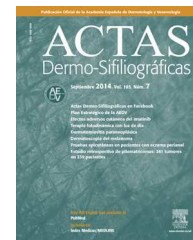


ACTAS Derma-Sifiliográficas

Full English text available at
www.actasdermo.org



ORIGINAL

Determinación de la dosis eritemática mínima y reacciones anómalas a radiación ultravioleta A según fototipo



A. Pérez Ferriols^{a,*}, J. Aguilera^b, P. Aguilera^c, D. de Argila^d, M.A. Barnadas^e, X. de Cabo^f, J.M. Carrascosa^g, M.V. de Gálvez Aranda^b, J. Gardeazábal^h, A. Giménez-Arnauⁱ, M. Lecha^c, J. Lorente^f, J.A. Martínez-Lozano^j, M.T. Rodríguez Granados^k, Y. Sola^f, M.P. Utrillas^j y del Grupo Español de Fotobiología

^a Servicio de Dermatología, Hospital General Universitario de Valencia, Valencia, España

^b Unidad de Fotobiología Dermatológica y Oncología Cutánea, Departamento de Dermatología y Medicina, Universidad de Málaga, Málaga, España

^c Servicio de Dermatología, Hospital Clínic de Barcelona, Barcelona, España

^d Servicio de Dermatología, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid, España

^e Servicio de Dermatología, Hospital Sta. Creu i St. Pau, Barcelona, España

^f Departamento de Astronomía y Meteorología, Universidad de Barcelona, Barcelona, España

^g Servicio de Dermatología, Hospital Germans Triás i Pujol de Badalona, Barcelona, España

^h Servicio de Dermatología, Hospital Universitario Cruces, Baracaldo, España

ⁱ Servicio de Dermatología, Hospital del Mar, Barcelona, España

^j Grupo de Radiación Solar, Universidad de Valencia, Valencia, España

^k Facultad de Medicina, Complejo Hospital Universitario, Santiago de Compostela, España

Recibido el 4 de marzo de 2014; aceptado el 7 de mayo de 2014

Disponible en Internet el 2 de julio de 2014

PALABRAS CLAVE

Fototest;
Dosis eritemática mínima;
Simulador solar;
Lámparas de luz ultravioleta B de banda ancha;
Fotodermatitis

Resumen

Antecedentes: La técnica del fototest evalúa la sensibilidad de la piel a la radiación ultravioleta (RUV) mediante la determinación de la mínima dosis de radiación capaz de producir eritema (dosis mínima eritemática [DEM]) y la respuesta anómala a UVA. No existen guías protocolizadas para la técnica del fototest.

Metodología: Estudio multicéntrico de cohortes prospectivo. Un total de 232 voluntarios sanos fueron reclutados en 9 centros hospitalarios. El fototest se realizó con simuladores solares (SS) o lámparas fluorescentes de UVB de banda ancha (UVBBA). Cada sujeto recibió un total de 5 o 6 dosis progresivas de radiación eritemática y 4 dosis de UVA. La lectura se realizó a las 24 h.

Resultados: La DEM media por fototipo fue de 23 ± 8 , 28 ± 4 , 35 ± 4 y 51 ± 6 mJ/cm² (fototipos I a IV respectivamente) para los centros que utilizaron SS y de 28 ± 5 , 32 ± 3 y 34 ± 5 mJ/cm² cuando se utilizaron lámparas de UVBBA para fototipos del II al IV. Se consideraron valores de

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: perez_ampferr@gva.es (A. Pérez Ferriols).

DEM patológica 7, 19, 27 y 38 mJ/cm², para los fototipos I al IV respectivamente cuando se emplearon SS y de 18, 24 y 24 mJ/cm² para los fototipos II-IV expuestos a lámparas de UVBBA. A dosis de hasta 20 J/cm² de UVA no se observaron respuestas anómalas.

Conclusiones: Existe homogeneidad de resultados en los diferentes centros participantes, lo que permite estandarizar el método del fotodiagnóstico para los diferentes fototipos cutáneos, así como establecer las dosis umbral que definen una respuesta anómala a la radiación ultravioleta.

© 2014 Elsevier España, S.L.U. y AEDV. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Phototesting;
Minimal erythema dose;
Solar simulator;
Broadband ultraviolet-B lamps;
Photodermatosis

Determination of Minimal Erythema Dose and Anomalous Reactions to UVA Radiation by Skin Phototype

Abstract

Background: Phototesting is a technique that assesses the skin's sensitivity to UV radiation by determining the smallest dose of radiation capable of inducing erythema (minimal erythema dose [MED]) and anomalous responses to UV-A radiation. No phototesting protocol guidelines have been published to date.

Methodology: This was a multicenter prospective cohort study in which 232 healthy volunteers were recruited at 9 hospitals. Phototests were carried out with solar simulators or fluorescent broadband UV-B lamps. Each individual received a total of 5 or 6 incremental doses of erythemal radiation and 4 doses of UV-A radiation. The results were read at 24 hours.

Results: At hospitals where solar simulators were used, the mean (SD) MED values were 23 (8), 28 (4), 35 (4), and 51 (6) mJ/cm² for skin phototypes I to IV, respectively. At hospitals where broadband UV-B lamps were used, these values were 28 (5), 32 (3), and 34 (5) mJ/cm² for phototypes II to IV, respectively. MED values lower than 7, 19, 27, and 38 mJ/cm² obtained with solar simulators were considered to indicate a pathologic response for phototypes I to IV, respectively. MED values lower than 18, 24, and 24 mJ/cm² obtained with broadband UV-B lamps were considered to indicate a pathologic response for phototypes II to IV, respectively. No anomalous responses were observed at UV-A radiation doses of up to 20 J/cm².

Conclusions: Results were homogeneous across centers, making it possible to standardize diagnostic phototesting for the various skin phototypes and establish threshold doses that define anomalous responses to UV radiation.

© 2014 Elsevier España, S.L.U. and AEDV. All rights reserved.

Introducción

Los estudios fotobiológicos son el conjunto de pruebas destinadas a determinar cuál es la respuesta de la piel a la luz y tratar de establecer las bandas del espectro electromagnético responsables de la aparición o inhibición de reacciones adversas a la misma¹.

Una de estas pruebas es el fototest que permite determinar: a) la dosis eritemática mínima (DEM), es decir la mínima dosis de radiación ultravioleta capaz de producir un eritema perceptible; b) las reacciones anómalas a luz ultravioleta A (UVA); y c) las reacciones anómalas a luz visible. Aunque recientemente se han publicado guías para la realización de los estudios fotobiológicos², la dosis de radiación ultravioleta (RUV) capaz de inducir eritema en personas sanas y los estándares de DEM no están bien establecidos en la literatura³⁻⁶, por lo que la lectura e interpretación del fototest puede ser causa de discrepancias entre los profesionales que realizan la técnica. En la práctica siguen siendo las DEM descritas por Fitzpatrick^{7,8} las referencias más comunes a la hora de establecer la DEM según el fototipo.

La falta de homogeneidad, tanto en el empleo de las fuentes de irradiación como en la utilización de las dosis

de medida entre los distintos miembros del Grupo Español de Fotobiología (GEF), ha impedido en el pasado reciente la aplicación de un protocolo común en el procedimiento de la técnica del fototest⁹.

Los objetivos del presente estudio han sido estandarizar el método de trabajo en la técnica del fototest, analizar los valores de la DEM en población española sana clasificada por fototipo y determinar los umbrales de dichas DEM por debajo de los cuales se considera una respuesta patológica (fotosensibilidad), así como evaluar las dosis que generan posibles respuestas anómalas a la radiación UVA.

Material y metodos

Diseño del estudio

Estudio multicéntrico de cohortes prospectivo.

El estudio ha sido revisado y aprobado por los comités éticos independientes de cada uno de los hospitales participantes (tabla 1). Las investigaciones se han realizado de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki.

Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado antes de su entrada en el estudio.

Tabla 1 Centros participantes y equipamiento utilizado para la realización del fototest y del calibrado de equipos

<i>Centros realización fototest</i>	<i>Equipo fotodiagnóstico</i>
Hospital German Trias i Pujol, Badalona	Simulador Solar Solar Light 16S
Facultad de Medicina, Complejo Hospital Universitario de Santiago de Compostela	Simulador Solar Solar Light 16S
Hospital General de Valencia	Simulador Solar Solar Light 16S
Hospital San Pau, Barcelona	Simulador Solar Solar Light 12S
Universidad de Málaga-Hospital Virgen de la Victoria, Málaga	Simulador Solar Oriel 300W
Hospital del Mar IMAS, Barcelona	Philips TL/12 UVB banda ancha
Hospital de La Princesa, Madrid	Medisun Gigatest UV banda ancha
Hospital Clinic, Barcelona	Simulador Solar Solar Light 601
Hospital de Cruces, Baracaldo	Medisun Gigatest UVB banda ancha
<i>Centros de calibración</i>	Waldmann UV800 UVB banda ancha
Departamento de Astronomía y Meteorología, Universidad de Barcelona	Waldmann UV200 UVB banda ancha
Grupo de Radiación Solar, Universidad de Valencia	<i>Equipo medida espectrorradiométrica</i>
Universidad de Málaga	Bentham DMTc 300
	Licor 1800
	Macam-SR 2271

Población del estudio

Los participantes en el estudio han sido voluntarios reclutados en las policlínicas de dermatología de los centros hospitalarios participantes, que cumplían los siguientes criterios de inclusión: fototipos I a IV según fototipos de Fitzpatrick y ser mayor de 18 años. Los criterios de exclusión fueron: historia de fotosensibilidad endógena/exógena, embarazo/lactancia, dermatosis u otra circunstancia que pudiera interferir con la técnica de realización o lectura del fototest, ingesta de fármacos fotosensibilizantes en los 2 meses previos al fototest, ingesta de corticoides en los 15 días previos, ingesta de anti-H1 en la semana previa y exposición solar en los 2 meses previos.

La determinación del fototipo se realizó en todos los participantes a través de 2 procedimientos distintos: según la práctica habitual del dermatólogo siguiendo la clasificación de fototipos de Fitzpatrick y mediante la cumplimentación de la escala de Fitzpatrick, que valora numéricamente tanto aspectos genéticos como de hábitos de exposición y cuya suma de puntos determina finalmente el fototipo según unos intervalos¹⁰.

Fuentes de luz

Las fuentes de luz empleadas en el estudio han sido: a) simuladores solares provistos de lámparas de descarga de arco de xenón (Solar Light 12S y 16S; Solar Light Co, Glenside, EE. UU. y Oriel Solar Simulator 300W, Newport Co., EE. UU.); y b) lámparas fluorescentes de UVB de banda ancha (UVBBA), siendo los modelos comúnmente utilizados las Philips TL-12 (MedisunGigatest, Schulze&BöhmGmbH, Alemania) y Waldmann UV21 (Waldmann UV 180 y 181, Waldmann Co., Alemania).

El simulador solar consta de una lámpara de arco de xenón, una fuente de energía y un sistema óptico compuesto por espejos dicróicos que reflejan únicamente la luz UV proveniente de la lámpara, y mediante un filtro específico (Air Mass AM 1,5) se consigue una simulación del espectro solar

entre 290-400 nm (fig. 1A). El sistema está provisto además de un filtro externo móvil, que permite eliminar a voluntad la radiación UVB (por debajo de 320 nm) permitiendo únicamente el paso de la radiación UVA (entre 320 y 400 nm).

Las lámparas UVBBA son fuentes de iluminación fluorescentes utilizadas tradicionalmente en los equipos de fototerapia de UVBBA. El espectro de emisión de este tipo de lámparas tiene un rango entre 275-450 nm con el máximo de emisión espectral alrededor de los 310 nm, por lo que es una lámpara muy eritematogena. De hecho, la realización del fototest se hace en periodos de tiempo muy cortos, a pesar de la baja irradiancia emitida por estos equipos, pero con la salvedad de que su espectro de emisión dista mucho de simular la radiación solar natural (fig. 1A).

Las fuentes de radiación empleadas para la exposición a UVA fueron de 3 tipos: a) simulador solar más filtro de corte, el cual elimina longitudes de onda por debajo de 320 nm; b) lámparas fluorescentes de UVA (equipos Waldmann UV181 con lámparas Waldmann PUVA); y c) lámparas UVA de alta presión (Waldmann UVA700 y Philips HB400). En la figura 1B se representan los espectros de emisión de las diferentes fuentes de radiación UVA.

Calibrado de la fuente de luz

Previamente al inicio del estudio las fuentes de luz de todos los centros participantes fueron caracterizadas espectralmente mediante un espectrorradiómetro doble monocromador (MACAM-SR 2271, MACAM, Escocia) conectado a un sensor plano con corrección coseno. Este espectrorradiómetro móvil fue a su vez intercalibrado con un espectrorradiómetro de doble monocromador Bentham DTMc300 (Bentham Instruments Ltd, Reading, Reino Unido) que se calibra periódicamente con una lámpara halógena de cuarzo de 150 W trazable al *Nacional Physical Laboratory* (Reino Unido). A partir de los espectros de emisión de cada fuente de luz utilizada se obtuvieron los valores de irradiancia espectral en $mW/cm^2/nm$. Como estos espectros de emisión son diferentes según la fuente de luz

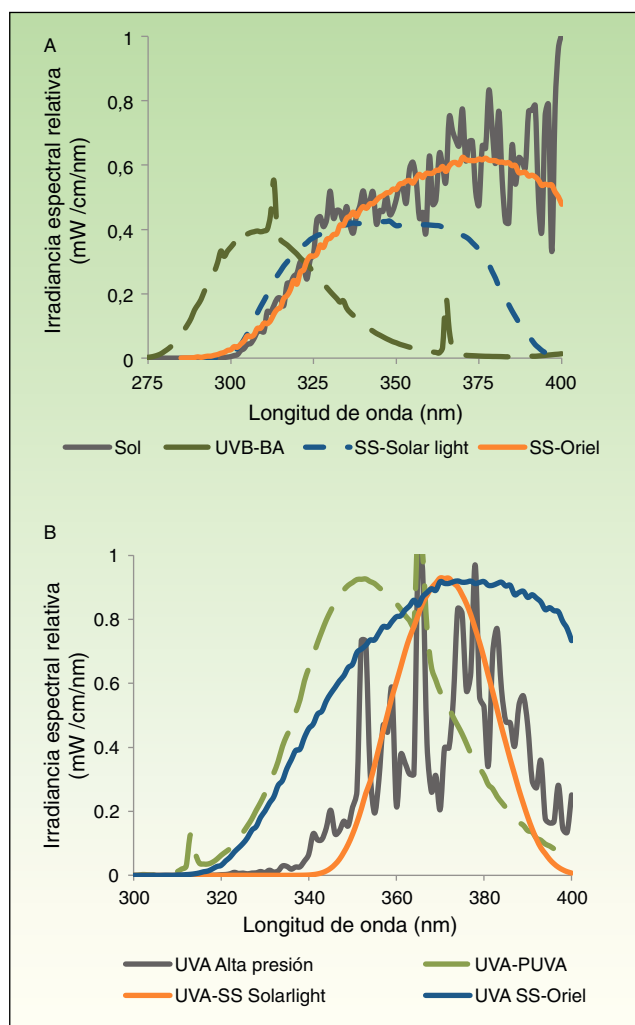


Figura 1 A. Distribución espectral relativa de las diferentes fuentes de iluminación utilizadas en el estudio y su comparativa con la distribución espectral de la luz solar a nivel del suelo en el intervalo 275-400 nm. B. Distribución espectral relativa de las diferentes fuentes de iluminación UVA utilizadas en el estudio en el intervalo 300-400 nm.

empleada, se homogeneizó la irradiancia emitida por cada fuente de luz. Para ello se convolucionaron los valores de irradiancia espectral con el espectro de acción eritemática propuesto por Mackinley y Diffey establecido como referencia por la *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE)¹¹. De esta forma, los valores finales obtenidos representan la irradiancia eritemáticamente activa y se expresan en mJ/cm^2 .

En el caso de radiación UVA los valores de emisión fueron establecidos como unidades físicas de irradiancia (J/cm^2) en el intervalo 320-400 nm.

Paralelamente a la intercomparación espectralradiométrica se calibraron todos los radiómetros enviados por cada centro participante; de esta forma, durante el estudio se ajustaron las dosis de exposición de los pacientes en función de la irradiancia medida por los radiómetros antes de la realización del fototest en el voluntario.

La técnica del calibrado de los equipos fotobiológicos ha sido publicada recientemente con todo detalle¹.

Protocolo del fototest

El fototest se realizó en una región anatómica habitualmente no expuesta a la radiación solar, en la zona lumbar o en las nalgas. Cada zona expuesta fue de al menos de 1 cm de diámetro con al menos 1 cm de distancia con el siguiente punto.

En la *tabla 2* se representan los valores de dosis de irradiancia eritemática para las series de exposición en el fototest, cuyos umbrales variaron dependiendo del fototipo cutáneo. Los valores de las series fueron establecidos en función de los umbrales empleados comúnmente por los diferentes grupos participantes. Se generó una serie para los fototipos mayoritarios II y III, desplazando hacia valores más bajos para fototipo I y hacia valores más altos para fototipo IV.

Se utilizaron series de 6 exposiciones a dosis creciente. En el caso de los simuladores solares se aplicó una progresión geométrica con un factor multiplicativo de 1,35 respecto al valor de la dosis anterior. En el caso del fototest mediante lámparas de UVBBA, y basándonos en la experiencia de los grupos participantes a la hora de seleccionar los umbrales de las series, el factor de progresión fue de 1,45. Para las unidades que utilizaron equipos de UVBBA Medisun Gigatest, la serie fue realizada utilizando únicamente 5 puntos, que son los que permiten las aperturas fijas del equipo en cuestión, el cual reajusta de forma automática los intervalos de dosis, en función del valor umbral máximo establecido para los diferentes fototipos y que es introducido manualmente por el explorador.

La lectura del fototest se realizó a las 24h, considerándose positivo el primer valor en el que se observase un eritema perceptible¹² en la superficie de exposición.

Para la determinación de reacciones anómalas a UVA la serie consistió en 4 zonas expuestas a dosis creciente ($5-10-15$ y $20 \text{ J}/\text{cm}^2$) de radiación UVA expresada en términos físicos.

Análisis estadístico

Se calcularon los valores medios y las desviaciones típicas por fototipo y centro participante. Además se calcularon los valores de DEM medios de toda la población agrupando todos los valores de los diferentes centros participantes por fototipo. A partir de los valores medios de DEM se consideró la DEM patológica aquella cuyo valor fuese menor que el valor medio de la distribución menos 2 veces la desviación típica, lo que garantiza el 95% de probabilidad de no encontrarse una DEM patológica entre los valores normales.

Cuando se analizó la significación de las diferencias por pares se utilizó el análisis «t» de Student para 2 muestras independientes. La significación de las diferencias entre los valores medios de la DEM por centros se calculó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) modelo I de una vía, seguido de un test multi-rango de Tukey-B. Se consideraron diferencias significativas para valores de $p < 0,05$ ¹³.

Resultados

Un total de 9 centros hospitalarios participaron en el estudio. En 4 de ellos se utilizó como fuente de luz un simulador

Tabla 2 Series de dosis de radiación ultravioleta empleadas para la realización de los fototest por fototipo y por tipo de fuente de iluminación

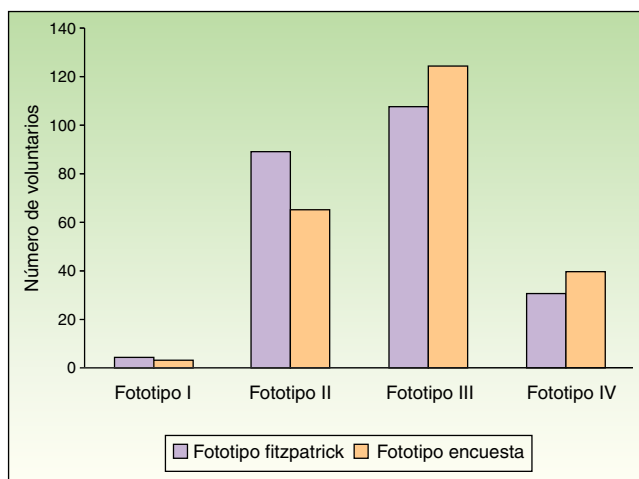
Simulador solar			Equipo emisión UVB de banda ancha					
Fototipo I (mJ/cm ²) eritemáticos	Fototipo II-III (mJ/cm ²) eritemáticos	Fototipo IV (mJ/cm ²) eritemáticos	Fototipo I (mJ/cm ²)	Fototipo II-II (mJ/cm ²)	Fototipo IV (mJ/cm ²)	Fototipo I (mJ/cm ²) eritemáticos	Fototipo II-III (mJ/cm ²) eritemáticos	Fototipo IV (mJ/cm ²) eritemáticos
7,4	10,0	13,5	20,5	30,0	43,8	7,1	10,3	15,1
10,0	13,5	18,3	30,0	43,8	64,1	10,3	15,1	22,1
13,5	18,3	24,7	43,8	64,1	93,7	15,1	22,1	32,3
18,3	24,7	33,3	64,1	93,7	136,9	22,1	32,3	47,2
24,7	33,3	45,0	93,7	136,9	200,0	32,3	47,2	69,0
33,3	45,0	60,8	136,9	200,0	292,4	47,2	69,0	100,8

Siguiendo la forma general de expresar las dosis de radiación a las que se exponen los voluntarios como se muestra comúnmente en la literatura especializada, en el caso de las fuentes de simulación solares se determinaron las series de dosis en términos de dosis biológica efectiva para eritema. En el caso de fuentes de iluminación de UVB de banda ancha generalmente se expresa en unidades absolutas o físicas en forma de mJ/cm² de UVB (280-320 nm). Al realizarse las medidas espectrales de estas fuentes de iluminación en todo el espectro de emisión de las lámparas (275-400 nm) se ponderaron los valores de irradiancia espectral por el factor eritemático y se calculó la *dosis biológica efectiva* para eritema de forma similar a los equipos de simulación solar. De esta forma son comparables los valores de DEM en términos de dosis biológica efectiva.

solar Solar Ligth 12 o 16 S, en 3 de ellos se utilizó un equipo UVB de banda ancha y en los 2 restantes se emplearon los 2 equipos (tabla 1). El número total de voluntarios fue de 232.

La participación fue mayoritariamente femenina (69%) sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en la edad media entre ambos sexos (media de edad de $37,9 \pm 14,3$ años [rango 21-76 años] en mujeres y $37,4 \pm 13,8$ años [rango 21-74 años] en los varones).

Los fototipos más frecuentes obtenidos según la práctica habitual del dermatólogo fueron el II y el III con 89 y 108 sujetos respectivamente (fig. 2). El fototipo I estuvo representado por 4 pacientes y el IV por 31. La distribución por fototipos según el autocuestionario cumplimentado por el propio voluntario fue I=3, II=65, III=124 y IV=40, observándose una disminución de los sujetos que se valoraron

**Figura 2** Comparativa de la distribución del número de voluntarios por fototipo (I-IV) determinados por autocuestionario o por el dermatólogo en función de la clasificación de fototipos de Fitzpatrick.

como fototipo II, mientras que aumentaron los sujetos que se autclasificaron como fototipos III y IV respecto al fototipo definido por el facultativo.

El valor del fototipo que se eligió para relacionarlo con la DEM fue el definido por el facultativo.

En la figura 3A se muestran los valores medios de DEM obtenidos por fototipo en los diferentes centros que utilizaron simulador solar. En todos los hospitales participantes se observó un aumento significativo de la DEM con respecto al fototipo cutáneo ($p < 0,05$, ANOVA una vía). Cuando se compararon los valores de DEM media por fototipo entre los diferentes hospitales no se observaron diferencias significativas para los fototipos II y III ($p > 0,05$, ANOVA una vía) con valores medios de 28 ± 4 y 35 ± 4 mJ/cm², respectivamente (tabla 3). En el caso del fototipo IV los valores de DEM fueron homogéneos en todos los centros, con un valor medio de 51 ± 6 mJ/cm², mientras que se observaron valores superiores en un centro (una sola muestra). Para el fototipo I se observaron DEM significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre los 2 centros que aportaron voluntarios de dicho fototipo con DEM media de 23 ± 8 mJ/cm².

Los valores de DEM medios por fototipo, agrupando los resultados obtenidos en todos los hospitales que utilizaron simulador solar, así como los valores umbrales, por

Tabla 3 Valores medios de DEM por fototipo agrupados los resultados de todos los centros y umbral de fotosensibilidad por fototipo. Fuente de luz: simulador solar

Fototipo	Valores medios DEM (mJ/cm ²)	DEM patológica (fotosensibilidad) (mJ/cm ²)
I	23 ± 8	< 7
II	28 ± 4	< 19
III	35 ± 4	< 27
IV	51 ± 6	< 38

DEM: dosis mínima eritemática.

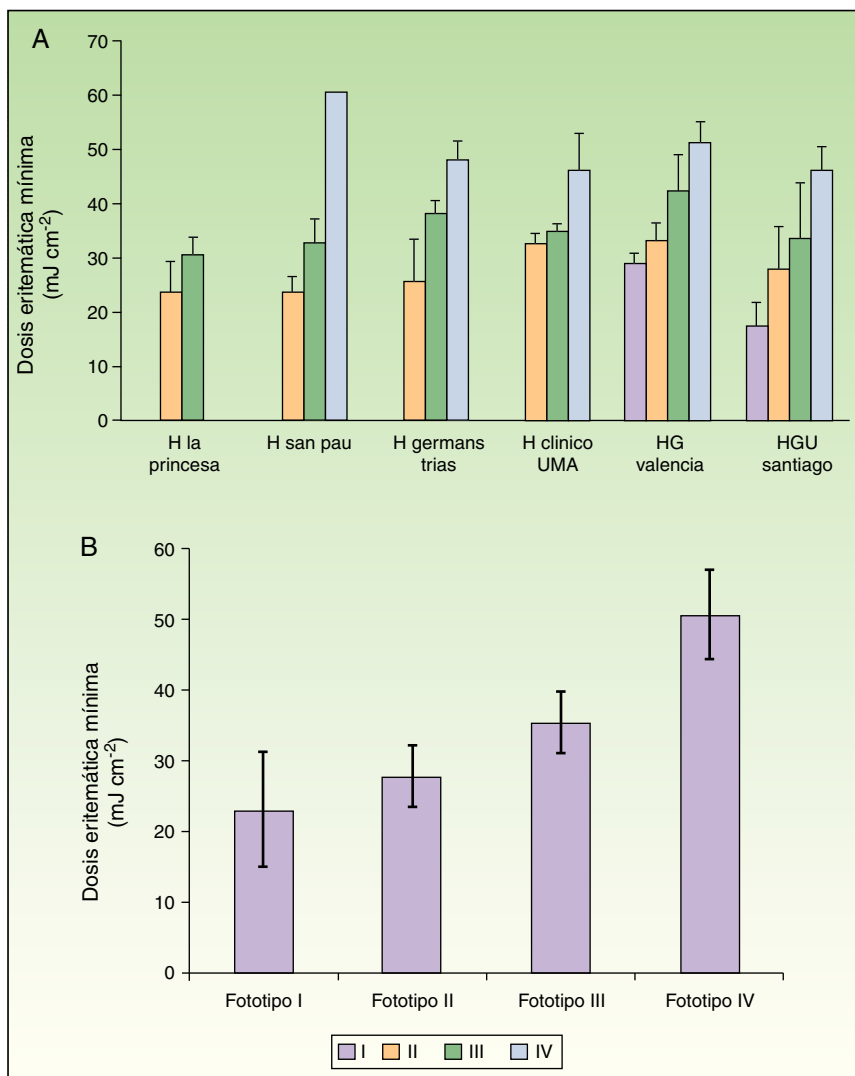


Figura 3 Valores medios de DEM ajustados por centro (A) y por fototipo (B) bajo simulador solar.

debajo de los cuales se consideró fotosensibilidad, tras aplicar la corrección estadística, están recogidos en la tabla 3 y representados en la figura 3B. Se observaron diferencias significativas entre los valores medios de DEM por fototipo ($p < 0,05$, ANOVA, una vía) con una correlación positiva entre el fototipo y la DEM.

Cuando se utilizaron fuentes de radiación de UVBBA no se observaron diferencias interhospitalarias para los fototipos II y III ($p > 0,05$, ANOVA una vía), mientras que para el fototipo IV los valores de DEM obtenidos en un centro fueron significativamente superiores al resto ($p < 0,05$, ANOVA una vía) (fig. 4A).

Los valores medios de DEM por fototipo agrupando todos los centros que utilizaron equipos de UVBBA y los valores de DEM patológica cuando se utiliza esta fuente de luz quedan recogidos en la tabla 4 y representados en la figura 4B. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores medios de DEM entre los fototipos II y III ni en los umbrales de fotosensibilidad.

En ningún sujeto participante en el estudio se observaron reacciones anómalas a radiación UVA con la serie explorada.

Discusión

En el presente estudio se ha establecido un protocolo de estandarización en la técnica del fototest de forma independiente a la fuente de radiación empleada, simulador solar o fuentes de radiación UVBBA. La aplicación de este

Tabla 4 Valores medios de DEM por fototipo agrupados los resultados de todos los centros y umbral de fotosensibilidad por fototipo. Fuente de luz: equipos UVBBA

Fototipo	Valores medios DEM (mJ/cm²)	DEM patológica (fotosensibilidad) (mJ/cm²)
I	SR	SR
II	28 ± 5	< 18
III	32 ± 3	< 24
IV	34 ± 5	< 24

DEM: dosis mínima eritemática; UVBBA: luz ultravioleta B de banda ancha; SR: sin resultado.

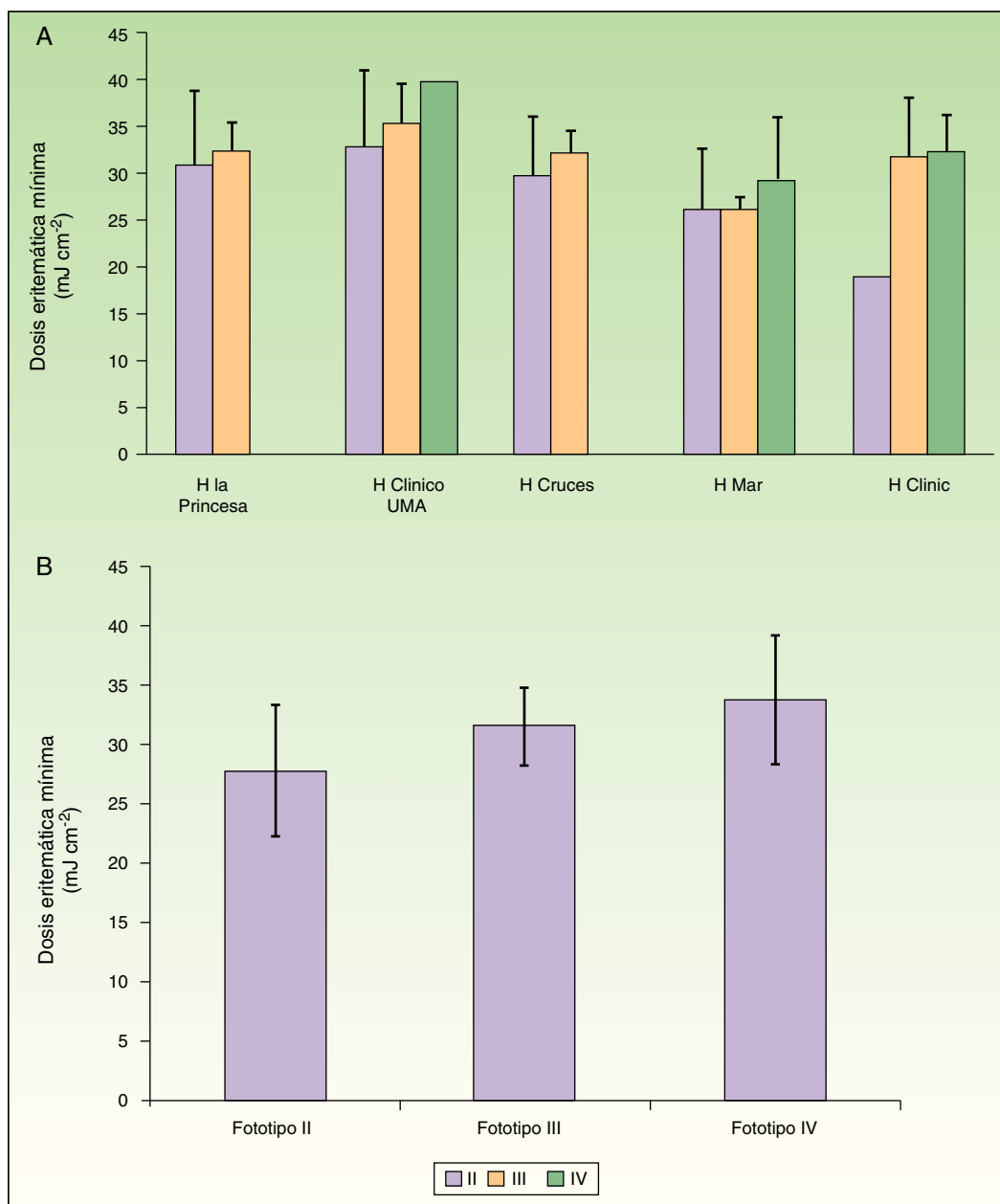


Figura 4 Valores medios de DEM ajustados por centro (A) y por fototipo (B) de las fuentes de UVBBA.

protocolo ha permitido proponer unos intervalos de radiación en función del fototipo que han sido validados en distintos centros. A partir de estos protocolos se establecen los valores que deberían ser considerados como anómalos para cada uno de los fototipos.

Uno de los aspectos más importantes, contemplado en la primera fase del presente estudio, ha sido el trabajo de comparación y calibración de equipos entre las diferentes instituciones participantes. La conveniencia del calibrado ya había sido insinuado por algunos autores hace años¹⁴. El equipamiento utilizado, aunque con variaciones en marcas y modelos, finalmente se ha englobado en 2 grupos de fuentes de iluminación: las lámparas de arco de xenón en los simuladores solares y las lámparas fluorescentes en los equipos de emisión de UVBBA. Si bien las diferencias espectrales entre

ambos equipos son evidentes, ambos sistemas de emisión de radiación UV han sido ampliamente utilizados en numerosos estudios y son aceptados por el foro dermatológico europeo^{2,15}.

El análisis espectral de todas las fuentes de calibración nos ha permitido avanzar en la homogenización de los valores de la serie de radiación que se deben utilizar en la exploración. A partir de los espectros de emisión de cada fuente de iluminación, convolucionados por el espectro de acción eritemática adoptado por la CIE¹¹ se han unificado las dosis de exposición a intervalos crecientes de dosis eritemática efectiva. Como consecuencia de ello, las dosis empleadas en los equipos de simulación solar, aunque con intervalos diferentes, resultan homogéneas con respecto a las utilizadas en los equipos de emisión de UVBBA (tabla 2).

Los umbrales de dosis para el establecimiento de los límites inferior y superior en las series de exploración han sido definidos por fototipo y se han considerado hasta 6 puntos por serie a intervalos crecientes de forma geométrica, tal y como se describe en otros trabajos^{16,17}. El hecho de definir 6 puntos por serie y niveles diferentes en los umbrales inferior y superior dependiendo del fototipo da lugar a una optimización en la generación de la DEM en los puntos centrales de la serie, y asegura la posibilidad de mayor acierto en la DEM patológica. De esta forma, centrando la serie en los valores de DEM, los 2 puntos más altos de la serie son generalmente positivos, mientras que entre el tercer y cuarto punto aparece la DEM, quedando los 2 primeros puntos sin aparición de eritema en piel normal. En estos 2 primeros puntos se encontraría el valor de dosis umbral para definir fotosensibilidad.

La segunda parte del estudio ha sido la aplicación práctica de todo el protocolo del fototest en la población del estudio, realizado simultáneamente en todos los centros participantes, trabajo de campo que hasta la fecha no había sido llevado a cabo.

Los fototipos mayoritariamente testados han sido el II y el III, representando el 28,1 y el 53,3% del total de fototipos respectivamente, siendo el resultado muy uniforme en todos los centros participantes. El fototipo menos representado ha sido el fototipo I, con menos del 2% del total, mientras que el 17,1% de la población estudiada ha sido del fototipo IV. No disponemos de referencias previas en cuanto a la frecuencia de fototipos en la población española. Evidentemente, estas frecuencias son válidas para el ámbito de la población estudiada, y dada la diferente localización geográfica de los centros participantes y la homogeneidad en los datos, tanto de fototipos como en los valores de DEM media por fototipo, podríamos pensar que el estudio podría ser representativo para toda la población española, aunque estas frecuencias estarán sujetas a grandes cambios si consideramos otras áreas geográficas del planeta^{3,4}.

La definición de fototipo queda lejos de seguir criterios objetivos. Por este motivo, en el presente trabajo realizamos 2 aproximaciones distintas: según el criterio del dermatólogo, mediante la aplicación de la definición de Fitzpatrick y mediante un autocuestionario (escala de Fitzpatrick). Si bien los valores fueron coherentes en ambos procedimientos para los fototipos II y III, en general el autocuestionario arrojaba valores superiores de fototipo. Esta circunstancia permite mostrar que el fototipo puede ser un criterio discutible a la hora de indicar protocolos de estudio fotobiológico o protocolos terapéuticos.

En cuanto a los valores de las DEM se ha observado gran variabilidad entre sujetos del mismo fototipo, un hecho ampliamente recogido en la literatura³⁻⁵ y posiblemente ligado a numerosos factores como la subjetividad en la lectura, la influencia de la iluminación ambiental, etc. Además, existen otros factores interferentes como las diferentes localizaciones anatómicas, o el antecedente de exposición solar reciente, sesgos que trataron de ser minimizados a través del protocolo empleado en el presente estudio.

De hecho, los resultados obtenidos con los participantes testados con simulador solar han mostrado valores de DEM media muy similares a los establecidos por Fitzpatrick para los fototipos I-IV. Sin embargo, en los sujetos testados con equipos de UVBBA, aunque los valores de la DEM media

también están dentro de los mismos márgenes, las diferencias entre los valores de la DEM por fototipos son mucho menos evidentes. En particular destaca la uniformidad entre los resultados encontrados para el fototipo III y IV, muy similares cuando los exploramos con UVBBA. Esta observación permite demostrar que la DEM obtenida con simulador solar es más sensible a los incrementos de fototipo, probablemente debido a los intervalos de dosis entre cada 2 puntos de la serie. A mayor intervalo entre los puntos menor sensibilidad a la hora de establecer la DEM, ya que las diferencias entre los umbrales inicial y final son mayores en las series para UVBBA tal y como se puede observar en la [tabla 2](#).

La variabilidad en los valores de la DEM para un mismo fototipo plantea reflexiones importantes a la hora de valorar objetivamente la prueba del fototest desde el punto de vista clínico. La primera es preguntarnos si la DEM tiene una correspondencia clara con el fototipo, ya que, aunque sujeta a variabilidades, es un test fotobiológico con un resultado «medible» y reproducible, mientras que la evaluación del fototipo está fundamentada en cuestiones planteadas por el dermatólogo a un sujeto sano o paciente, o los propios cuestionarios contestados por el sujeto están expuestos a un mayor índice de subjetividad, y por tanto de error. En el presente trabajo comprobamos una falta de correspondencia entre determinados intervalos de la DEM y el fototipo, o dicho de otra manera, el solapamiento de los valores de la DEM entre diferentes fototipos, hecho también observado por otros autores⁵. Esta circunstancia puede deberse de hecho a que la determinación del fototipo mediante preguntas o cuestionarios acumule excesivos errores o, simplemente, porque el umbral de desarrollo de eritema frente a la radiación UVB, que es el dato objetivo testado en el fototest, no tuviese en realidad relación con los parámetros valorados en la evaluación del fototipo. No obstante, tras agrupar todos los resultados de los diferentes centros participantes por fototipo, los valores medios obtenidos presentan una clara correlación con el incremento de fototipo evaluado por el facultativo, y la baja dispersión de resultados muestra un bajo nivel de solapamiento.

Otra cuestión es si con la prueba del fototest podemos determinar si un sujeto con fotosensibilidad tiene una DEM disminuida si no conocemos previamente su DEM en situación de normalidad. De hecho, no hay definido un valor de DEM general en la literatura por debajo del cual podamos hablar de fotosensibilidad. También hay que tener en cuenta que un gran porcentaje de fotodermatosis (cerca del 70% en algunas series) presentan un fototest que se considera normal¹⁸. Por ello, uno de los aspectos más importantes a resaltar del presente trabajo es la propuesta de valores umbral de eritema por debajo de los cuales se puede garantizar el 95% de probabilidad de no encontrarse una DEM patológica entre los valores normales, siempre que se cumplan las condiciones planteadas en el estudio. Aunque el tamaño muestral de los fototipos I y IV podría considerarse una limitación, la homogeneidad en los resultados obtenidos en el conjunto de los centros participantes avala lo contrario ([fig. 3B](#)). De cualquier forma, la utilización en la práctica clínica de los parámetros obtenidos nos dirá si realmente los datos aportados son fiables ([tablas 3 y 4](#)).

Finalmente, en ninguno de los sujetos testados hemos encontrado reacciones anómalas a UVA, por lo que la serie

exploratoria nos parece adecuada y acorde con los valores empleados por otros autores¹⁸, que fijan las reacciones anómalas a UVA cuando aparece eritema por debajo de 20 J/cm².

En conclusión, en el presente trabajo, se han homogeneizado las unidades de medida, así como las series y los intervalos dosis efectivos de eritema para los diferentes sistemas de iluminación utilizados. Los resultados de todos los centros participantes agrupados han dado lugar a DEM por fototipo homogéneas, cuyos valores coinciden con los establecidos por Fitzpatrick, estableciéndose además los umbrales para DEM patológica por fototipos. Se ha definido la serie exploratoria para determinar reacciones anómalas a UVA. Por último, cabe señalar que habría que profundizar en la mejora de las series empleadas para los equipos de UVBBA con el fin de aumentar la sensibilidad de la DEM al cambio de fototipo.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes y que todos los pacientes incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento informado por escrito para participar en dicho estudio.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la colaboración de todos aquellos que directa o indirectamente han contribuido a la realización de este trabajo. En particular, a S. Gómez-Bernal, del Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo; a Ramón García, médico residente, y a Concepción Sierra, ATS/DUE, ambos del Servicio de Dermatología del Hospital General Universitario de Valencia.

Bibliografía

1. De Argila D, Aguilera J, Sánchez J, García-Díez A. Estudio de las fotodermatosis idiopáticas y exógenas. Parte I: fisiopatología y aspectos técnicos del estudio fotobiológico. *Actas Dermosifiliogr.* 2014;105:112–21.
2. Faurschou A, Wulf HC. European dermatology guideline for the photodermatoses. 2. Phototesting [consultado 24 Abr 2014]. Disponible en: http://www.euroderm.org/images/stories/guidelines/guideline_phototesting.pdf
3. Youn JI, Oh JK, Kim BK, Shu DH, Chung JH, Oh SJ, et al. Relationship between skin phototype and MED in Korean, brown skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomedic.* 1997;13:208–11.
4. Venkataram MN, Haitham Al A. Correlating skin phototype and minimum erythema dose in Arab skin. *Int J Dermatol.* 2003;42:191–2.
5. Harrison GI, Young AR. Ultraviolet radiation-induced erythema in human skin. *Methods.* 2002;28:14–9.
6. Moseley H, Naasan H, Dawe RS, Woods J, Ferguson J. Population reference intervals for minimal erythema doses in monochromator phototesting. *Photodermatol Photoimmunol Photomedic.* 2009;25:8–11.
7. Fitzpatrick TB. Soleil et peau. *J Med Esthet.* 1975;2:33–4.
8. Fitzpatrick TB. The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Arch Dermatol.* 1988;124:869–71.
9. Pérez Ferriols A. Proyecto dosis eritematosa mínima (DEM): en busca del consenso en la técnica del fototest. *Actas Dermosifiliogr.* 2013;104:541–2.
10. Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2009;75:93–6.
11. McKinlay AF, Diffey BL. A reference spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE J.* 1987;6:17–22.
12. Quinn AG, Diffey BL, Craig PS, Farr PM. Definition of the minimal erythema dose used for diagnostic phototesting. *Br J Dermatol.* 1994;131 Suppl 44:56.
13. Sokal RR, Rohlf FJ. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research.* 4th ed New York: WH Freeman and Co; 2012.
14. Martínez Lozano JA, Utrillas Esteban MP, Pedrós Esteban R, Tena Sangüesa F, De la Cuadra Oyanguren J, Pérez Ferriols A, et al. Algunas evidencias clínicas sobre la necesidad del calibrado de simuladores solares usados en dermatología. *Actas Dermosifiliogr.* 2001;92:444–51.
15. Neumann NJ, Lehmann P. Photodiagnostic Modalities. En: Krutmann J, Hönigsmann H, Elmetts CA, editores. *Dermatological phototherapy and photodiagnostic methods.* 2nd ed Berlin: Springer-Verlag; 2009. p. 367–77.
16. Boonstra HE, Van Weelden H, Toonstra J, Van Vloten WA. Polymorphous light eruption: A clinical, photobiologic, and follow-up study of 110 patients. *J Am Acad Dermatol.* 2000;42:199–207.
17. Faurschou A, Wulf HC. The relation between sun protection factor and amount of sunscreen applied in vivo. *Br J Dermatol.* 2007;156:716–9.
18. Keena S, Que T, Brauer J, Soter N, Cohen D. Normal minimal erythema dose responses in patients with suspected photosensitivity disorders. *Photodermatol Photoimmunol Photomed.* 2012;28:320–1.