (2003).
9. M. Egawa, M. Oguri, T. Kuwahara and M. Takahashi, Effect of exposure of human skin to a dry environment, *Skin Res Technol.*, **8**(4), 212 (2002).
10. H. Kobayashi and H. Tagami, Distinct locational differences observable in biophysical functions of the facial skin: with special emphasis on the poor functional properties of the stratum corneum of the perioral region, *Int J Cosmet Sci*, **26**(2), 91 (2004).
11. H. Tagami and Y. Kanamaru, Water sorption-desorption test of the skin *in vivo* for functional assessment of the stratum corneum, *J. Invest. Dermatol.*, **78**(5), 425 (1982).
12. R. Vyumvuhore, A. Tfayli, K. Biniek, H. Duplan, A. Delalleau, M. Manfait, R. Dauskardt, and A. Baillet-Guffroy, The relationship between water loss, mechanical stress, and molecular structure of human stratum corneum *ex vivo*, *J Biophotonics*, **8**(3), 217 (2015).
13. C. S. Choe, J. Schleusener, J. Lademann, and M. E. Darwin, Keratin-water-NMF interaction as a three layer model in the human stratum corneum using *in vivo* confocal Raman microscopy, *Sci Rep*, **7**(1), 159 (2017).