

Moist Sebagai Mediator pada Korelasi UV *Damage* terhadap Kadar Porfirin pada Siswa SMA Kalam Kudus II Jakarta

Moist As A Mediator in The Correlation Between UV Damage and Porphyrin Levels in High School Students at Kalam Kudus II Jakarta

Gilda Gilda^{1*}, Elizabeth Novia¹, Hendsun Hendsun², Fendy Wellen¹, Yohanes Firmansyah¹, Sukmawati T Tan¹

¹Departemen Dermatologia dan Venerologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara

Jalan Letjen S. Parman St No.1, Tomang, Grogol Petamburan, Jakarta Barat, 11440

²Zhejiang Chinese Medical University

Hangzho, 548 Binwen Rd, Binjiang District, Hangzhou, Zhejiang, China, 310053

*Penulis korespondensi

Email: gildajahja@gmail.com

Received: April 4, 2024

Accepted: August 19, 2024

Abstrak

Radiasi ultraviolet (UV) memiliki sifat sebagai inisiator dan promotor tumor. UV adalah faktor risiko yang dapat dimodifikasi untuk kanker kulit dan gangguan kulit lainnya. Paparan UV yang berlebihan menyebabkan kerusakan secara fisik pada lapisan kulit dan secara kimia pada stres oksidatif. Paparan UV-A, menginduksi fotooksidatif stres, ditandai dengan meningkatkan kadar Porfirin terutama protoporfirin IX. Kandungan sebum, hidrasi yang rendah dan jumlah Porfirin yang rendah, menyebabkan meningkatnya sensitivitas kulit. Tujuan dari penelitian *cross sectional* ini adalah menguji korelasi antara *moist* sebagai mediator pada korelasi UV *damage* terhadap kadar Porfirin. Penelitian dilakukan di Sekolah Menengah Atas Kalam Kudus II Jakarta dengan total 91 responden. Kadar Porfirin dan *moist* dinilai dengan *skin analyzer* pada regio *T-zone* dan *V-zone*. Uji korelasi dengan *Pearson Correlation*. Nilai R² untuk variabel Porfirin, *moist*, dan UV *damage* adalah sebesar 0,655, 0,729, dan 0,143, secara berurutan. Variabel *moist* memiliki kemampuan prediksi relevansi yang kecil dengan nilai Q² 0,233 dan UV *damage* didapatkan memiliki kemampuan prediksi yang besar, yaitu 0,604. Dapat disimpulkan, adanya peningkatan kadar Porfirin terhadap pajanan UV, namun pada kulit dengan kadar kelembaban yang rendah akibat pajanan UV, mengalami peningkatan kadar Porfirin yang lebih bermakna.

Kata kunci: paparan UV; *moist*; Porfirin; UV *damage*; radiasi

How to Cite:

Gilda G, Novia E, Hendsun H, Wellen F, Firmansyah Y, Tan ST. Moist sebagai mediator pada korelasi UV *damage* terhadap kadar porfirin pada siswa SMA Kalam Kudus II Jakarta. *Journal of Medicine and Health*. 2024; 6(2): 31-9. DOI: <https://doi.org/10.28932/jmh.v6i2.8671>

© 2023 The Authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 

Research Article

Abstract

Ultraviolet (UV) radiation has properties as initiator and tumor promoter. UV is the most important modifiable risk factor for skin cancer and other skin disorders. Excessive UV exposure causes physical and chemical damage through oxidative stress. UV-A exposure induces photooxidative stress, characterized by increased levels of porphyrins. Low sebum content, low hydration, and low levels of porphyrins contribute to increased skin sensitivity. This cross-sectional study aimed to examine the correlation between moisture as a mediator in the correlation of UV damage to porphyrin levels. This study was done at a high school in Jakarta, which included 91 respondents. Porphyrin levels and moisture were assessed using a Skin Analyzer on the T-zone and V-zone. Correlation tests were conducted using Pearson Correlation. In this study, the R^2 values for porphyrin, moisture, and UV damage were 0.655, 0.729, and 0.143, respectively. Moisture, as a variable, had a small predictive relevance with a Q^2 value of 0.233, while UV damage had a significant predictive ability, of 0.604. In conclusion, our study has found an increase in porphyrin levels due to UV exposure. However, due to UV exposure, there is a more significant rise in porphyrin levels found in skin with low moisture levels.

Keywords: UV exposure; moist; Porphyrin; UV damage; radiation

Pendahuluan

Dampak dari paparan sinar ultraviolet (UV) terhadap kulit manusia sudah lama menjadi fokus dalam penelitian dermatologi. Radiasi UV diklasifikasikan sebagai "karsinogen lengkap" karena merupakan mutagen dan agen kerusakan non-spesifik serta memiliki sifat sebagai inisiator tumor dan promotor tumor. Paparan sinar UV yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan kulit baik secara fisik pada lapisan kulit maupun secara kimia melalui induksi stres oksidatif. Salah satu mekanisme yang berperan dalam kerusakan akibat stress oksidatif adalah produksi Porfirin dalam kulit.¹⁻³

Porfirin adalah kelompok senyawa organik yang memiliki peran utama dalam berbagai proses seperti transportasi oksigen dan fotosintesis. Terganggunya produksi dari heme, menyebabkan kondisi yang dinamakan porfiria yang ditandai lapisan kulit menjadi lebih sensitif dengan adanya paparan sinar.^{3,4} Bakteri komensal kulit, *Propionibacterium acnes*, memproduksi Porfirin yang menghasilkan fluoresen sehingga terlihat pada lampu wood. Porfirin yang dihasilkan oleh *P. acnes* dapat berperan pada reaksi inflamasi perifolikel melalui efek sitotoksik dengan menstimulasi IL-8 keratinosit.³

Paparan baik sinar UV-A dan UV-B memiliki dampak pada mikrobiota kulit. Saat *P. acnes* terpapar dengan radiasi UV, Porfirin yang dihasilkan menyerap UV dan memproduksi radikal bebas. Sebagai tambahan, oksidasi protein pada bakteri dapat menjadi penentu utama adanya reaksi bakteri terhadap radiasi.⁶⁻⁹ Studi oleh Wang dkk, menyatakan penurunan intensitas Porfirin pada paparan sinar UV dimana *P. acnes* terdeteksi, membuktikan bahwa bakteri pada wajah manusia memberikan reaksi terhadap radiasi UV.⁶ Tercatat juga bahwa fluoresen merah yang dihasilkan oleh Porfirin terdapat pada area dimana sebum disekresi, hal ini membuktikan

Research Article

bahwa fluoresen merah dipengaruhi oleh sebum, bukan hanya *P. acnes* saja. Kandungan sebum, kelembaban kulit (*moist*) yang rendah, dan penurunan intensitas Porfirin, menyebabkan peningkatan sensitivitas dari kulit.^{6,10,11}

Pajanan terhadap sinar UV kerap dialami remaja karena mereka umumnya melakukan aktivitas di luar ruangan (*outdoor*), sehingga membuat mereka beresiko terhadap terjadinya kelainan kulit akibat paparan radiasi sinar UV.^{12,13} Penelitian oleh Thieden dkk mempelajari proporsi dosis UV terhadap anak-anak, remaja, dan orang dewasa menggunakan UV *dosimeter*, mendapatkan hasil bahwa dosis UV yang diterima sebelum usia 20 tahun mencapai 25%, dengan remaja mempunyai lebih banyak hari-hari yang beresiko terpapar sinar UV.¹² Tujuan penelitian ini adalah menguji korelasi antara *moist* (kelembaban) sebagai mediator pada korelasi UV damage terhadap pelajar laki-laki berusia 15-18 tahun di Sekolah Menengah Atas (SMA) Kalam Kudus II Jakarta.

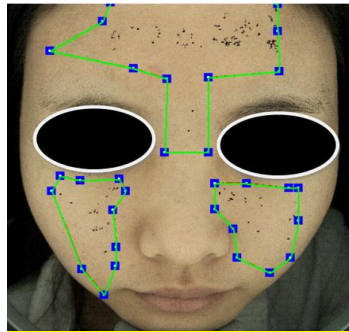
Metode

Penelitian ini merupakan penelitian *cross-sectional* yang dilaksanakan tanggal 15 Desember 2022 di SMA Kalam Kudus II Jakarta. Populasi pada penelitian ini adalah pelajar di SMA Kalam Kudus II Jakarta, sedangkan sampel pada penelitian ini adalah bagian dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah pelajar laki-laki berusia 15-18 tahun. Kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah responden yang menolak ikut serta, memiliki gangguan claustrophobia, dan tidak kooperatif. Alat yang dipakai pada penelitian ini adalah *skin analyzer* dari Langdi Inc. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh positif dari variabel bebas, yaitu *UV damage*. Objek dalam penelitian ini adalah seluruh variabel di dalam model penelitian kali ini. kadar Porfirin dipilih sebagai variabel terikat, sedangkan *moist* merupakan variabel mediasi penelitian ini. Penilaian *UV Damage*, *moist* dan Porfirin sesuai dengan regio T Zone dan V Zone serta didapatkan hasil rerata dari 3 regio yang langsung di analisa oleh *skin analyzer* dalam satuan persen (%) (Gambar 1).

Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini berupa pengujian korelasi antara tiga variabel. Penelitian ini menggunakan metode analisis multivariat. Metode analisis ini digunakan karena variabel yang diteliti adalah beberapa variabel yang diperkirakan memiliki hubungan atau korelasi. Penelitian ini menggunakan PLS-SEM karena metode ini mampu melakukan eksplanasi dan prediksi. Fungsi eksplanasi dalam analisis dilambangkan dengan *coefficient of determination* (R^2), sedangkan fungsi prediksi dilambangkan dengan Q^2 . Alasan berikutnya adalah karena dalam PLS-SEM tidak mensyaratkan input data yang terdistribusi secara normal.

Research Article

Uji korelasi yang digunakan berupa uji *Pearson Correlation* bilamana sebaran data normal, dan Spearman Rho bilamana sebaran data tidak normal. Seluruh analisis data menghasilkan nilai kekuatan berupa r (*rho*) dengan interpretasi kekuatan korelasi berupa: sangat kuat (korelasi r pada rentang 0,80-1,00), kuat (korelasi r pada rentang 0,60-0,80), cukup kuat (korelasi r berada pada rentang 0,40-0,60), lemah (korelasi r berada pada rentang 0,20-0,40), dan sangat lemah (korelasi r berada pada rentang 0,00-0,20). Apabila $Q^2 > 0,5$, maka model penelitian kali ini memiliki kemampuan prediktif yang sangat baik. Nilai $0,35 < Q^2 \leq 0,5$, maka model memiliki kemampuan prediktif yang baik. $0,2 < Q^2 \leq 0,35$, model memiliki kemampuan prediktif yang moderat. $Q^2 \leq 0,2$, dianggap bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang buruk atau tidak ada kemampuan prediktif. Selanjutnya, penentuan pengambilan keputusan hipotesis didasarkan pada nilai signifikan $p\text{-value} < 0,05$. Penelitian ini telah mendapatkan izin kaji etik dari Universitas Tarumanagara nomor PPZ20192057 tahun 2022.



Gambar 1. Regio Pengukuran Variabel Penelitian

Hasil

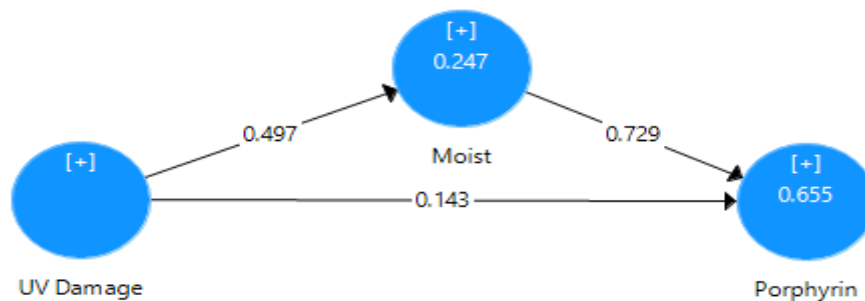
Responden adalah siswa SMA Kalam Kudus II Jakarta yang sebelumnya diminta untuk mengisi persetujuan. Jika responden bersedia dan memenuhi kriteria inklusi, responden akan diikutsertakan dalam penelitian. Berikut merupakan profil distribusi demografi dari 91 responden yang memenuhi kriteria penelitian (Tabel 1).

Tabel 1. Distribusi Demografi Responden

Parameter	Mean (SD)	Median (Min – Max)
Usia	16,02 (0,83)	16 (15 – 18)
Sistolik	125,87 (12,98)	126 (97 – 161)
Diastolik	76,46 (8,68)	75,5 (60 – 104)
Porfirin	55,55 (12,36)	55 (27 – 85)
Moist	53,71 (10,41)	55 (26 – 76)
UV Damage	29,93 (10,71)	26 (17 – 64)

Research Article

Nilai R^2 untuk variabel Porfirin adalah sebesar 0,655 dan dengan demikian memiliki kategori kuat. Variabel Porfirin sebagai variabel dependen dari model penelitian ini dapat dijelaskan sebesar 65,5% oleh variabel bebasnya, sedangkan sisanya dapat dijelaskan oleh variabel-variabel lain di luar model penelitian ini. Hal yang menjadi catatan bahwa terdapat dua jalur menuju ke nilai Porfirin, dimana nilai R^2 dari *moist* adalah sebesar 0,729 dan *UV damage* sebesar 0,143 ($p\text{-value} = 0,001$). Dengan demikian model penelitian ini dapat digunakan atau direplikasi dalam penelitian selanjutnya dengan cakupan populasi yang berbeda. Lebih lanjut, model penelitian ini juga dapat dikembangkan lagi dengan pengujian sampel yang lebih besar dan spesifik untuk membandingkan nilai R^2 dari penelitian yang menggunakan model yang sama.



Gambar 2. Korelasi antar variabel penelitian

Variabel *moist* memiliki kemampuan prediksi relevansi yang kecil mempunyai kemampuan prediksi relevansi yang kecil (*small predictive relevance*) dengan nilai Q^2 0,233 dan *UV damage* didapatkan memiliki kemampuan prediksi yang besar, yaitu 0,604.

Tabel 2. Nilai Q^2

Variabel	Q^2
<i>Moist</i>	0,233
Porfirin	0,604

Research Article

Diskusi

Pajanan terhadap radiasi sinar UV kerap dialami remaja dalam aktivitas mereka sehari-hari. Sinar UV dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan kulit. Berdasarkan panjang gelombangnya, radiasi sinar UV dapat dibedakan menjadi UVA (315–400 nm), UVB (280–315 nm), dan UVC (100–280 nm). Walaupun UVC merupakan sinar yang paling berbahaya untuk kulit, namun paparannya jarang mencapai bumi karena dihalangi oleh lapisan ozon di atmosfer. Sedangkan UVA dan UVB merupakan sinar yang tersering menyebabkan kelainan kulit, seperti *sunburn*, *photoaging*, dan kanker kulit.^{5,13,14}

Stratum korneum, yang adalah lapisan teratas dari epidermis, berperan dalam mempertahankan integritas sawar kulit, seperti memelihara kelembaban kulit, proteksi terhadap invasi mikroba dan antigen, menurunkan efek radiasi UV, serta menurunkan efek stres oksidatif. Stratum korneum memiliki kemampuan untuk mempertahankan kulit dalam keadaan fisiologis, namun pada pajanan terus-menerus terhadap kondisi berbahaya, stratum korneum dapat mengalami tekanan berlebihan dan akhirnya terjadi kerusakan integritas sawar, ditandai dengan peningkatan evaporasi air transepidermal (TEWL), sehingga kulit jadi kehilangan elastisitasnya dan menjadi kurang lembab.^{15,16}

Struktur sawar stratum korneum terdiri dari korneosit yang diikat oleh korneodesmosom dan dikelilingi oleh kompleks intraselular lipid, yaitu asam lemak bebas, kolesterol, dan seramid. Kandungan komponen lipid yang seimbang pada lapisan epidermis membantu proteksi kulit, menjaganya dalam keadaan lembab, serta mencegah terjadinya TEWL. Campuran dari molekul higroskopik yang disebut *natural moisturizing factor* (NMF), bersama dengan *highly cross-linked protein* lainnya bekerja dengan mengikat molekul air, sehingga berperan menjaga kelembaban dan memberikan elastisitas pada kulit.^{17,18}

Porfirin merupakan sebuah kelompok senyawa organik yang berperan dalam berbagai proses biosintesis seperti transportasi oksigen pada *heme* dan fotosintesis. Jika terpapar oleh sinar *ultraviolet* yang mendekati 400nm, Porfirin akan tampak berfluoresensi merah.³ Pada keadaan dimana kulit terpajan sinar UV, proses inflamasi yang dipicu oleh adanya stres oksidatif akan menginduksi proses apoptotik sel-sel kulit, sehingga integritas sawar kulit terganggu dan menyebabkan terjadinya peningkatan Porfirin.^{4,5} Porfirin yang dihasilkan akan menyerap foton dari radiasi UV, menyebabkan terbentuknya *reactive oxygen species* (ROS). Melalui proses ini, radiasi UV merusak kulit serta mempercepat proses penuaan.^{4,5,17}

Hasil penelitian studi kami mendapatkan adanya peningkatan kadar Porfirin terhadap pajanan sinar UV. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Wellen dkk, dimana studi tersebut menilai korelasi paparan sinar UV terhadap Porfirin pada anak SMA. Ditemukan bahwa paparan

Research Article

radiasi memberikan korelasi positif terhadap peningkatan kadar Porfirin dalam kulit ($r = 0,529$; $P < 0,001$). Penelitian ini mengemukakan bahwa *Propionibacterium acnes* menghasilkan produk berupa Porfirin. Jika fungsi sawar kulit rusak, kolonisasi bakteri komensal pada kulit dapat memicu respon inflamasi, sehingga menyebabkan peningkatan produksi Porfirin.^{4,5} Namun, penelitian tersebut belum membahas faktor lain yang mendukung paparan UV terhadap tingginya kadar Porfirin pada kulit.

Pada studi ini ditemukan adanya peningkatan kadar Porfirin terhadap pajanan UV, namun pada kulit dengan kadar kelembaban yang rendah akibat pajanan UV, akan mengalami peningkatan kadar Porfirin yang lebih bermakna. Hal ini mungkin terjadi karena pada keadaan pajanan UV berulang pada kulit manusia, menurunkan ikatan intraselular lipid dan korneodesmosom. Kerusakan dari korneodesmosom ini dapat merubah proses deskuamasi alami dan berpotensi menyebabkan disrupsi sawar kulit jangka panjang.¹⁶ Beberapa penelitian telah membuktikan adanya efek signifikan dari kerusakan fungsi sawar kulit dengan radiasi UV.^{14,19} Fungsi sawar kulit yang tidak adekuat karena pajanan sinar UV ini kemungkinan mengganggu difusi gradien air, sehingga kulit kehilangan kemampuannya untuk mempertahankan kadar kelembabannya.^{19,20} Sebagai tambahan, studi oleh Kim dkk, menemukan korelasi negatif antara fungsi sawar kulit (dengan pengukuran TEWL) dengan sensitivitas kulit terhadap sinar UV. Pada studi tersebut mengemukakan bahwa keadaan sawar kulit yang terganggu dapat menyebabkan kulit lebih rentan terhadap kerusakan oleh sinar UV.²¹

Disrupsi sawar kulit yang ditandai dengan alterasi pada pH, kelembaban, dan kadar sebum, dapat mengubah komposisi mikroorganisme komensal kulit. Porfirin yang merupakan produk dari respon inflamasi yang dipicu oleh perubahan komposisi mikrobiom ini juga akan mengalami peningkatan. Penelitian oleh Zhou dkk, mengenai hubungan integritas sawar epidermal dengan keberagaman dan komposisi mikrobiom kulit pada pasien dengan *acne vulgaris*, menemukan adanya peningkatan yang signifikan dari TEWL, pH, sebum, Porfirin dan *red areas* ($p < 0.05$) pada kulit pasien dengan acne dibandingkan kontrol.^{3,22} Hal tersebut mungkin dapat menjelaskan hasil penelitian kami, dimana pada responden dengan kelembaban kulit yang rendah karena pajanan sinar UV mengalami disrupsi sawar kulit, sehingga dapat terjadi alterasi komposisi mikrobiom yang akhirnya meningkatkan kadar Porfirin yang lebih bermakna.

Simpulan

Pada studi ini ditemukan adanya peningkatan kadar Porfirin terhadap pajanan UV, namun pada kulit dengan kadar kelembaban yang rendah akibat pajanan UV, akan mengalami peningkatan kadar Porfirin yang lebih bermakna, dimana nilai R^2 dari *moist* adalah sebesar 0,729

Research Article

dan *UV damage* sebesar 0,143 (p -value = 0,001). Variabel *moist* memiliki kemampuan prediksi relevansi yang kecil mempunyai kemampuan prediksi relevansi yang kecil (*small predictive relevance*) dengan nilai Q^2 0,233 dan *UV damage* didapatkan memiliki kemampuan prediksi yang besar, yaitu 0,604. Penelitian yang menjelaskan hubungan langsung antara tingkat kelembaban kulit dengan produksi Porphirin masih terbatas sehingga perlunya penelitian lebih luas dengan populasi lebih besar dan penelitian bersifat acak terkendali.

Daftar Pustaka

1. D’Orazio J, Jarrett S, Amaro-Ortiz A, Scott T. UV Radiation and the Skin. *Int J Mol Sci*. 2013;14(6):12222–48.
2. Gromkowska-Kępką KJ, Puścion-Jakubik A, Markiewicz-Żukowska R, Socha K. The impact of ultraviolet radiation on skin photoaging — review of in vitro studies. *J Cosmet Dermatol*. 2021;20(11):3427–31.
3. Shu M, Kuo S, Wang Y, Jiang Y, Liu YT, Gallo RL. Porphyrin Metabolisms in Human Skin Commensal *Propionibacterium acnes* Bacteria: Potential Application to Monitor Human Radiation Risk. *Curr Med Chem*. 2013;20(4):562–8.
4. Barnard E, Johnson T, Ngo T, Arora U, Leuterio G, McDowell A. Porphyrin Production and Regulation in Cutaneous *Propionibacteria*. D’Orazio SEF, editor. *mSphere*. 2020;5(1):079319
5. Fendy Wellen, Tan ST, Yohanes Firmansyah, Hendsun Hendsun. Correlation between Facial Skin Damage Due to UV Exposure and Facial Skin Porphyrin Level: Study on Students of SMA Kalam Kudus II Jakarta, Indonesia. *Biosci Med J Biomed Transl Res*. 2023;6(18):2948–52.
6. Wang Y, Zhu W, Shu M, Jiang Y, Gallo RL, Liu YT. The Response of Human Skin Commensal Bacteria as a Reflection of UV Radiation: UV-B Decreases Porphyrin Production. Hamblin M, editor. *PLoS One*. 2012;7(10):e47798.
7. Patwardhan S V., Richter C, Vogt A, Blume-Peytavi U, Canfield D, Kottner J. Measuring acne using Coproporphyrin III, Protoporphyrin IX, and lesion-specific inflammation: an exploratory study. *Arch Dermatol Res*. 2017;309(3):159–67.
8. Patra V, Byrne SN, Wolf P. The Skin Microbiome: Is It Affected by UV-induced Immune Suppression? *Front Microbiol*. 2016 ;7:01235
9. Bernerd F, Passeron T, Castiel I, Marionnet C. The Damaging Effects of Long UVA (UVA1) Rays: A Major Challenge to Preserve Skin Health and Integrity. *Int J Mol Sci*. 2022;23(15):8243.
10. Buchczyk DP, Klotz LO, Lang K, Fritsch C, Sies H. High efficiency of 5-aminolevulinate-photodynamic treatment using UVA irradiation. *Carcinogenesis*. 2001;22(6):879–83.
11. du Plessis J, Stefaniak A, Eloff F, John S, Agner T, Chou TC. International guidelines for the in vivo assessment of skin properties in non-clinical settings: Part 2. transepidermal water loss and skin hydration. *Skin Res Technol*. 2013;19(3):265–78.
12. Thieden E, Philipsen PA, Sandby-Møller J, Heydenreich J, Wulf HC. The proportion of lifetime UV dose received by children, teenagers, and adults based on Time-Stamped Personal Dosimetry. *J Invest Dermatol*. 2004;123(6):1147–50.
13. Green AC, Wallingford SC, McBride P. Childhood exposure to ultraviolet radiation and harmful skin effects: Epidemiological evidence. *Prog Biophys Mol Biol*. 2011;107(3):349–55.
14. Lee CH, Wu SB, Hong CH, Yu HS, Wei YH. Molecular Mechanisms of UV-Induced Apoptosis and Its Effects on Skin Residential Cells: The Implication in UV-Based Phototherapy. *Int J Mol Sci*. 2013;14(3):6414–35.
15. Rosso J Del, Zeichner J, Alexis A, Cohen D, Berson D. Understanding the Epidermal Barrier in Healthy and Compromised Skin: Clinically Relevant Information for the Dermatology Practitioner: Expert Panel Roundtable Meeting Proceedings. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2016;9(4 Suppl 1):S2–8.
16. Biniek K, Levi K, Dauskardt RH. Solar UV radiation reduces the barrier function of human skin. *Proc Natl Acad Sci*. 2012;109(42):17111–6.
17. Boireau-Adamezyk E, Baillet-Guffroy A, Stamatas GN. The stratum corneum water content and natural moisturization factor composition evolve with age and depend on the body site. *Int J Dermatol*. 2021 Jul 10;60(7):834–9.
18. Osseiran S, Cruz J Dela, Jeong S, Wang H, Fthenakis C, Evans CL. Characterizing stratum corneum structure, barrier function, and chemical content of human skin with coherent Raman scattering imaging. *Biomed Opt Express*. 2018;9(12):6425.
19. Lim SH, Kim SM, Lee YW, Ahn KJ, Choe YB. Change of biophysical properties of the skin caused by ultraviolet radiation-induced photodamage in Koreans. *Ski Res Technol*. 2008;14(1):93–102.
20. Jansen van Rensburg S, Franken A, Du Plessis JL. Measurement of transepidermal water loss, stratum corneum

Research Article

- hydration and skin surface pH in occupational settings: A review. *Ski Res Technol.* 2019;25(5):595–605.
21. Kim MA, Jung YC, Suh B, Lee HN, Kim E. Skin biophysical properties including impaired skin barrier function determine ultraviolet sensitivity. *J Cosmet Dermatol.* 2022;21(10):5066–72.
 22. Zhou L, Liu X, Li X, He X, Xiong X, Lai J. Epidermal Barrier Integrity is Associated with Both Skin Microbiome Diversity and Composition in Patients with Acne Vulgaris. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 2022; 15:2065–75.