B106

低強度の紫外線照射がヘアレスラット皮膚の生体力学的特性に及ぼす影響

Effects of Low-power Ultraviolet Irradiation on the Biomechanics Properties of Hairless Rat Skins

○学 宮崎 祐次 (近畿大院)

学 竹田 一平 (近畿大院)

竹森 久美子 (近畿大)

伊藤 浩行 (近畿大)

正 山本 衛 (近畿大)

Yuji MIYAZAKI, Kinki University, Kinokawa, Wakayama 649-6493.

Ippei TAKEDA, Kinki University.

Kumiko TAKEMORI, Kinki University.

Hiroyuki ITO, Kinki University.

Ei YAMAMOTO, Kinki University.

Key Words: Biomechanics, Skin, Hairless rat, Tensile property, Ultraviolet irradiation

1. 緒言

皮膚は、衝撃、熱、紫外線、化学物質などの外部刺激から生体内部を保護する役割を持つ臓器である。その構造は、表層から深層にかけて、表皮、真皮、皮下組織の3つに区別することができる。この中でも真皮は、皮膚の力学的特性と深く関係している。真皮を構成する成分は、線維性基質と、その産生細胞に大別され、基質の大部分はコラーゲン線維とエラスチン線維で構成されている。これらの細胞外マトリックスの再生は、創傷治癒における組織再構築にとって極めて重要であると考えられている。

紫外線の光波長の長さは、一般に10~400nmである。200~380nmの波長をもつ紫外線を近紫外線、10~200nmの波長の紫外線を真空紫外線という。我々が普段浴びている紫外線は近紫外線であり、さらに近紫外線は波長の長さによってUV-A (315~400nm)、UV-B (280~315nm)、UV-C (280nm未満)の3つに分けられる。UV-Cは、大気圏内で吸収されるため通常地上には届かない。しかし、一部のオゾン層が破壊されている地域では、地上に届いてしまうことがあり、火傷などの皮膚障害が生じていることが報告されている。UV-Aは真皮中のコラーゲン線維やエラスチン線維を変性させることにより、皮膚の弾力性を低下させてしまうのでシワの原因になる。UV-Bは真皮への損傷をほとんど引き起こさないが皮膚の細胞を傷つける。この細胞のダメージは、炎症を引き起こし、さらにタンパク質を分解する酵素の働きを高めてしまうので、シミの原因となっている。このように紫外線が皮膚の老化を促すことを光老化といい、シワやたるみなどの原因になるとされている[1]。

本研究では、低強度の紫外線を照射したヘアレスラット背部皮膚より力学試験用試料を作製し、引張試験を実施する。これにより、皮膚の生体力学的特性に及ぼす低強度紫外線の影響に関するデータを取得した。本実験で得られる皮膚の力学的特性に関する基礎データは、紫外線による皮膚損傷の治癒メカニズムの解明や皮膚の老化防止法の開発に結び付くものと推察される。

2. 実験方法

2-1 実験試料

実験は8週齢のヘアレスラット(雄)を用いて行った。ラットの背部皮膚に光波長 320nm のハンディ型 UV ランプ (UVM-57, Funakoshi)を用いて紫外線を週に3回照射した[2]。紫外線を10週間照射し、18週齢時に皮膚試料を摘出した。また、照射の際の照射強度を 0.3mW/cm^2 とし、皮膚に対して3分間(照射線量 54mJ/cm^2)照射を行った。また、何の処置も施さず18週齢になるまで飼育したラットより、正常皮膚の試料を摘出した。紫外線を照射した皮膚をUV群、無処置の皮膚をControl群とした。これらのラットの背部皮膚よりJISダンベル状7号形の試料を作製し、力学的評価を実施した。

2-2 断面積測定

自作の生体軟組織用断面積測定装置を使用して、試験片の断面積を測定した (Fig.1)。この装置には、レーザ変位計が組み込まれており、非接触で生体軟組織の断面積を測定することが可能である。レーザを試料の表面へ照射することで試料の厚みを求め、この測定を0.1mm間隔で試料の幅全体に対して実施した。この後、得られた測定値をもとに試料の断面形状を多角形近似することで、断面積を算出した。断面積は、試料の中央及びその上下2mmの位置の合計3カ所で測定し、それらの平均値を試験片の断面積とした。

2-3 引張試験

ひずみ計測用のマーカとして、長軸方向に離れた2本の線を試料表面にニグロシンで印した。引張試験には、万能材料試験機 (EZ Test/CE, 島津製作所) を使用した (Fig.2)。ひずみの計測には、試料実質部以外で生じる変形の影響を除去するために Video dimension analyzer (C3160, 浜松ホトニクス) を使用した非接触計測を行なった。まず、プリロードとして0.01Nを作用させ、ゼロ点設定した後、引張速度 20mm/min で試料が破断するまで負荷試験を行なった。なお、皮膚組織は通常外気に曝されていることを考慮して、室温空气中で力学試験を実施した。

Fig.1 Apparatus for the measurement of cross-sectional area.

Fig.2 Schematic diagram of a tensile tester

3. 実験結果および考察

各群の応力-ひずみ線図、引張強度、破断ひずみのグラフを Fig.3~5 にそれぞれ示す。また、ひずみ領域 0-10% の範囲における応力-ひずみ線図の傾きを Fig.6 に示す。応力-ひずみ線図では、低応力領域で応力に対するひずみの増加が大きくなっており、応力が高くなるにつれてひずみの増加率が減少しているのがわかる。Control 群に比べ UV 群が各ひずみ値での応力が高値を示した。Fig.4 に示した引張強度においては、UV 群が Control 群に対して高値を示す結果となり、Fig.5 に示した破断ひずみでは UV 群が Control 群に対して有意に低値を示す結果が得られた。Fig.6 に示した傾きでは Control 群が UV 群に対して有意に低値を示す結果となった。

これらの結果から、低強度の紫外線をヘアレスラットの皮膚に照射すると、皮膚が硬くなり伸展性に悪影響を及ぼすと示唆される。皮膚へ紫外線を照射すると、真皮中に存在している線維性タンパク質であるコラーゲン線維やエラスチン線維が破壊または変性するとともに、分解酵素の働きが促進されることが報告されている[1]。このような生化学的な反応と関連して、皮膚の生体力学的特性も変化したと推察される。

今後の課題として紫外線照射時間と真皮中の線維性タンパク質の変性または破壊との関係を調べるために、紫外線の照射時間が異なる皮膚を使用し、強度試験を行なっていく予定である。これにより、紫外線が皮膚の真皮に及ぼす影響および光老化のメカニズムを明らかにするためのデータが得られると推察される。

参考文献

- [1] 須賀 康, 皮膚科医が考えるアンチエイジング - 皮膚老化の予防法と対応について -, 順天堂医学, 52, 429-436, 2006.

- [2] S. Kawada, et al., Increased oxygen tension attenuates acute ultraviolet-B-induced skin angiogenesis and wrinkle formation, American Journal of Physiology, Vol. 299, R694-R701, 2010.

Fig.3 Stress-strain curves

Fig.4 Tensile strength

Fig.5 Failure strain

Fig.6 Slope (Strain range 0-10%)