

Promieniowanie nadfioletowe jest niewidzialnym promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali od 100 do 400 nm. W widmie promieniowania elektromagnetycznego jest ono umiejscowione między obszarem fioletu widma widzialnego a tzw. miękkimi promieniami rentgenowskimi. Promieniowanie nadfioletowe określa się skrótem UV, od angielskiego słowa „ultraviolet”. Spośród wszystkich rodzajów promieniowania słonecznego właśnie promieniowanie nadfioletowe wywiera największy wpływ na organizm ludzki. Promienie nadfioletowe są niewidzialne dla człowieka i nie wywierają działania cieplnego na tkanki. Promieniowanie UV, podobnie jak promieniowanie widzialne, ulega odbiciu, załamaniu i absorpcji; jest jednak silniej absorbowane przez atmosferę i cechuje się większą energią niż światło widzialne, w związku z czym wywiera działanie fotochemiczne.

Dzieli się na trzy obszary:

- UV-A o długości fali ~400 (380)–315 nm
- UV-B o długości fali 315–280 nm
- UV-C o długości fali 280–200 (100) nm

Promieniowanie UVA stanowi około 95% energii całkowitego promieniowania nadfioletowego; przenika ono przez szkło okienne i dociera w skórze najgłębiej, sięgając warstwy rozrodczej naskórka oraz okolic naczyń krwionośnych. Charakteryzuje się słabszym działaniem fotochemicznym i rzadko wywołuje ostry odczyn rumieniowy. Powoduje natychmiastową, pośrednią lub opóźnioną pigmentację skóry w wyniku utleniania melaniny. Szczególną cechą promieniowania UVA jest wywoływanie fotodermatoz przy przyjmowaniu określonych leków (fotouczulenia i fototoksyczność).

Promienie UVB nie przenikają przez zwykłe szkło okienne (przenika przez nie jedynie część UVA), a nawet niewielkie dawki UVB wywołują silny odczyn rumieniowy po okresie utajenia zależnym od dawki. UVB powoduje uwolnienie mediatorów zapalnych, m.in. histaminy, co prowadzi do rozszerzenia naczyń włosowatych i pojawienia się rumienia. Promienie UVB działają głównie na naskórek; ich nadmiar powoduje oparzenia słoneczne. UVB stymuluje syntezę witaminy D: w skórze 7-dehydrocholesterol ulega pod wpływem UVB przemianie do prewitamin D3, która izomeryzuje do cholekalcyferolu (witamina D3). Z roślin i drożdży ergosterol pod wpływem promieniowania może ulegać przemianie do ergokalcyferolu (witamina D2). UVB może także powodować fotochemiczne uszkodzenia i zmiany prowadzące do ryzyka nowotworzenia skóry przy dużych dawkach.

Promieniowanie UVC w normalnych warunkach nie dociera do powierzchni Ziemi z powodu pochłaniania przez warstwy atmosfery; wywiera najsilniejsze działanie fotochemiczne i jest najbardziej biologicznie szkodliwe. Wytwarzane są sztucznie przez

specjalne lampy stosowane do wyjaławienia pomieszczeń zabiegowych, sprzętu i wody w basenach kąpielowych.

Promienie ultrafioletowe są pochłaniane przez naskórek i skórę właściwą, a część ulega odbiciu. Ilość promieniowania odbitego od powierzchni skóry zależy od kąta padania, stanu skóry oraz długości fali. Promienie UV są absorbowane przez protoplazmę komórek, a skutkiem ich działania są odczyny fotochemiczne i biologiczne. Wielkość odczynu zależy, zgodnie z prawem Grotthusa-Drapera, od ilości pochłoniętej energii. Pod wpływem promieni UV w tkankach i ich elementach zdolnych do absorpcji (np. w karotenie, kwasach nukleinowych, histydynie, tyrozynie, lipoproteinach, melaninie, hemoglobinie) zachodzą reakcje chemiczne, takie jak synteza, utlenianie, redukcja lub rozpad, co prowadzi do odczynów fotochemicznych, tworzenia pigmentu czy wytwarzania witaminy D.

Rumień fotochemiczny to odczyn skóry na działanie promieni nadfioletowych, objawiający się zaczerwienieniem wskutek rozszerzenia naczyń krwionośnych. Pojawia się on po czasie utajenia wynoszącym zwykle 2-6, a nawet do 24 godzin po ekspozycji. Intensywność rumienia zależy od długości fali, natężenia źródła, odległości źródła od skóry (natężenie promieniowania maleje wraz z kwadratem odległości), wrażliwości skóry (grubość naskórka) oraz indywidualnej karnacji i wieku.

Mechanizm powstawania rumienia fotochemicznego: w pierwszym etapie pochłonięcie energii przez białka i inne chromofory prowadzi do denaturacji i uszkodzenia komórek naskórka. W drugim etapie z uszkodzonych komórek uwalniane są mediatory rozszerzające naczynia (m.in. histamina powstająca z histydyny), które przenikają do skóry właściwej i powodują zwiększenie przepuszczalności naczyń włosowatych. Przejście osocza do przestrzeni międzykomórkowej powoduje obrzęk; przy dużych dawkach mogą powstawać pęcherze surowicze. Bardzo duże dawki promieniowania przekraczające próg tolerancji mogą powodować martwicę komórek naskórka lub skóry właściwej.

Ewolucja rumienia fotochemicznego:

1. Okres utajenia - czas od ekspozycji do wystąpienia pierwszych objawów, zwykle 1-6 godzin.
2. Okres narastania - od wystąpienia pierwszych objawów do osiągnięcia maksymalnego nasilenia (zwykle 6-24 godziny po ekspozycji).
3. Okres ustępowania - czas zależy od dawki; po słabych ekspozycjach kilka godzin, po dużych - kilka dni.

Na stopień odczynu fotochemicznego wpływają długość fali, natężenie źródła, czas naświetlania, odległość od źródła, kąt padania promieni, wrażliwość skóry w miejscu naświetlania oraz indywidualna wrażliwość pacjenta. Do czynników współdziałających zaliczamy porę roku, wiek pacjenta, przebyte choroby i przyjmowane leki (niektóre leki zwiększają wrażliwość na światło).

Tworzenie pigmentu. W skórze napromienionej, zwłaszcza promieniami UV-B, dochodzi do pigmentacji (brunatnych przebarwień). Pigmentacja zależy od gromadzenia melaniny w warstwie podstawnej naskórka, od dawki promieni UV oraz długości fali; największe właściwości opalające ma promieniowanie UV-B. Pigment powstaje w melanocytach (pochodzących z melanoblastów) i następnie dyfunduje do keratynocytów.

Wytwarzanie witaminy D. Skóra bierze czynny udział w syntezie steroli. Substratem jest 7-dehydrocholesterol; promienie UV-B prowadzą do powstania prewitamin D₃, która izomeryzuje do cholekalcyferolu (witamina D₃). Witamina D₃ podlega dalszemu metabolizmowi w wątrobie i nerkach do aktywnej postaci regulującej gospodarkę wapniowo-fosforanową.

Wpływ promieni UV na skórę. Odpowiednie dawki promieni UV mogą poprawiać ukrwienie, odżywienie i elastyczność skóry oraz wspomagać procesy gojenia poprzez mobilizację leukocytów i stymulację ziarninowania. Nadmiar światła UV natomiast powoduje wysychanie skóry, jej zgrubienie, pękanie, a przy długotrwałej ekspozycji zwiększa ryzyko rozwoju nowotworów skóry.

Działanie bakteriobójcze i bakteriostatyczne. Promieniowanie ultrafioletowe wykazuje właściwości bakteriobójcze (szczególnie UV-C) i bakteriostatyczne, hamując podział komórek bakterii oraz uszkodzając strukturę białek i kwasów nukleinowych. Działa również na niektóre wirusy, grzyby i drożdżaki. Mechanizm obejmuje uszkodzenia DNA i białek oraz powstawanie toksycznych produktów utlenienia.

Wpływ na szpik kostny. Promienie UV mogą stymulować produkcję erytrocytów i hemoglobiny, a okresowo zwiększać liczbę płytek krwi; w niektórych badaniach naświetlania poprawiały parametry krwi u osób z anemią wtórną. U osób starszych naświetlania mogą zwiększać ryzyko powikłań zakrzepowych, dlatego należy zachować ostrożność.

Wpływ na gruczoły wewnętrznego wydzielania i układ nerwowy. Promienie UV mogą

wpływać na aktywność hormonów niektórych gruczołów (przykładowo przysadka, tarczyca czy nadnercza), a przy prawidłowym dawkowaniu obserwuje się korzystny wpływ na stan psychiczny (uspokojenie, poprawa snu). Wskazane jest jednak monitorowanie pacjenta ze względu na możliwe efekty uboczne.

Wpływ na przemianę materii. Po naświetlaniu może nastąpić przyspieszenie przemiany materii; obserwowano również obniżenie poziomu cholesterolu w surowicy. Miażdżyca i znaczne choroby układu sercowo-naczyniowego stanowią przeciwwskazania do niektórych form naświetlań.

Wpływ na gospodarkę mineralną ustroju. Promienie UV sprzyjają powstawaniu witaminy D (D2 i D3), co zwiększa wchłanianie wapnia i fosforu z przewodu pokarmowego i pomaga utrzymywać ich prawidłowy poziom we krwi, zabezpieczając kości przed odwapnieniem. Z tego powodu terapia UV była stosowana m.in. w leczeniu krzywicy i niektórych zaburzeń mineralnych. Naświetlania ogólne mogą jednak okresowo obniżyć ciśnienie krwi dlatego nadciśnienie jest przeciwwskazaniem do niektórych procedur terapeutycznych.

Wpływ na układ oddechowy. Promieniowanie ultrafioletowe może wpływać na poprawę utlenowania i wykorzystania tlenu, co bywało brane pod uwagę przy niektórych zastosowaniach terapeutycznych.

Naświetlania ogólne dorosłych

Wykonuje się je zwykle z odległości około 1 metra; większe odległości stosuje się przy naświetleniach zbiorowych. Czas naświetlania zależy od wrażliwości osobniczej (dawka progowa). Naświetlania rozpoczyna się od $\frac{1}{2}$ lub jednej dawki progowej, zwiększając stopniowo czas zabiegów tak, aby nie powodować zbyt silnego odczynu rumieniowego. Ze względu na dużą powierzchnię skóry w naświetlaniach ogólnych, po każdym zabiegu dąży się do uzyskania rumienia progowego lub rumienia I stopnia. Czas naświetlania zwiększa się zazwyczaj o $\frac{1}{4}$ lub $\frac{1}{2}$ dawki progowej; stosuje się serie 15-20 naświetlań, wykonywanych codziennie lub co drugi dzień. Górna granica dawki w ostatnim naświetlaniu ustalana jest indywidualnie, zwykle nie przekracza 10 dawek progowych. Stosowanie zbyt długich serii jest niecelowe ze względu na adaptację skóry do promieniowania.

Naświetlania ogólne wykonuje się zwykle w pozycji leżącej. Mężczyźni powinni być ubrani w spodenki kąpielowe; u kobiet osłania się wzgórek łonowy i brodawki sutkowe.

Oczy chorego chroni się okularami ochronnymi. Lampę kwarcową ustawia się tak, aby promień centralny padał na wyrostek mieczykowaty mostka przy naświetlaniu z przodu, a na pierwszy kręg lędźwiowy przy naświetlaniu z tyłu. Czas naświetlania odmierza się zegarem sygnalizującym. Pacjenta należy poinstruować, aby nie zmieniał pozycji ciała ani nie zdejmował okularów ochronnych.

Naświetlania zbiorowe wymagają lamp przystosowanych do tego celu i zachowania stałej odległości od źródła (np. za pomocą koncentrycznych kręgów wyznaczonych na podłodze). Istnieją także korytarze napromieniania wyposażone w odpowiednią liczbę lamp kwarcowych.

Naświetlania miejscowe u dorosłych

Można je wykonywać przy użyciu lamp kwarcowych, zwłaszcza z palnikami o dużej emisji UV. Istnieją lampy przystosowane do naświetleń miejscowych oraz naświetleń kontaktowych (np. lampa Kromayera z aplikatorami). Naświetlania miejscowe wykonuje się z małej odległości, dlatego przed każdym zabiegiem określa się dawkę progową z odległości 50 cm i przelicza ją na odległość roboczą. Pole naświetlania dobiera się w zależności od rodzaju choroby. Skórę poza polem naświetlanym osłania się prześcieradłem lub serwetkami. Dawki oraz liczba naświetlań ustalane są przez lekarza.

Przy miejscowych naświetlaniach ran i owrzodzeń obowiązują zasady aseptyki: opatrunki zdejmować jałowym narzędziem, a po zakończeniu zabiegu opatrzyć ranę jałowym materiałem. Aplikatory używane do lamp kwarcowych należy po zabiegu oczyścić i, jeśli to wymagane, dezynfekować (np. zanurzenie w alkoholu etylowym przewidziane dla danego urządzenia), zgodnie z instrukcją producenta.

Odczyny rumieniowe powodują ból i pieczenie skóry. W celu złagodzenia dolegliwości można stosować maści obojętne (np. maść lanolinową) lub kremy eucerynowe. Przed powtórным naświetlaniem wskazane jest delikatne oczyszczenie skóry tamponikiem z gazy zwilżonej alkoholem, jeśli zalecono to przez personel medyczny.

Naświetlania dzieci

Dawkę progową zwykle określa się na skórze łopatki. Zabiegi wykonuje się codziennie lub co drugi dzień; w razie silnego odczynu rumieniowego należy zrobić przerwę. Naświetlania małych dzieci wykonywane są często w obecności matki, co działa uspokajająco; jednocześnie należy chronić matkę przed ekspozycją na promieniowanie. Podczas zabiegu należy kontrolować, czy dziecko nie zdejmuje okularów ochronnych.