

139. 生涯遮光が必須な色素性乾皮症患者の自立と共生を支えるウェアラブル高精度紫外線分光光度計の開発

神戸大学大学院医学研究科内科系講座皮膚科学教室 助教 山野 希

概要

色素性乾皮症(以下、XP)は紫外線曝露による DNA 損傷の修復機能が欠損した遺伝性疾患であり、不適切な遮光環境下では 10 代までに露光部に皮膚癌が多発する。XP 患者の皮膚発がんを防止する方法は厳密な紫外線対策の遂行維持しかなく、時々刻々と変化する紫外線放射環境に対し、自らの紫外線対策が適切に維持されているかどうかを XP 患者の多くが評価したいと考えている。しかし、日常的に紫外線対策を講じている XP 患者の曝露紫外線強度を評価するには、超高感度の紫外線強度計が必要となる。研究用機器であっても XP 患者の紫外線対策の評価に足ると言える機器はなく、XP 患者の紫外線対策の効果判定を機器を用いて行うことは困難とされてきた。

今回の研究ではまず XP 患者の紫外線対策の変遷と、XP 患者の皮膚発がんに関する疫学を参考にしながら紫外線対策の効果判定に足る紫外線強度計の感度を推定した。その推定値を実験的に検証し、感度を満たす紫外線対策評価機器を開発につなげるため、光学系の専門家とともに試作機の開発を開始、継続中である。

背景および目的

XP は紫外線曝露による DNA 損傷の修復機能が欠損した遺伝性疾患であり、不適切な遮光環境下では 10 代までに露光部に皮膚癌が多発する。根本的な治療法は確立されておらず、厳密な紫外線対策が皮膚がん防止の唯一の方法である。家庭、学校、施設、会社など様々な場面で紫外線対策を厳密に維持することを、XP 患者とその関係者は求められる。そのため、紫外線対策の方法のみならず、紫外線対策の適不適に関するフィードバックをリアルタイムに得る方法の相談を受けることが多い。

紫外線対策を透過して皮膚に到達する紫外線強度が少ないほど、紫外線対策の効果は高い。さらに、紫外線が皮膚に与える紅斑や皮膚発がんなどの影響は、事象ごとに紫外線の各波長が与える力価が異なる。皮膚に到達した紫外線強度をひとまとめに計測するのではなく、皮膚への影響力に基づいた波長域ごとに分光計測できれば、紫外線対策効果の評価と指導が可能である。しかし、日常的に紫外線対策を講じている XP 患者の曝露紫外線強度は極めて低く、市販・研究用の紫外線計測機では測定下限以下を示すことが多い。測定下限以下の表示を紫外線曝露なしと混同し、意図しない紫外線曝露に結び付く可能性があることから、現時点では機器を用いた紫外線対策の効果判定は推奨されていない。XP 患者、家族、および XP 患者を受け入れる各施設の職員の日常的な心理負担軽減の観点から、XP 患者の紫外線対策効果をリアルタイムで評価可能な機器の作成が求められている。本課題では、XP 患者の紫外線対策効果の判定を目指した、皮膚に到達する紫外線強度測定機開発を目的とする。

経過

紫外線対策方法のうち、日焼け止めなど化粧品は汗や摩擦によりその塗布量が安定せず塗布後の経過時間による効果の変動が大きい。一方で環境や衣類の効果は安定的である。XP 患者は基本的に日焼け止め外用と環境・

衣類対策を重ねるよう指導されているため、まずは環境・衣類対策を透過して、皮膚表面に到達した紫外線強度を測定可能な機器の作成を検討した。

機器開発における課題は、XP 患者の紫外線対策評価に必要な感度が定まっていないことである。疾患特性からは感度は高いほど良いが、リアルタイム測定には精度も求められることから、XP 患者の紫外線対策効果判定に必要十分な目標を設定する必要がある。

XP 患者の疫学調査において、皮膚発がん率が約 1/7 となった 1988 年と 2016 年の紫外線対策指導を比較した¹⁾。指導内容は、1988 年は直射日光回避の推奨に留まっていたが、2016 年には日の出～日没まで日光曝露を厳重に回避するよう改良された。現在、XP 患者は日の出とともに日焼け止めの外用に重ねて紫外線防護の高い衣類を着用して外出するよう指導されているが、日の出前や日没後では防護衣類の対策は必須でないとされている。紫外線対策指導を遵守し皮膚に到達する紫外線強度を推定する上で 2 つの課題を得た。「①日の出前や日没後に紫外線放射は存在するか」と「②最も効果的な紫外線防護服の紫外線透過率ほどの程度か」である。①は気象庁の設置型分光光度計による測定・公開情報から日の出前・日没後にもごく微弱な紫外線強度が放射されていることが判明した。所持する研究用機器を用いて XP 患者用の紫外線防護服の紫外線透過率を測定したが感度限界以下であり、②は現時点で把握できていない。紫外線対策の効果判定に足る紫外線強度計の感度を実験的に検証し、定義するためには、①ないし②の測定が必要であり、其々測定可能な機器を開発している。

並行して、①日の出・日没の紫外線強度を測定可能な感度をもつ装着型の紫外線分光強度計を試作した。試作機を用いて日の出前の太陽光を計測すると、長波長側の波長域は測定可能であったが、短波長側については測定できなかった。求める感度の実現については今後追加検討が必要である。

今後の展望および課題

今回の計測は太陽光を光源として用いたため、光源強度が安定しなかった。今後は安定した光源を入手し試作機の高感度化を図ることで、XP 患者の紫外線対策効果判定に必要十分な感度を持つ機器の開発につなげていく。
(完)

引用文献

- 1) Chikako Nishigori, Eiji Nakano, Taro Masaki, Ryusuke Ono, Seiji Takeuchi, Mariko Tsujimoto, Takehiro Ueda, Characteristics of Xeroderma Pigmentosum in Japan: Lessons From Two Clinical Surveys and Measures for Patient Care Photochem Photobiol. 2019 Jan;95(1):140-153.