

ラウリル硫酸ナトリウム溶液塗布によるヒト皮膚角層

ケラチン繊維の構造変化

関西学院大学大学院理工学研究科
物理学専攻 加藤研究室 吉田 浩典

人間の体を覆う皮膚は、角層細胞が何重にも重なった多層の膜で構成されており、水分蒸散量の調節や力学的外力に対する耐性など多くの働きをもっている。特に皮膚の最も外側に存在する角層は 10~30 層の扁平な角層細胞とその間を満たす細胞間脂質で構成され、これらの構造がバリア機能と大きく関係している。角層細胞の主成分はケラチンという中間径繊維を形成するタンパク質と NMF (Natural Moisturizing Factor) である。角層の X 線回折法による研究ではケラチンは 2.17 nm^{-1} と 1.04 nm^{-1} 付近にブロードな回折ピークを与えると報告されている。また細胞間脂質層では脂質分子が膜面に垂直に並んだゲル相の状態にあり、その炭化水素鎖の充填配列構造には Hexagonal 構造と Orthorhombic 構造の 2 種類の秩序相に加えて流動的な流動相が存在すると報告されているが、これらの充填配列構造の細胞間脂質における分布やバリア機能との関係には不明な点が多い。近年、経皮吸収薬剤の浸透性や経皮毒などの観点から角層とバリア機能に関する研究が数多くなされているが、その一つに荒れ肌を惹起し皮膚のバリア機能を乱すと知られているラウリル硫酸ナトリウム(Sodium lauryl sulfate;SLS)の角層に対する影響を調べた研究がある。赤外分光法などを用いた研究では SLS を皮膚へ添加すると秩序相に乱れが生じると報告されているがまだまだ不明な点が多い。そこで本実験ではミセル化した SLS 溶液をヒト皮膚に塗布することによって角層に対する影響と角層内への浸透経路について調べ、角層構造とバリア機能の関係について基礎的知見を取得すべく実験を行った。

本実験では被験者 5 名から採取した SLS 処理試料より電子線回折像を取得し、得られた強度プロファイルを SLS 処理と未処理で比較し構造の変化を解析した。その結果、SLS 塗布前後で水分蒸散量の値は大幅に変化したにもかかわらず Hexagonal 構造や Orthorhombic 構造に由来する秩序相のピークにはあまり変化が見られなかった。その一方で、SLS を塗布した角層細胞では 2.0 nm^{-1} 付近のピークが有意に低下しており、SLS が角層細胞或いは細胞間脂質の秩序相以外に対して何らかの影響を与えていることが確認できた。また細胞間脂質に対する SLS の影響を直接的に評価するために剥離した角層へ直接 SLS 溶液を滴下する実験を行った。この結果も皮膚への SLS 塗布実験と同様秩序相への影響は少なく、 2.0 nm^{-1} 付近のピークが大きく低下した。さらに SLS 溶液を皮膚に塗布した角層を昇温させ温度相転移を調べることで SLS の角層に対する影響の詳細を調べた。その結果 SLS 未処理の試料では 2.0 nm^{-1} 付近のピークが減少する傾向が見られたのに対して、SLS 処理の試料は 2.0 nm^{-1} 付近のピークが増大した。これは SLS がケラチンに対して影響を与えたことを示唆している。以上の結果より、ミセル化した SLS 分子は流動相や水の相を通り角層内を浸透しつつバリア機能を低下させ、さらに角層細胞内に侵入しケラチン繊維の構造を壊したと考えられる。