

각질층 환경변화에 따른 얼굴과 하박내측 피부의 탄력 특성 비교연구

장 민 열[†]

서원대학교 화장품학부, 글로벌피부임상센터
(2018년 11월 15일 접수, 2018년 12월 3일 수정, 2018년 12월 12일 채택)

Study on Skin Elasticity Property between Face and Forearm according to the Environmental Change of Stratum Corneum

Minyoul Chang[†]

Division of Cosmetics, Seowon University, Global Skin Research Center, 377-3 Musimseoro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 28674, Korea

(Received November 15, 2018; Revised December 3, 2018; Accepted December 12; 2018)

요약: 피부의 탄성은 주로 콜라겐, 탄력섬유 등이 풍부한 진피의 영향을 받는다. 하지만, 피부의 가장 바깥층인 각질층의 변화가 피부의 기계적인 특성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해선 아직 명확하게 밝혀지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 새롭게 디자인한 시험방법을 통해 피부 깊이별 탄성 특성과 수화과정을 통한 각질층 변화가 피부 탄성 특성에 어떻게 영향을 주는지를 알아보았다. 또한 이 방법을 이용해 얼굴피부와 하박내측 피부의 특성을 비교 평가하였다. 25-40세 연령의 건강한 성인 10명을 대상으로, 피부 깊이별 탄성 특성을 연구하기 위해 Cutometer[®]의 음압을 다양하게 설정하여 얼굴피부와 하박내측 피부의 탄성 특성을 측정하여 비교 평가하였다. 음압은 100, 200, 300, 450 mbar로 구분하여 측정하였다. 또한 충분한 수화과정을 통해 각질층의 변화를 유도하고, 다양한 음압 조건에서 피부 탄성 특성을 측정하였다. 그 결과, 음압 조건을 달리함에 따라 피부 깊이에 따른 탄성 특성 측정이 가능함을 확인하였다. 그리고 하박내측 피부의 R7 값은 모든 음압조건에서 얼굴피부보다 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$). 또한 수화과정에 의한 각질층의 변화는 피부탄성 특성에 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 특히 얼굴피부의 R7 값은 300 mbar 음압조건에서 수화전 상태의 피부에 비해 통계적으로 유의하게 변화하였다($p < 0.05$). 그리고 전체적으로 얼굴피부가 하박내측 피부보다 수화과정에 더 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 다양한 음압조건과 피부 수화 과정을 활용한다면, 각질층 및 표피층의 변화를 고려한 피부탄력특성을 평가할 수 있는 유용한 시험법이 될 것으로 사료된다.

Abstract: Skin elasticity has been known to be influenced by the change of dermal components such as collagen, elastic fiber, and glycosaminoglycans. However, it is unclear whether the uppermost epidermis may affect the mechanical characteristics of elasticity. In present study we tried to find the role of stratum corneum when determining the elastic property under skin bioengineering measurement with Cutometer[®]. A total of 10 healthy volunteers aged 25-40 years were investigated by the parameters reflecting the skin elasticity from face and volar forearm. Within various ranges of suction pressure, R0 (=Uf), R7 (=Ur/Uf) and R8 (=Ua) were obtained to explore the depth-associated elasticity. In addition, these parameters were re-measured after the skin was fully hydrated. As results, we found that the measurement of depth-associated elasticity was possible as using various suction pressure. And the R7 parameter was significantly lower from face

[†] 주 저자 (e-mail: mychang195@gmail.com)
call: 043)299-8495

than those from forearm in before hydration ($p < 0.05$). Also, we found that the hydration of stratum corneum could affect skin elasticity. Especially, the R7 parameter at 300 mbar suction pressure of face skin showed significantly increased values than that of before hydration ($p < 0.05$). Interestingly, measured data from the face before and after hydration manifested relatively higher variation than from the forearm. These results suggest that it is possible to evaluate the skin elasticity considering the changes of stratum corneum and epidermis by using various suction pressure and skin hydration.

Keywords: skin elasticity, stratum corneum, skin hydration, Cutometer[®], suction pressure, face skin, forearm skin

1. 서 론

나이에 따른 피부의 형태학적 변화는 주로 피부를 구성하는 표피와 진피 및 피하지방의 변화가 동반된다. 그런데 표피층에 나타나는 변화는 점진적으로 일어나는 경미한 변화이나 노화에 따라 두드러진 차이를 보이는 것은 피부의 두께와 특히 진피층에서 볼 수 있는 탄력성의 변화라고 한다[1,2]. 잘 알려진 피부 노화의 주요 현상으로는 주름형성, 피부면역능 저하, 피부 장벽 기능 저하, 상처치유능 저하, 그리고 피부건조 등이 있다[3-7]. 또한 피부 탄력 저하도 잘 알려져 있는 현상 중 하나인데, 이는 피부 콜라겐 및 탄력섬유의 변성과 퇴화가 주요 원인으로 작용한다고 밝혀지고 있다[8]. 더 나아가 탄력섬유의 구조적 및 조성적 변화는 광노화에 의한 탄력섬유증(solar elastosis)과도 관련되어 있다고 알려져 있다[9]. 따라서 피부탄력은 피부노화와 관련된 미학적 관점에서 뿐만 아니라 피부 건강 관점에서도 중요한 피부특성이라고 할 수 있다. 또한, 피부의 기계적 특성(mechanical properties of skin)도 이러한 노화현상에 따른 표피, 진피, 피하지방층의 두께와 속성의 변화에 기인한다고 할 수 있다[4,10].

비침습적 피부 측정기기(noninvasive methods)의 발달은 많은 피부특성 연구를 가능하게 하였다. *In vivo* Raman microscope에 의해 표피층의 수분분포도(water content profile)가 알려지게 되었고, 그 이후 외부에서 피부에 물을 공급할 때 피부의 어느 깊이까지 피부 수분량이 변화될 수 있는지의 실험이 진행되었고, 그 결과 각질층의 일부분만 그 영향을 받는다는 사실이 연구되었다[11-14]. 즉, 외부환경에 의해 쉽게 영향을 받고 있는 곳이 각질층임을 알 수 있다. 하지만, 이러한 수화과정에 의한 각질층의 변화가 피부 탄력에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 아직 연구된 바 없다.

피부의 탄력 특성을 평가하기 위한 많은 방법이 개발

되었는데, 비틀림 자극(torsional power)에 대해 회복되는 정도를 측정하는 dermal torque meter[®] (Diastron, UK), 음압 자극(suction pressure)에 대해 회복되는 정도를 측정하는 Cutometer[®] (Courage and Khazaka, Germany)와 Dermaflex (Cortex Technology, Denmark) 등이 있다.

본 연구는 피부 탄력이 각질층을 포함한 표피층의 변화에도 영향을 받을 수 있다는 가정하에, 각질층을 포함함 표피층의 변화를 고려한 피부탄성 측정법 가능성을 확인하고자 하였다. Cutometer[®]의 음압조건을 다양하게 하고, 피부 수화(hydration) 조건을 이용하여 얼굴피부와 하박내측 피부의 탄성 특성을 비교 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 피험자

총 10명의 건강한 성인(25-40세, 평균 나이 30.9 ± 4.18세)을 대상으로, 얼굴(cheek)과 하박내측(inner forearm) 부위를 선정하여 시험을 진행하였다. 이 연구에 대하여 참여의사 확인서를 받은 후, 서원대학교 내 임상윤리심의위원회(IRB, institutional review board)의 허가를 득하여 수행하였다.

2.2. 시험 방법

얼굴부위와 하박내측의 피부 탄력을 비교 평가하기 위해 새로운 시험방법을 디자인하여 진행하였다. 첫째, 피부탄력 측정기기인 Cutometer[®] SEM 575 (Courage and Khazaka, Germany)의 음압(suction pressure)을 다양한 조건으로 조정하여 음압 변화에 따른 피부탄력 변화를 비교 측정하였다. Cutometer[®]의 음압은 100 mbar, 200 mbar, 300 mbar, 450 mbar로 정하여 진행하였다. 둘째, 동일한 측정 부위의 피부를 충분히 수화(hydration)한 후 얼굴 부위의 피부와 하박내측 피부 부위의 피부탄력 변화를 비교 측정하였다. 측정은

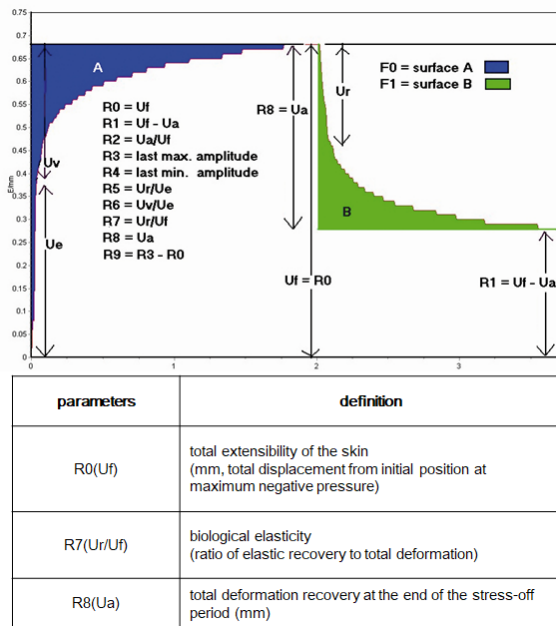


Figure 1. Example of a skin deformation curve obtained with a Cutometer[®].

첫 번째 방법과 동일한 조건에서 수행하였다.

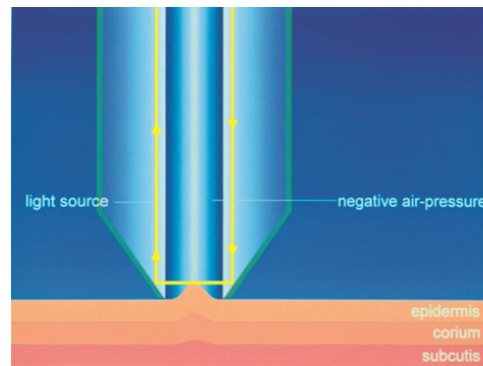
측정방법으로는 얼굴부위와 하박내측 부위를 정한 후, 100 mbar 음압으로 측정 후, 이어서 200 mbar, 300 mbar, 450 mbar로 Cutometer[®]의 음압을 올리면서 동일한 부위에서의 피부탄력을 측정하였다. 이후, 물을 적신 거즈를 측정을 진행했던 동일한 부위 위에 10 min 동안 올려놓아 피부의 충분한 수화과정(hydration)을 시킨 후[13], 위와 동일한 방법으로 얼굴부위와 하박내측 부위의 피부 탄력 변화를 측정하였다. 얼굴 부위 피부와 하박내측 부위 피부의 탄력 특성 변화를 비교평가 하기 위해 변화차이값(Δ)을 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{변화차이값}(\Delta) = \text{after hydration 측정값} - \text{before hydration 측정값}$$

모든 시험은 항온항습 조건이 유지되는 실험실(24 ± 1 °C, 50 ± 5% relative humidity)에서 진행되었다.

2.3. 피부 탄력 측정

피부 탄력은 Cutometer[®] SEM 575 (Courage and Khazaka, Germany)를 이용하여 측정하였다. 측정에 사용된 probe는 직경 2 mm의 것을 이용하였다. 이 기기



suction pressure	100 mbar	200 mbar	300 mbar	450 mbar
Supposed skin depth	Stratum corneum ~ upper/middle layer of epidermis	Stratum corneum ~ upper layer of dermis	Stratum corneum ~ dermis	Stratum corneum ~ dermis and subcutaneous

Figure 2. Supposed skin depth that may be effected by various suction pressure of a Cutometer[®].

는 음압(suction pressure)에 의해 변형된 피부가 원상태로 돌아가는 정도를 측정하는 기기로, 여러 가지 지표들을 통해 피부탄력을 평가한다(Figure 1). 이 지표들 중 R0 (Uf), R7 (Ur/Uf), R8 (Ua) 지표를 이용하여 비교 평가하였다.

Cutometer[®]는 음압(suction pressure)이 450 mbar로 세팅되어 있다. 하지만, 이 기기는 음압을 임의로 조절할 수 있도록 프로그램 되어 있다. 이에, 음압의 세기에 따라 영향을 받는 피부의 깊이가 달라지고, 그에 따라 피부의 변형 정도도 달라지게 된다는 사실을 이용하여 음압을 100 mbar, 200 mbar, 300 mbar, 450 mbar로 세기를 조절하면서 피부 탄력 변화를 측정하는 방법을 새롭게 시도하였다. 이를 이용하여 피부의 깊이에 따른 피부 탄력의 변화를 평가하고자 하였다(Figure 2).

2.4. 통계 분석

실험 결과의 올바른 분석을 위하여, 통계적으로 유의한 차이는 95% 신뢰수준으로 paired t-test를 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 얼굴피부와 하박내측 피부의 탄성 특성 비교 결과 다양한 음압(suction pressure) 변화에 따른 피부탄성

Table 1. The Comparison of the Changes of Elastic Parameters between Forearm and Face Skin of before Hydration under Different Suction Pressure

Parameter	Measuring site	Suction pressure (mbar)			
		100	200	300	450
R0 (Uf)	forearm	0.084 ± 0.0283	0.158 ± 0.0118	0.205 ± 0.0105	0.247 ± 0.0203
	face	0.104 ± 0.0279	0.144 ± 0.0308	0.176 ± 0.0391	0.207 ± 0.0630
R7 (Ur/Uf)	forearm	0.829 ± 0.2340*	0.849 ± 0.1846*	0.767 ± 0.1104*	0.611 ± 0.0516*
	face	0.513 ± 0.1300	0.483 ± 0.0512	0.407 ± 0.0328	0.327 ± 0.0385
R8 (Ua)	forearm	0.059 ± 0.0122	0.130 ± 0.0290	0.173 ± 0.0376	0.206 ± 0.0419
	face	0.061 ± 0.0252	0.097 ± 0.0321	0.120 ± 0.0384	0.133 ± 0.0471

Each values represents mean ± SD (*: forearm vs face, R7 parameter, $p < 0.05$)

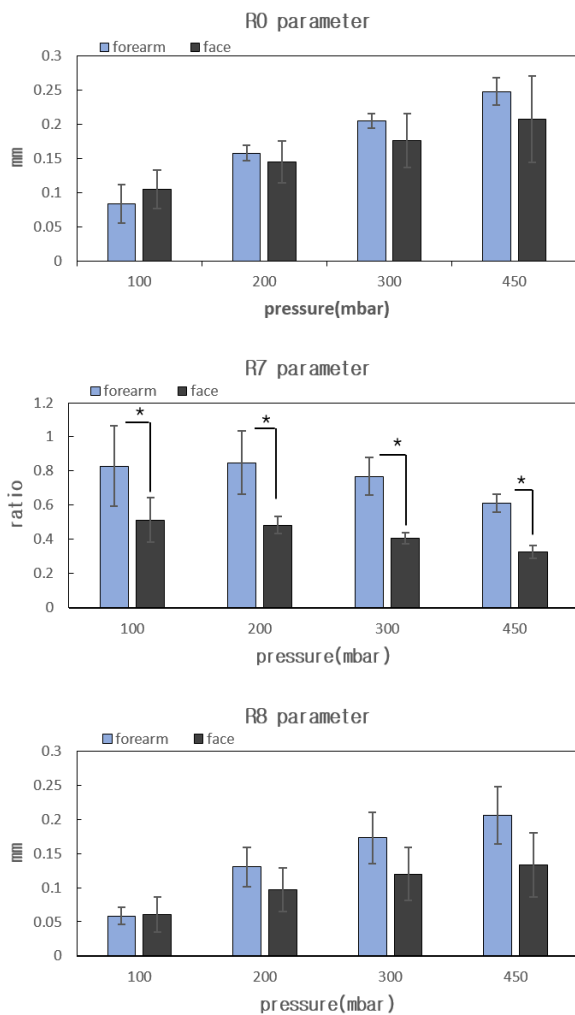


Figure 3. The graph for the changes of elastic parameter changes between forearm and face skin of before hydration under different suction pressure. Each values represents mean ± SD (* $p < 0.05$).

특성을 비교 평가한 결과는 Table 1과 Figure 3과 같다. 우선 음압(suction pressure) 변화에 따른 얼굴피부의 하박내측 피부의 반응 경향이 다를 수 있다. 하박내측 피부는 음압이 증가함에 따라 R0 parameter와 R8 parameter 값이 얼굴피부의 값보다 큰 폭으로 증가하고 있음을 확인할 수 있다. R0 parameter는 음압에 대한 피부가 변형되는 최고의 높이를 의미한다(total extensibility of the skin). R8 parameter는 변형된 피부가 회복된 정도를 의미한다(total deformation recovery at the end of the stress-off period). 음압증가에 따라 하박내측 피부의 측정값이 얼굴피부의 측정값보다 큰 폭으로 증가한다는 것은 피부의 유연성 특성에 있어서 하박내측 피부가 보다 더 뛰어난 것을 시사해 주고 있다고 할 수 있다. 즉, 하박내측 피부의 탄성 특성이 얼굴 피부의 탄성 특성보다 높은 경향을 지니고 있다고 할 수 있다. 이러한 R0 parameter 값과 R8 parameter 값의 변화 추이의 기울기 값을 이용하여 계산해 보았다(Table 3). 그 결과 R0 parameter 값의 변화추이 기울기 값에 있어서, 하박내측 피부의 경우엔 0.00046 ± 0.000125 이었고, 얼굴부위 피부의 경우엔 0.00029 ± 0.000116 이었으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 즉, 음압이 증가함에 따라 변형되는 피부의 높이가 하박내측 피부에서 더 높다는 것을 의미하며, 이는 피부 전체의 유연성과 관련이 있다고 할 수 있다. 음압변화에 따른 R8 parameter 값의 변화추이의 기울기 값에서는 하박내측 피부의 경우 0.00041 ± 0.000102 이었고, 얼굴부위 피부의 경우 0.00020 ± 0.000073 이었으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 이 또한 하박내측 피부가 회복되는 정도에서 얼굴피부보다 높다

Table 2. The Difference (Δ) of Elasticity Parameters between before and after Hydration

Parameter	Measuring site	Suction pressure (mbar)			
		100	200	300	450
R0 (Uf)	forearm	0.029 ± 0.0259	0.022 ± 0.0305	0.017 ± 0.0341	0.015 ± 0.0405
	face	0.038 ± 0.0680	0.036 ± 0.0659	0.028 ± 0.0849	0.025 ± 0.1015
R7 (Ur/Uf)	forearm	-0.072 ± 0.2507	-0.103 ± 0.1888	-0.063 ± 0.0964	-0.009 ± 0.0569
	face	0.005 ± 0.1461	0.057 ± 0.0790	0.065 ± 0.0325*	0.050 ± 0.0504
R8 (Ua)	forearm	0.032 ± 0.0363	0.021 ± 0.0619	0.015 ± 0.0583	0.019 ± 0.0538
	face	0.031 ± 0.0512	0.042 ± 0.0583	0.040 ± 0.0682	0.046 ± 0.0774

Each values represents mean ± SD (*: forearm vs face, R7 parameter, $p < 0.05$).

Table 3. The Comparison of the Trend-line Slope on each Elastic Parameter between Forearm and Face Skin

Measuring site	Parameter	Before hydration	After hydration
Forearm skin	R0 (Uf)	0.00046 ± 0.000125 ^a	0.00042 ± 0.000064
	R7 (Ur/Uf)	- 0.00066 ± 0.000619	- 0.00045 ± 0.000307
	R8 (Ua)	0.00041 ± 0.000102 ^b	0.00038 ± 0.000051
Face skin	R0 (Uf)	0.00029 ± 0.000116	0.00025 ± 0.000118
	R7 (Ur/Uf)	- 0.00055 ± 0.000398	- 0.00044 ± 0.000202
	R8 (Ua)	0.00020 ± 0.000073	0.00024 ± 0.000095

Each values represents mean ± SD (a: forearm R0 vs face R0, before hydration, $p < 0.05$, b: forearm R8 vs face R8, before hydration, $p < 0.05$).

는 것을 보여주고 있음을 의미한다. 즉 피부탄성관련 모든 값에서 하박내측 피부가 얼굴부위 피부보다 높음을 의미하고 있다. 생리적 탄력특성(biological elasticity)이라 할 수 있는 R7 parameter 값에 있어서는 하박내측의 피부 측정값이 얼굴피부 측정값보다 통계적으로 유의하게 높음을 알 수 있다. 100 mbar, 200 mbar, 300 mbar, 450 mbar의 모든 음압 조건에서 하박내측 피부의 탄성 특성은 얼굴피부보다 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$)(Table 1, Figure 3). 하지만, R7 parameter 값의 음압 증가에 대한 변화추이는 앞의 R0 parameter와 R8 parameter 값과는 달랐다. 즉, 음압이 증가할수록 R7 parameter 값은 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이는 증가된 음압에 의해 변형될 수 있는 피부의 깊이가 두꺼워지고 있음을 보여주는 간접적인 결과라고 할 수 있다. 그 결과 하박내측 피부에서는 100 mbar 음압일 때 0.829이었던 R7 parameter 값이 450 mbar 음압에서는 0.611로 감소하였고, 얼굴피부에서는 100 mbar 음압일 때 0.513이었던 R7 parameter 값이 450 mbar에서는 0.327로 감소하였다(Figure 3).

본 시험결과의 하박내측피부와 얼굴피부의 측정값 비교에서 통계적 유의성을 보여주었던 R7 parameter 값을 통해 200 mbar 이하의 낮은 음압에서도 충분히 피부 탄력 특성의 비교평가가 가능할 수 있음을 확인할 수 있었다. 특히 각질층을 포함한 피부의 표면의 변화에 민감한 화장품의 효과를 평가하기에는 현재 이용되고 있는 450 mbar의 높은 음압보다는 200 mbar 이하의 낮은 음압을 이용한 측정값이 좀 더 다양하고 넓은 해석을 할 수 있을 것이라 생각된다. 즉, 음압(suction pressure) 세기의 다양함을 통해 화장품 특성에 맞는 다양한 평가방법이 가능할 것이라 생각된다.

한국인 여성 96명을 대상으로 한 기존의 연구결과에서도 하박내측 피부의 R0, R7, R8 탄성 특성 값이 얼굴피부의 탄성 특성 값보다 높았다고 보고된 바[9], 본 시험의 결과는 이와 일치함을 알 수 있었다.

음압의 세기에 따라 영향을 받는 피부의 깊이를 객관적인 검증을 통해 알 수 없었지만, 피험자의 주관적 느낌을 바탕으로 예측해보았다. 100 mbar 음압으로 측정할 때 모든 피험자는 아무런 느낌을 받지 못했다.

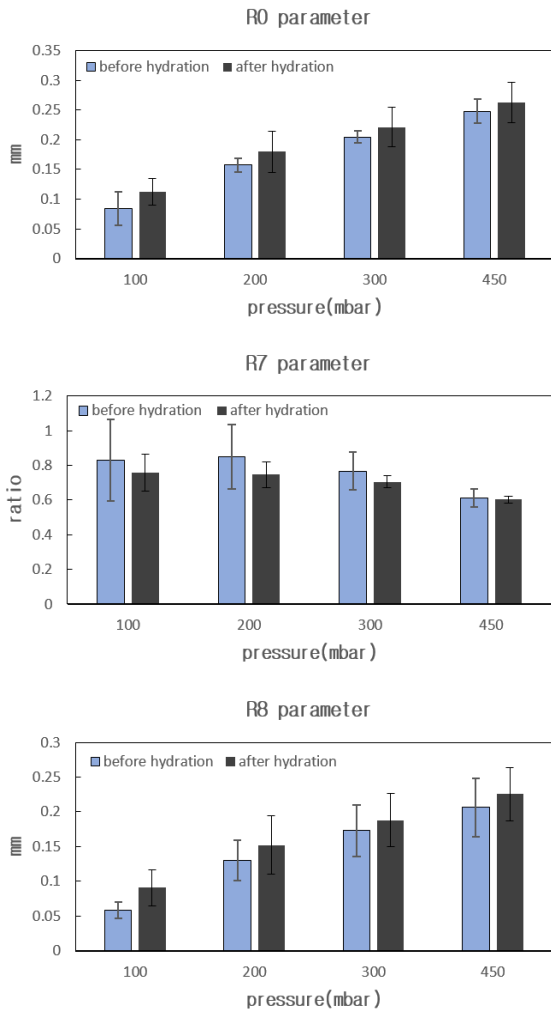


Figure 4. The graph for changes of each parameter on forearm skin after hydration. Each values represents mean \pm SD (*no significant*).

즉, 피부가 음압에 의해 당겨지고 있다는 느낌을 아무도 느끼지 못했다. 200 mbar 음압에서도 대부분 당긴다는 느낌을 인지하지 못했으나, 약 10% 정도의 피험자만이 피부가 당긴다는 느낌을 미약하게나마 느꼈다. 피부에 존재하는 신경말단이 표피의 기저층에 도달하고 있다는 사실과 피험자의 주관적 느낌을 바탕으로 Figure 2와 같이 음압에 따라 예상되는 피부의 깊이를 가정해 보았다. 이 부분에 있어서는 좀 더 깊이 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

대부분의 피부 탄력 평가는 450 mbar의 조건에서의 결과값을 이용하여 해석하고 판단하고 있다. 본 연구

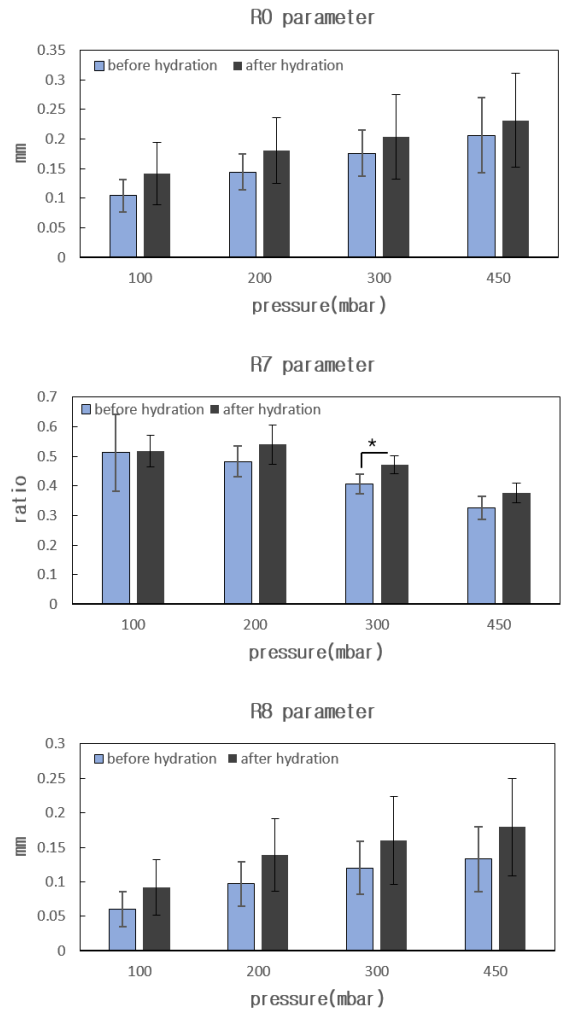


Figure 5. The graph for changes of each parameter on face skin after hydration. Each values represents mean \pm SD (before hydration vs after hydration, R7 parameter, * $p < 0.05$).

결과의 하박내측 피부와 얼굴피부의 R7 parameter 값의 차이를 통해 볼 때 450 mbar 보다는 300 mbar, 200 mbar 조건일 때 그 차이 값의 폭이 더 크게 벌어지고 있음을 확인할 수 있다. Table 2에서 보면, 450 mbar의 R7 parameter 값의 하박내측 피부와 얼굴피부 측정값의 차이(difference)는 0.059이며, 300 mbar에서는 0.128, 200 mbar에서는 0.16으로 그 차이값이 점점 증가하였다. 이러한 낮은 음압에서 증가된 차이값은 450 mbar의 고압보다 미세한 변화를 감별할 수 있는 가능성이 더 높을 수 있다고 생각할 수 있다.

3.2. 피부 수화(Hydration)에 따른 피부 탄성 특성 변화

Figure 4는 하박내측 피부의 수화(hydration)에 따른 피부 탄성 특성 변화에 대한 결과이다. 피부 수화 전과 후의 비교시 통계적으로 유의한 변화는 없었다. 이는 하박내측 피부의 각질층 장벽기능과 각질세포의 중첩(packing) 구조가 치밀함에 의한 결과라고 생각할 수 있다.

Figure 5는 얼굴부위 피부의 수화(hydration)에 따른 피부 탄성 특성 변화에 대한 결과이다. R0 parameter, R7 parameter, R8 parameter 값 모두가 피부 수화에 의해 증가하는 경향을 보여주고 있다. 특히, R7 parameter, 300 mbar 음압 조건에서 피부 수화 전 대비 수화 후의 피부 탄성 특성이 통계적으로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$). 비록 통계적 유의성은 없었지만 450 mbar 음압조건에서의 p value는 0.093이었다. 피부 수화과정에 대해 얼굴부위 피부는 하박내측 부위 피부보다 영향을 더 받는 경향인 것으로 판단된다.

Table 2는 피부 수화 전 대비 피부 수화(hydration) 후의 변화차이 값(Δ)에 대한 결과이다. R0 parameter 값과 R7 parameter 값의 변화차이 값을 보면, 얼굴부위 피부의 차이 값(Δ)이 하박내측 피부의 차이 값보다 더 큰 폭으로 변화하고 있음을 알 수 있다. 즉, 피부 수화에 대해 얼굴피부가 하박내측 피부보다 더 영향을 받고 있음을 의미한다고 판단된다. R7 parameter 값의 변화차이 값에서는, 하박내측 피부의 차이 값(Δ)은 피부 수화에 의해 더 감소하는 경향을 보여주고 있다. 즉, R7 parameter 값으로 피부 탄성을 판단했을 때, 수화과정은 하박내측 피부의 탄성을 저하시키고 있다고 생각할 수 있다. 이와는 반대로, 얼굴부위 피부의 R7 parameter 값의 변화차이 값(Δ)은 피부 수화과정에 의해 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이는 수화과정에 의해 얼굴부위 피부의 탄성이 증가하고 있다고 생각할 수 있다. 그리고, 얼굴피부와 하박내측 피부의 비교에서는, R7 parameter 값, 음압 300 mbar 조건에서 얼굴부위 피부의 변화차이 값(Δ)이 하박내측 부위 피부의 변화차이 값(Δ)보다 통계적으로 유의하게 큰 차이를 보였다($p < 0.05$). 이 결과를 통해 볼 때, 얼굴 부위 피부는 하박내측 피부보다 수화(hydration) 환경에 보다 크게 영향을 받고 있다고 생각할 수 있다.

Table 3는 음압(suction pressure) 변화에 대한 피부탄성 특성 변화값 추세선에 대한 기울기 값을 표현한 것

이다. 기울기 값의 절대 값이 클수록 음압 변화에 따라 피부의 변화폭이 큼을 의미한다. 피부 수화 전(before hydration) R0 parameter 값과 R7 parameter 값의 비교시, 하박내측 피부의 기울기 절대값이 각각 0.00046과 0.00041이고, 얼굴피부의 기울기 절대값은 각각 0.00029와 0.00020으로, 하박내측 피부의 기울기 절대값이 얼굴피부의 값보다 통계적으로 유의하게 큼을 알 수 있다($p < 0.05$). 이는 외부에서 주어지는 힘(음압 등)에 하박내측 피부가 좀 더 유연하게 반응하고 있음을 의미한다고 할 수 있다. 피부 수화 후(after hydration), 하박내측 피부의 R0 parameter 값, R7 parameter 값, R8 parameter 값의 기울기 절대값이 모두 감소하는 경향을 보여주었다. 얼굴 피부에서는 R0 parameter 값, R7 parameter 값의 기울기 절대값은 감소하는 경향을 보여주었다. 하지만, R8 parameter 값의 기울기 절대값은 반대로 증가하는 경향을 보여주었다. 얼굴피부와 하박내측 피부 간의 피부 수화 전(before hydration) 비교시에 통계적으로 유의한 차이를 보여주었던 R0 parameter 값과 R8 parameter 값의 기울기 절대값의 차이가 피부 수화후에는(after hydration) 통계적으로 유의한 차이를 볼 수 없었다. 이는 얼굴피부가 하박내측피부보다 피부 수화 과정에 좀 더 많은 영향을 받은 결과에 기인한다고 생각할 수 있다.

상기의 결과를 통해 볼 때, 피부 수화(hydration)에 따른 피부탄성 특성의 변화는 얼굴 피부가 하박내측 피부에 비해 크다고 할 수 있다. A. Boehling 등은 얼굴 피부의 세포 층수(cell layer) 및 각질층 두께가 하박내측 피부보다 작고 얇아서 수화(hydration; swelling)에 대한 영향을 더 크게 받는다고 하였다. 얼굴피부(cheek)의 각질층 두께와 세포 층수는 각각 $12.8 \pm 1.5 \mu\text{m}$, 10 ± 3 layers인 반면에 하박내측 피부는 각각 $19.5 \pm 2.8 \mu\text{m}$, 16 ± 4 layers라고 하였다[13]. 또한 대한화장품산업연구원에의 2017 국가별 피부특성은행 구축사업 보고서에서 한국인 107명을 대상으로 경피수분손실량(TEWL)을 측정했을 때, 뺨 부위의 경피수분손실량(TEWL)은 $13.86 \pm 2.45 \text{ g/m}^2\text{h}$ 이었고, 전박 부위는 $6.73 \pm 1.15 \text{ g/m}^2\text{h}$ 이었다고 보고한 바, 이는 얼굴 피부의 각질층이 하박내측 각질층보다는 얇다는 사실과 관련이 있는 현상인 것 같다. 이러한 사실로, 피부 수화(hydration)에 대해서 얼굴피부는 하박내측 피부보다 영향을 더 많이 받을 수 있을 것이라 사료되며, 그

결과로 본 시험에서도 피부 수화에 따라 얼굴 피부 탄성 특성의 변화가 좀 더 크게 나타난 것이라 할 수 있다.

피부 수화(hydration) 시간은 M. Egawa 등의 연구결과를 바탕으로[11] 물을 적신 거즈를 10 min 간 얼굴피부와 하박내측 피부에 적용하여 충분한 수화(hydration)가 진행되도록 하였다. 또한 M. Egawa 등은 water profile 특성을 근거로 각질층을 크게 upper SC, middle SC, lower SC의 3개의 층으로 구분할 수 있다고 하였다. 그리고 각질층의 upper part는 피부 수화(hydration)에 의해 매우 쉽게 영향을 받는다고 하였다. 물을 적용하는 시간(water-application time)을 늘리거나, 스팀 등 온도환경을 높이면 각질층의 물침투 깊이, 양, 유지시간이 증가한다고 하였다[11]. 따라서 본 시험결과의 얼굴피부 탄성 특성 변화차이 값(Δ)을 통해 볼 때, 얼굴피부는 피부 수화(hydration)에 하박내측 피부보다 더 민감하게 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 부위별 피부탄성 특성을 새롭게 디자인한 시험방법을 통해 비교 연구하였다. Cutometer[®]의 음압(suction pressure)을 다양한 세기로 조정하면서 얼굴피부와 하박내측 피부의 탄성 특성을 비교 평가하였다. 그 결과 하박내측 피부의 탄성 특성이 얼굴피부의 탄성 특성보다 높음을 알 수 있었다. 특히, 음압 세기에 따른 피부 깊이별 피부 탄성 특성 비교에서도 하박내측 피부의 탄성 특성이 높음을 알 수 있었다. 또한, 외부에서 주어지는 힘에 대해 하박내측 피부가 얼굴 피부에 비해 좀 더 유연하게 반응할 수 있는 특성이 있음을 알 수 있었다. 그리고 낮은 음압(suction pressure) 조건에서도 얼굴피부와 하박내측피부의 비교평가가 가능함을 알 수 있었다. 이를 통해 낮은 음압 조건에서의 피부탄력 평가와 피부 깊이를 고려한 피부탄력 평가의 가능성을 확인하였다.

또 다른 피부특성 연구를 위한 시도로 피부 수화(hydration)를 이용한 시험디자인을 통해 피부탄성 특성 변화 정도를 비교 연구하였다. 그 결과, 얼굴피부의 탄성 특성이 하박내측 피부보다 피부 수화에 따른 변화차이 값(Δ)이 더 크게 나타났으며, 이는 피부 수화에 얼굴피부가 하박내측 피부보다 좀 더 영향을 받고

있음을 의미한다고 할 수 있다.

본 시험 결과를 통해, 다양한 음압(suction pressure) 조건과 피부 수화 특성을 병행한 시험 디자인은 피부 깊이에 따른 피부특성 변화를 평가할 수 있음을 확인하였고, 좀 더 연구를 진행한다면 피부 깊이에 따른 - 각질층 및 표피층의 변화를 고려한 - 피부특성을 연구하는데 유용한 시험법이 될 것으로 사료된다. 더 나아가 각질세포(corneocyte)의 표면 특성 및 각질층의 구조 연구가 같이 이루어진다면 각질층 연구에 매우 유용한 시험법이 될 것이라 판단된다.

Reference

1. N. A. Fenske and C. W. Lober, Structural and functional changes of normal aging skin, *J. Am. Acad. Dermatol.*, **15**(4), 571 (1986).
2. L. Smith, Histopathologic characteristics and ultrastructure of aging skin, *Cutis*, **43**, 414 (1989).
3. M. A. Farage, K. W. Miller, P. Elsner, and H. I. Maibach, Structural characteristics of the aging skin: a review, *Cutan. Ocul. Toxicol.*, **26**, 343 (2007).
4. H. Sumino, S. Ichikawa, M. Abe, Y. Endo, O. Ishikawa, and M. Kurabayashi, Effects of aging, menopause, and hormone replacement therapy on forearm skin elasticity in women, *J. Am. Geriatr. Soc.*, **945**, 52 (2004).
5. J. M. Waller and H. I. Maibach, Age and skin structure and function, a quantitative approach (I): blood flow, pH, thickness, and ultrasound echogenicity, *Skin Res. Technol.*, **11**, 221 (2005).
6. J. M. Waller and H. I. Maibach, Age and skin structure and function, a quantitative approach (II): protein, glycosaminoglycan, water, and lipid content and structure, *Skin Res. Technol.*, **12**, 145 (2006).
7. J. Fore, A review of skin and the effects of aging on skin structure and function, *Ostomy Wound Manag.*, **52**, 24 (2006).
8. S. Diridollou, V. Vabre, M. Berson, L. Vaillant, D. Black, J. M. Lagarde, J. M. Gregoire, Y. Gall, and F. Patat, Skin ageing: changes of physical properties of human skin *in vivo*, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **23**, 353

- (2001).
9. H. S. Ryu, Y. H. Joo, S. O. Kim, K. C. Park, and S. W. Youn, Influence of age and regional differences on skin elasticity as measured by the Cutometer[®], *Skin Res. Technol.*, **14**, 354 (2008).
 10. J. H. Chung, Photoaging in Asians, *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.*, **19**, 109 (2003).
 11. M. Egawa and T. Kajikawa, Changes in the depth profile of water in the stratum corneum treated with water, *Skin Res. Technol.*, **15**, 242 (2009).
 12. N. Nakagawa, M. Matsumoto, and S. Sakai, *In vivo* measurement of the water content in the dermis by confocal Raman spectroscopy, *Skin Res. Technol.*, **16**, 137 (2010).
 13. A. Boehling, S. Bielfeldt, A. Himmelmann, M. Keskin, and K. P. Wilhelm, Comparison of the stratum corneum thickness measured *in vivo* with confocal Raman spectroscopy and confocal reflectance microscopy, *Skin Res. Technol.*, **20**, 50 (2014).
 14. H. Arimoto and M. Egawa, Imaging wavelength and light penetration depth for water content distribution measurement of skin, *Skin Res. Technol.*, **21**, 94 (2015).