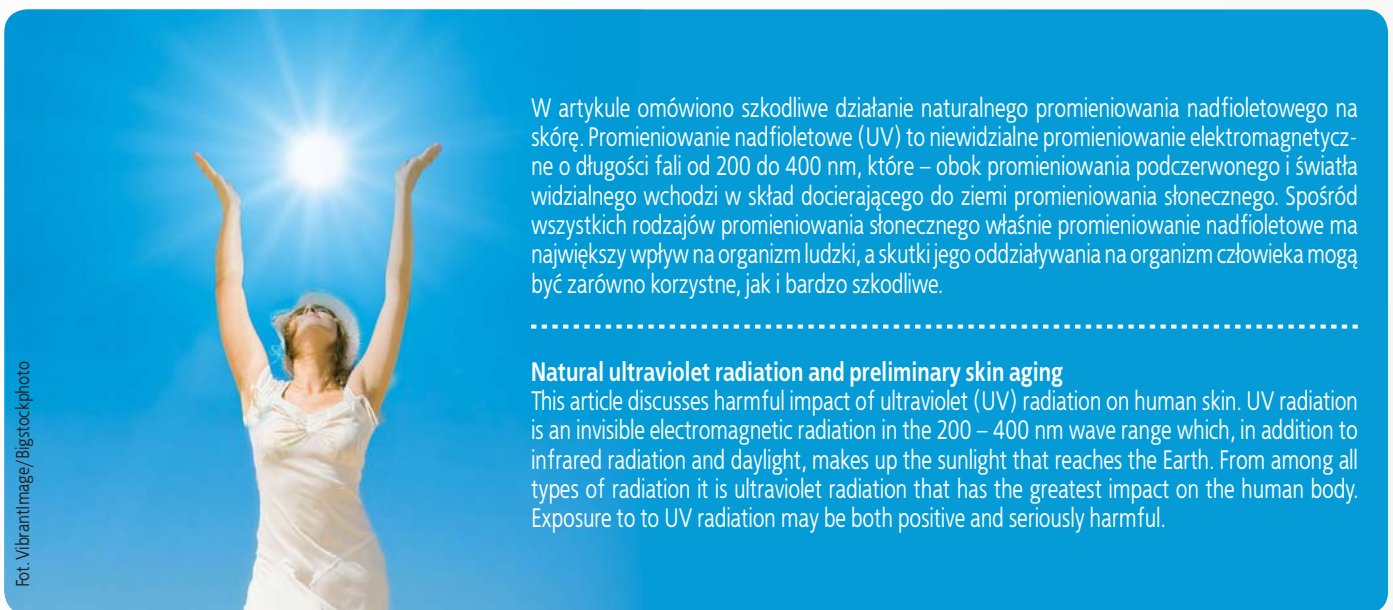


dr med. ELŻBIETA ŁASTOWIECKA-MORAS  
 dr med. JOANNA BUGAJSKA  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy  
 – Państwowy Instytut Badawczy

# Naturalne promieniowanie UV a przedwczesne starzenie się skóry człowieka



Fot. VibrantImage/Bigstockphoto

W artykule omówiono szkodliwe działanie naturalnego promieniowania nadfioletowego na skórę. Promieniowanie nadfioletowe (UV) to niewidzialne promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali od 200 do 400 nm, które – obok promieniowania podczerwonego i światła widzialnego wchodzi w skład docierającego do ziemi promieniowania słonecznego. Spośród wszystkich rodzajów promieniowania słonecznego właśnie promieniowanie nadfioletowe ma największy wpływ na organizm ludzki, a skutki jego oddziaływania na organizm człowieka mogą być zarówno korzystne, jak i bardzo szkodliwe.

## Natural ultraviolet radiation and preliminary skin aging

This article discusses harmful impact of ultraviolet (UV) radiation on human skin. UV radiation is an invisible electromagnetic radiation in the 200 – 400 nm wave range which, in addition to infrared radiation and daylight, makes up the sunlight that reaches the Earth. From among all types of radiation it is ultraviolet radiation that has the greatest impact on the human body. Exposure to UV radiation may be both positive and seriously harmful.

Promieniowanie nadfioletowe (UV) to niewidzialne promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali od 200 do 400 nm, które – obok promieniowania podczerwonego i światła widzialnego wchodzi w skład docierającego do ziemi promieniowania słonecznego [1].

Spośród wszystkich rodzajów promieniowania słonecznego właśnie promieniowanie nadfioletowe ma największy wpływ na organizm ludzki. Skutki oddziaływania promieniowania UV na organizm człowieka mogą być zarówno korzystne, jak i bardzo szkodliwe. Korzystny wpływ nadfioletu polega przede wszystkim na jego działaniu przeciwkrzywiczym [2]. Promieniowanie nadfioletowe niszczy poza tym drobnoustroje, przyspiesza gojenie ran i owrzodzeń, łagodzi objawy niektórych chorób skóry (np. łuszczyca).

Z drugiej strony, zbyt długa i/lub niewłaściwa ekspozycja na promieniowanie nadfioletowe stwarza zagrożenia dla zdrowia, które przeważają nad wymienionymi wyżej korzyściami. Niekorzystne skutki oddziaływania promieniowania UV

na organizm ludzki to przede wszystkim szybsze starzenie się skóry i stymulacja rozwoju jej nowotworów, możliwość uszkodzeń narządu wzroku, prowadzących nawet do ślepoty, hamowanie funkcji układu immunologicznego, co w efekcie powoduje wzrost wrażliwości na różnego typu infekcje i obniżenie efektywności układu immunologicznego w zwalczaniu nowotworów, które mogą powstawać w skórze [3].

W artykule omówiono szkodliwe działanie naturalnego promieniowania UV na skórę w postaci przedwczesnego jej starzenia się.

## Ekspozycja zawodowa na naturalne promieniowanie UV

Promieniowanie UV działa na organizm człowieka przez cały rok, nie tylko podczas urlopu, czy w tzw. czasie wolnym od pracy. Poważny problem stanowi ekspozycja zawodowa na ten rodzaj promieniowania. Dotyczy ona dużej grupy pracowników wykonujących prace na ze-

wnętrznych stanowiskach pracy [4]: w 2009 r. szacunkowa liczba pracowników zatrudnionych na zewnętrznych stanowiskach pracy (m.in. w budownictwie, rolnictwie, leśnictwie) wyniosła ok. 1,146 mln, co stanowiło ok. 9% wszystkich zatrudnionych [5].

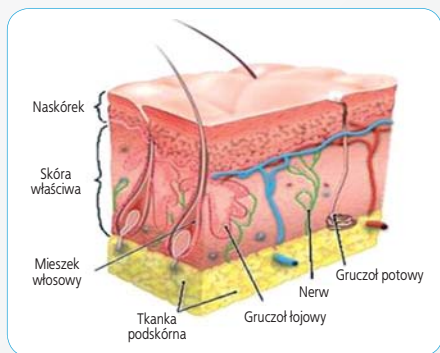
Należy zauważyć, że osoby pracujące na zewnętrznie otrzymują 3-4 razy większą roczną dawkę promieniowania nadfioletowego w porównaniu z np. pracownikami biurowymi [6]. Intensywność oraz częstotliwość ekspozycji różni się znacznie w różnych grupach zawodowych, co bezpośrednio wpływa na poziom ryzyka zawodowego związanego z naturalnym promieniowaniem UV.

Trzeba podkreślić, że naturalne promieniowanie UV jest relatywnie nowym tematem zainteresowania i badań w kontekście środowiska pracy. Rosnące zagrożenie tym czynnikiem potęguje fakt, że jego szkodliwe działanie nie ustaje z chwilą zaprzestania czynności zawodowych i przedłuża się na czas wolny po pracy.

## Budowa i funkcje skóry człowieka

Jednym z najbardziej wrażliwych na promieniowanie UV organów ludzkiego ciała jest skóra. Skóra jest narządem o budowie złożonej, warstwowej, przystosowanym do pełnienia wielu funkcji. Oslaniając organizm od zewnątrz, umożliwia jego kontaktowanie się ze światem zewnętrznym. Dzięki swej znacznej powierzchni, wysokiemu stopniowi różnicowania anatomicznego oraz swoistości czynności biologicznych, skóra jest narządem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania organizmu jako całości [7]. Bierze ona udział m.in. w percepcji bodźców, termoregulacji ustroju, amortyzacji sił działających od zewnątrz, immunostymulacji i reakcjach immunologicznych, ochronie tkanek i organów wewnętrznych przed czynnikami mechanicznymi, fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi, melanogenezie, resorpcji, a także gospodarce tłuszczowej, wodno-mineralnej oraz witaminowej.

Skóra u dorosłego człowieka waży od 3,5 do 5 kg, co wynosi około 6% masy ciała, jej powierzchnia nie przekracza 2 m<sup>2</sup>, grubość zaś, zależnie od okolicy ciała, wynosi od 0,5 do 4 mm. W skórze można wyróżnić trzy warstwy: zewnętrzną – naskórek, środkową – skórę właściwą oraz wewnętrzną – tkankę podskórną (rys.).



Rys. Budowa skóry człowieka  
Fig. The structure of human skin

Naskórek składa się głównie z keratynocytów i melanocytów przykrytych warstwą zrogowiałych komórek, natomiast skórę właściwą stanowi w większości tkanka łączna i przebiegające w niej naczynia krwionośne. W tkance łącznej skóry właściwej obecne są dwa rodzaje włókien białkowych: włókna kolagenowe (głównie typu I i III) – wytwarzane przez fibroblasty, dające skórze odporność na rozciąganie, oraz włókna elastyczne nadające skórze elastyczność i sprężystość [7].

Wskutek zmian spowodowanych długotrwałą ekspozycją na promieniowanie nadfioletowe, właściwości wszystkich warstw skóry ulegają znacznemu pogorszeniu.

## Oddziaływanie promieniowania UV na skórę

Skutki oddziaływania promieniowania nadfioletowego na skórę zależą od długości fali. Zakres fal nadfioletowych dzieli się na trzy przedziały: UVC (200-280 nm), praktycznie w całości po-

chłaniany przez atmosferę; UVB (280-320 nm), tzw. krótki nadfiolet stanowiący 5% całego promieniowania nadfioletowego docierającego do powierzchni ziemi oraz UVA (320-400 nm), tzw. daleki nadfiolet, stanowiący pozostałe 95% promieniowania nadfioletowego. Im promieniowanie jest krótsze, tym większa jest jego energia.

Przez wiele lat uważano, że głównym sprawcą niekorzystnych zmian spowodowanych działaniem słońca jest promieniowanie UVB. Dopiero pod koniec lat 90. ub.w. zrozumiano, że promieniowanie UVA ma w tym także duży udział.

Promieniowanie UVB działa na powierzchni skóry (penetruje tylko do naskórka). Powoduje uszkodzenia naskórka i jego nadmierne rogowacenie, stany zapalne skóry (efekt „poparzenia”), (fot. 1.), działa mutagennie, kancerogennie i genotoksycznie, na poziomie molekularnym powoduje uszkodzenia DNA [8].



Fot. 1. Poparzenie słoneczne  
Photo 1. Sunburn

Z kolei dłuższe promieniowanie UVA przenika do skóry właściwej – ich bezpośredniego działania nie odczuwamy. UVA powoduje uszkodzenie włókien kolagenu i elastyny oraz ścian naczyń krwionośnych, jest główną przyczyną reakcji fototoksycznych i fotoalergicznymi, przyczynia się do starzenia egzogennej skóry, działa mutagennie i kancerogennie. Wyrządzone przez nie szkody są nieodwracalne i najczęściej ujawniają się po wielu latach [8].

## Oddziaływanie promieniowania UV ze strukturami komórkowymi

Po dotarciu do żywych warstw naskórka i skóry, promieniowanie UV absorbowane jest przez struktury komórkowe, po czym wyzwalana jest seria reakcji biochemicznych. Promieniowanie nadfioletowe uszkadza struktury komórkowe poprzez dwa główne mechanizmy [8] – pierwszy z nich to bezpośrednia absorpcja fotonów promieniowania UV przez struktury komórkowe (tzw. chromofory, np. melanina, hemoglobina), indukująca dalsze reakcje. Są to tzw. reakcje fotoindukowane. Ten mechanizm jest charakterystyczny dla uszkodzeń DNA. Drugi pośredni mechanizm przebiega z udziałem specyficznych substancji – fotosensybilizatorów, a więc substancji, które pod wpływem promieniowania UV łatwo ulegają rozpadowi.

Po zaabsorbowaniu energii w postaci fotonu cząsteczka sensybilizatora przechodzi

w stan wzbudzony. Jest to stan niekorzystny energetycznie, dlatego cząsteczka może ulec rozpadowi na dwa wolne rodniki. Wolne rodniki są niezwykle aktywnymi cząsteczkami tlenu, które atakują prawie wszystkie składniki żywych tkanek i są przyczyną wielu zniszczeń w organizmie. Pogarszają one stan skóry i przyspieszają jej starzenie, a także powodują pośrednio wiele poważnych chorób. Wolne rodniki przyczyniają się m.in. do uaktywnienia metaloproteinaz – enzymów, które powodują niszczenie włókien kolagenowych w skórze i utratę jej elastyczności. Atakują one także materiał genetyczny zawarty w DNA. Jeśli uszkodzenia DNA są bardzo poważne, następuje śmierć komórki. Natomiast drobne uszkodzenia zwane mutacjami kumulują się z upływem lat – z czasem może to doprowadzić do przekształcenia się takiej komórki w komórkę nowotworową [8].

## Objawy fotostarzenia się skóry

Jednym z głównych negatywnych skutków oddziaływania promieniowania UV na skórę jest jej przedwczesne starzenie, co określamy mianem fotostarzenia (ang. *photoaging*).

Starzenie skóry, podobnie jak i całego organizmu, przebiega dwutorowo – jako proces wewnątrzpochodny, zwany również starzeniem właściwym, fizjologicznym lub naturalnym oraz jako proces zewnątrzpochodny, określane jako starzenie niewłaściwe. Proces starzenia obejmuje wszystkie warstwy skóry od naskórka do tkanki podskórnej. Starzenie właściwe jest uwarunkowane genetycznie, jest procesem nieuniknionym, postępuje z czasem i nie można go powstrzymać. Starzenie zewnątrzpochodne natomiast powodowane jest przez czynniki działające na organizm z zewnątrz, takie jak używki (alkohol, narkotyki, tytoń), nieodpowiednie odżywianie i permanentna ekspozycja na słońce.

Spośród czynników zewnątrzpochodnych właśnie promieniowanie nadfioletowe uznawane jest za najbardziej szkodliwe dla skóry. Uważa się, że nawet 80% oznak starzenia się skóry jest konsekwencją przewlekłego oddziaływania promieni nadfioletowych.

Długotrwałe działanie promieniowania UV przyspiesza procesy degeneracyjne, czyli starzenie się skóry, przy czym proces fotostarzenia się skóry nie jest w rzeczywistości tylko przyspieszonym jej starzeniem [9]. Inaczej starzeje się skóra chroniona przed promieniowaniem UV i innymi szkodliwymi dla niej czynnikami zewnętrznymi, a inaczej skóra przewlekle ekspozowana na promieniowanie UV. Skóra, która starzeje się w procesie wewnątrzpochodnym, jest gładka i bez przebarwień, geometria twarzy jest niezmienną, przy nieco zaostzonych liniach mimicznych.

Konsekwencje starzenia zewnątrzpochodnego są najbardziej widoczne na odsłoniętych częściach ciała, takich jak twarz, dekolt i ramiona. W procesie starzenia się skóry spowodowanego ekspozycją na promieniowanie UV dochodzi m.in. do zmniejszenia syntezy prokolagenu



Fot. 2. Skóra z cechami fotostarzenia  
Photo 2. Skin with symptoms of aging



Fot. 3. Szyja farmera  
Photo 3. A farmer's neck

oraz nadmiernej degradacji kolagenu przez metaloproteinazy. Efektem tego jest pogłębienie zmarszczek i fałd; skóra staje się bardziej szorstka i pogrubiała, pory są poszerzone, gojenie jest upośledzone (fot. 2.), [9]. Zmianom tym towarzyszy zwiększona liczba teleangiektazji (poszerzenie naczyń krwionośnych). Nierównomierna dystrybucja melanocytów sprawia, że obserwowane są obszary hiperpigmentacji (piegi, znamiona soczewicowate, ostuda) i hipopigmentacji (odbarwienia), [10].

W procesie fotostarzenia się skóry może dochodzić do powstania specyficznych zmian skórnych, będących konsekwencją elastozy postłonecznej [11]. Elastozą postłoneczną polega na nadmiernej akumulacji nieprawidłowych włókien elastycznych w miejscach narażonych na promieniowanie słoneczne. Klinicznie może m.in. objawiać się głębokimi bruzdami tworzącymi romboidalne wzory w okolicy karku – tzw. szyja farmera (ang. *cutis romboidalis nuchae*), (fot. 3.)

Histologiczny obraz skóry objętej fotostarzeniem charakteryzuje się pogrubieniem warstwy rogowej naskórka, a uszkodzenie włókien kolagenowych przez metaloproteinazy prowadzi do tzw. zwyrodnienia zasadochłonnego. Ze względu na obecność licznych komórek zapalnych naciekających skórę, niektórzy autorzy fotostarzenie się skóry określają terminem „sło-

necznego zapalenia skóry” (łac. *heliodermatitis*), [9].

Uszkodzenia wywołane przez ekspozycję na promieniowanie nadfioletowe podzielono na cztery stadia już w 1997 r. i klasyfikacja ta jest aktualna do dzisiaj [12]:

- stadium I (20-30 lat) – początkowe objawy fotostarzenia objawiające się obecnością drobnych zmarszczek i niewielkich przebarwień
- stadium II (35-50 lat) – pojawiają się zmarszczki mimiczne, zwłaszcza w okolicy ust i kątek oczu, obserwuje się również początki rogowacenia starczego (*keratosis actinica*)
- stadium III (powyżej 50 r.ż.) – zaznaczone zmarszczki spoczynkowe, ewidentne zaburzenia pigmentacji oraz zaznaczone rogowacenie aktywne
- stadium IV – zaawansowane objawy starzenia, charakteryzujące się głębokimi i licznymi bruzdami, żółtawym zabarwieniem skóry, ubytkiem elastyczności skóry, spotęgowanym przez jej suchość, będącą konsekwencją zmniejszonego wydzielania przez gruczoły łojowe i potowe oraz zwiększoną częstotliwością występowania złośliwych nowotworów skóry.

### Jak zapobiegać fotostarzeniu się skóry

Choć nie możemy zatrzymać genetycznego procesu starzenia, możemy hamować bądź spowolnić uszkodzenia skóry spowodowane nadmierną i przewlekłą ekspozycją na słońce.

Odpowiedzialne za fotostarzenie promieniowanie UVA towarzyszy nam przez cały rok, nawet w pochmurne dni, przenika przez szyby okienne i samochodowe, dlatego należy koniecznie stosować kosmetyki z filtrami ochronnymi, najlepiej ze współczynnikami ochrony SPF (Sun Protection Factor) minimum 15 przez cały rok, nie tylko w słoneczne dni czy w czasie urlopu.

Należy stosować wyłącznie takie kosmetyki, które chronią zarówno przed promieniowaniem UVB, jak i UVA, ponieważ preparaty chroniące wyłącznie przed rumieniotwórczym efektem promieniowania UVB znacznie wydłużają czas możliwego przebywania na słońcu, powodując jednocześnie większe narażenie skóry na szkodliwe promieniowanie UVA [13]. Aby ochrona była skuteczna, należy nakładać odpowiednio dużą dawkę kosmetyku, odpowiednio wcześniej (15-20 minut) przed wyjściem na słońce i regularnie (co 2-3 godziny) czynność tę powtarzać (produkty kosmetyczne chroniące skórę przed promieniami UV w miarę upływu czasu stopniowo są z niej usuwane mechanicznie, bądź rozcieńczane np. poprzez pocenie). Należy zwrócić uwagę na to, że do ochrony twarzy przeznaczone są specjalne preparaty, które można również stosować na ciało, ale nie odwrotnie, czyli emulsji do ciała nie powinno się stosować na twarz [13].

Trzeba pamiętać, że nie ma kosmetyków ochronnych tzw. *sun block*, blokujących promienie słoneczne w 100%, a więc nadal najlepszą ochroną dla skóry jest unikanie słońca latem w godzinach okołopołudniowych oraz noszenie odpowiedniego ubrania (przewiewna odzież

z długim rękawem) i nakryć głowy. Nie zapominać, że solaria stanowią dodatkowe, sztuczne źródło promieniowania UV, w tym właśnie odpowiedzialnego za fotostarzenie się skóry promieniowania UVA.

W codziennej pielęgnacji skóry, oprócz filtrów UV, coraz szerzej stosuje się substancje przeciwoxidacyjne, których zadaniem jest neutralizacja wolnych rodników uszkadzających rozmaite struktury skórne. Wśród kosmetycznych substancji przeciwoxidacyjnych największe znaczenie mają związki występujące w naturalnych układach obronnych skóry, przede wszystkim witaminy E i C, karotenoidy (prowitamina A) oraz substancje przeciwoxidacyjne pochodzenia roślinnego, np. flawonoidy. Odpowiednio dobrana dieta (owoce i warzywa stanowią bogate źródło substancji przeciwoxidacyjnych) lub odpowiednie suplementy diety pomagają chronić skórę przed szkodliwym działaniem promieniowania nadfioletowego, a w ten sposób opóźnić proces fotostarzenia.

### PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-90/E-01005 *Technika świetlna. Terminologia*
- [2] W. B. Grant *Role of solar UV radiation and vitamin D in human health and how to obtain vitamin D*. "Expert Review of Dermatology", Vol. 2, No 5/2007, pp. 563-577
- [3] R. P. Gallagher, T. K. Lee *Adverse effects of ultraviolet radiation: a brief review*. "Prog Biophys Mol Biol." 92 (1)2006, pp. 119-31
- [4] E. Łastowiecka-Moras, J. Bugajska *Promieniowanie nadfioletowe – zasady zapobiegania negatywnym skutkom zdrowotnym*. „Bezpieczeństwo Pracy” 11 (446)2008
- [5] *Rocznik Statystyczny GUS*, 2010
- [6] B. L. Diffey *Human exposure to solar ultraviolet radiation*. „J. Cosmet Dermatol.” 1 (3)2002, pp. 124-30
- [7] M. Błaszczyk-Kostanecka, H. Wolska *Dermatologia w praktyce*. PZWL 2005
- [8] J. F. Browder, B. Beers *Oddziaływanie słońca na skórę*. „Medycyna po Dyplomie”, Vol. 3, Nr 2/1994
- [9] N. H. Nicol, N. A. Fenske *Photodamage: cause, clinical manifestations, and prevention* "Dermatol. Nurs." 5 (4)1993, pp. 263-275
- [10] Z. G. Coelho, W. Choi *Short and long term effects of UV radiation on the pigmentation of human skin*. "J. Investig Dermatol Symo." 14 (1)2009, pp. 32-35
- [11] A. Knott, K. Reuschlein, R. Lucius, F. Stüb, H. Wenck, S. Gallinat *Deregulation of versican and elastin binding protein in solar elastosis* "Biogerontology" 10 (2)2009, pp. 181-190
- [12] R. G. Glogau *Physiologic and structural changes associated with aging skin*. "Dermatol. Clin." 4/1997, pp. 555-559
- [13] H. Schaefer, D. Moyal, A. Fourtanier *Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie ochrony przeciwslonecznej*. „Post. Dermatol. Alergol.” 16/1999, ss. 335-346

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowanego w latach 2008-2010 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy