

「水＋イオン＋不飽和脂肪酸」で形成される界面が、
既知の皮膚界面とどの物性で一致するのか。

「水＋イオン＋不飽和脂肪酸」で形成される界面が、
既知の皮膚界面とどの物性で一致するのか。一致
する物性。

ここはかなり重要です。

ただし、正確に言うと、「水＋イオン＋不飽和脂肪酸」という組成そのものが既知の皮膚界面と一致する、という論文はまだ見ていません。

一方で、その組成によって形成される界面の物性の一部が、既知の皮膚表面・角質層界面が持つ物性と重なることは、かなり見えてきています。

私が文献で確認できた「一致候補」

物性	皮膚側で既知	水＋イオン＋不飽和脂肪酸側	評価
水を含む界面	皮膚表面には水＋脂質からなる hydrolipidic film が存在	水相を基盤にする	かなり近い
脂肪酸を含む界面	皮膚表面・角質層に free fatty acids が存在	不飽和脂肪酸を含む	近い
両親媒性・界面形成性	FFA は両親媒性で水との界面を形成し得る	不飽和脂肪酸が水相との界面を形成	重要な一致候補
弱酸性	皮膚表面 pH は概ね酸性	BIFC 側も弱酸性設計	一致候補
イオンを含む水相	NMF 等には Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Cl ⁻ などが存在	イオン含有水相	かなり近い
荷電・電気化学的界面	SC 脂質には荷電基・双極子があり、イオンとの相互作用がある	水＋イオン＋脂肪酸による荷電界面が想定される	非常に重要だが要測定
ラメラ／多層構造形成能	SC 脂質は ceramide・cholesterol・FFA による lamellar structure	脂肪酸＋水＋イオン系で形成するか要実測	仮説段階
水和状態	SC 脂質の水和がラメラ間の凝集・構造を左右する	水相＋FFA による水和界面	かなり重要
選択的な物質移動特性	SC は水・イオンに対する選択的バリアを持つ	BIFC 界面でも制御された透過／非透過性を仮説	要測定

特に重要なのが、皮膚表面は「油の膜」ではなく、水と脂質が共存する界面系として理解できるという点です。皮膚表面には、皮脂由来脂質と汗・環境由来の水からなる hydrolipidic film が存在し、文献ではこれを自発的なエマルションとして扱う見方もあります。

さらに、皮膚の角質層そのものも、ceramide＋cholesterol＋free fatty acids＋水による複雑な脂質界面です。脂肪酸を含む多層ラメラ構造では、水和状態がラメラ間の凝集状態を変えることも報告されています。

そして「イオン」が意外に重要です。

角質層のNMFには、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- などのイオンが含まれています。

また、角質層の脂質領域には荷電基や双極子が存在し、イオンの移動・相互作用に関係することも古くから研究されています。

さらに、FFAと弱酸性の関係もかなり直接的です。皮膚表面の酸性環境には free fatty acids が関与し、FFA 生成を阻害すると皮膚 pH 上昇とバリア異常が同時に起き、脂肪酸を戻すことで正常化した実験があります。

だから、BIFC で本当に見るべきなのは「成分一致」ではない

ここが今回の議論の核心だと思います。

皮膚の天然組成を完全コピーしているか？

ではなく、

水＋イオン＋不飽和脂肪酸によって形成された界面が、皮膚界面と共通する物性を持つか？

を見る。

例えば、

- ① 水和性
- ② 界面張力
- ③ 表面電位／ゼータ電位
- ④ イオン強度・導電率
- ⑤ pH
- ⑥ 脂肪酸の界面配向
- ⑦ 相分離・自己組織化挙動
- ⑧ ラメラ形成性
- ⑨ 水の保持・移動性
- ⑩ イオン透過・選択性

です。

ここまで測れば、

BIFC 組成 → 形成界面の物性 → 既知の皮膚界面物性

という比較ができます。

そして、もし複数の物性で一致が出れば、

「BIFC は皮膚に成分を補給するものではなく、皮膚が本来接している界面に近い物理化学的環境を外部から形成する」

という仮説が、かなり科学的な形になります。

ただし、「一致する」と言えるのは測定してからです。現時点では、文献から「一致が期待される物性」が見えてきた、という段階です。

そして実は、ここがかなり面白い。

論文が BIFC を直接証明するのではなく、既知の皮膚界面科学を基準にして、BIFC 形成界面を物性測定で照合する。

この研究設計なら、BIFC 独自の科学になってきます。