

ふりがな えがわ まりこ
氏名 江川 麻里子
学位 博士(工学)
学位記番号 新大院博(工)第184号
学位授与の日付 平成16年9月30日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 A study on the quantitative evaluation of physiological conditions of the skin
(皮膚特性の定量化に関する研究)

論文審査委員 主査 教授 宮川 道夫
副査 教授 山本 正信
副査 教授 林 豊彦
副査 教授 大河 正志

博士論文の要旨

本論文は近年目覚ましい発展を遂げた生体計測手法と解析技術を活用して皮膚生理情報の客観的評価法確立を目指した研究成果について記述したものである。具体的には、皮膚表面の性状や柔らかさなど皮膚の力学的な特性を客観的に記述するための皮膚摩擦特性評価に始まり、薬物の経皮吸収促進能力を評価するための皮膚の電気的特性評価、さらには皮膚及び皮膚付属器官として爪の状態評価法としての光学特性評価まで含み、それぞれの分析結果から皮膚および皮膚状態の客観的評価法を導いている。

理工学の知識をもとに皮膚の生理情報を精度良く取得してより客観的に評価・表現する手法を提示した本論文が皮膚科学に与えるインパクトはかなり大きく、個人の感覚的な評価・表現に頼っていた従来と比較して、皮膚科学に客観性を付与する基礎になると評価できる。さらに本研究により得られた成果は化粧品の使用効果を客観的に記述し、効率のよい経皮吸収の方法を与え、あるいはグルコースなどの皮膚内量の簡易定量精度向上にも役立つことを明らかにした。

審査結果の要旨

本論文は理工学の進歩に支えられた生体計測・解析技術を活用して皮膚の状態を様々な物理・科学的特性により客観的に記述、評価する試みの研究成果である。

論文では、まず、皮膚表面の性状や柔らかさなど、皮膚の力学的な特性と皮膚摩擦特性の関係を明らかにした。ヒト皮膚表面でのすべり摩擦測定を行い、摩擦係数と皮膚生理指標との関連性を解析した。この結果、摩擦係数は角層水分量と正の相関があること、摩擦係数の平均偏差は皮膚表面形態や皮膚粘性と関係することを明らかにした。さらに、化粧品を皮膚に塗布した後の皮膚表面摩擦特性と官能評価との関係も検討した。使用感触の異なる9種類の乳液を用いて、塗布直後、1.5時間後、4時間後、5.5時間後、7時間後の平均摩擦係数およびその平均偏差を測定、専門家パネルと一般パネルにより行なった官能評価の結果と比較検討した。この結果、摩擦係数と「しっとりさ」、「べたつき」とは正の相関が、「つるつる感」と

の間には負の相関が認められた。また、化粧品塗布直後からの摩擦係数の経時変化のパターンは、化粧品のなじみの良さに関係あることを見出した。摩擦係数とその平均偏差から「油っぽさ」と「しっとりさ」を分離して評価できることも明らかにし、皮膚表面摩擦測定により皮膚感触の定量評価が可能なことを示した。

次に、皮膚電気特性と経皮吸収機能の関係について検討した。本研究では薬物の経皮吸収能力と皮膚電気的特性の関係を明らかにした。皮膚は異物の侵入に対する障壁機能を有しており、効率的吸収のためにはこの障壁を越えて薬物を速やかに毛細血管に到達させる工夫が必要となる。本研究では外部から皮膚に電圧を印加してイオン化した薬物を電極間の電流の流れによって吸収促進させるイオン泳動法に着目、皮膚の周波数依存電気特性を高精度で測定して経皮吸収の最適条件を決定した。ブタの皮膚で測定を行った結果、複素誘電率の虚数部は40kHzで極小値を示し、皮膚では容量成分の大きいことがわかった。従って、経皮吸収に応用する場合、皮膚の位相変化を利用して分極の影響を除去できる可能性がある。実際、無処理の皮膚と角層を除去した皮膚について位相特性を測定したところ、無処理の皮膚では40kHz付近に位相角極小値が存在し、容量成分が支配的であることが示された。従って、薬剤に応じて最適な周波数を選択することにより分極作用を抑制し、効率良く薬剤を経皮吸収させることが可能である。

皮膚付属器官の一つである爪を対象として、身体疾患の症状を反映し、美容科学の観点からも大切な皮膚の状態を光学特性評価により実現する手法を検討した。光学的には軟組織の皮膚とほぼ同様の特性を持つ爪甲の水分量は爪の状態を判断する上で重要な指標の一つであるが、これまで非破壊・非侵襲で簡便に測定する方法は報告されていない。本研究では近赤外分光法を用いて、様々な湿度条件下で水分量を変化させた爪水分量の *in vivo* 定量を行った。108 サンプルの測定結果から、爪水分量が10~35 %w/w と個人差が大きいこと、爪水分量や吸水量は爪の厚さに依存しないこと、二枚爪状態においては水分量が多く、爪の割れ状態においては少ないことが明らかになった。さらに、爪中の水のピークは4種類存在することがわかり、水の状態解析の可能性も示唆された。

最後に、上述研究成果のまとめと皮膚科学における皮膚計測技術の今後の課題や方向性の関係について述べ、結論を導くとともに本研究の意義を確認した。

本論文では、皮膚および皮膚付属器官の状態を様々な物理化学的特性として測定し、定量化する手法を検討、さらに、その活用法についても検討した。摩擦特性は消費者の購買判断に重要な感触と相関があるため、外用剤の皮膚塗布時の感触評価に活用可能であり、電気特性はイオントフォーレーシスにおける最適条件の決定に利用できる。また、光学特性も水だけでなく、グルコース等、他の物質の皮膚内量を定量する際の精度向上に役立つ。

以上のように皮膚状態を客観的に記述する本論文は科学的、実用的意義が非常に大きく、博士(工学)の学術論文として、十分その価値に値すると判定された。