

ORIGINAL

Dosis eritematosa mínima: correlación con el fototipo y método de medición en una muestra de población colombiana



M.C. Valbuena Mesa^{a,*}, J.A. Nova Villanueva^a y G. Sánchez Vanegas^b

^a Hospital Universitario Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta, Bogotá, Colombia

^b Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud-FUCS, Bogotá, Colombia

Recibido el 11 de julio de 2019; aceptado el 24 de diciembre de 2019

Disponible en Internet el 12 de mayo de 2020

PALABRAS CLAVE

Simulador solar;
Rayos ultravioleta;
Fototipo;
Estudio de correlación;
Colombia

Resumen

Antecedentes y objetivo: La determinación de la dosis eritematosa mínima (DEM) es necesaria para el estudio de la fotosensibilidad cutánea, debe determinarse en cada población, dadas las diferencias genéticas y las metodologías utilizadas. El objetivo de este estudio fue determinar la DEM en población colombiana, su correlación con los fototipos y la concordancia de dos alternativas de medición.

Pacientes y métodos: Estudio de corte transversal que incluyó 113 personas en Bogotá (Colombia). Se determinó la DEM para UVA + UVB y UVA utilizando un simulador solar y para UVB de banda estrecha (UVBBE) con una cabina de fototerapia. La evaluación se realizó visualmente y por Mexameter MX[®]-18.

Resultados: La mediana de la DEM para UVA + UVB fue de 22 mJ/cm² para fototipos I y II y de 33 y 43 mJ/cm² para fototipos III y IV, respectivamente; para UVA fue de 22, 42, 86 y 100 J/cm² y para UVBBE de 390, 550, 770 y 885 mJ/cm² (fototipos I-IV, respectivamente). La correlación entre los fototipos y la DEM osciló entre 0,5 y 0,69. El nivel de correlación-concordancia de LIN entre el método visual y el Mexameter fue superior a 0,8 en todos los casos.

Conclusiones: Este estudio permitió conocer los valores de DEM para UVA + UVB, UVA y UVBBE para los diferentes fototipos en la población colombiana, y evidenció una correlación muy buena entre los métodos de medición evaluados y una correlación moderada a buena entre la DEM y los fototipos.

© 2020 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de AEDV. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: marvalbuen@yahoo.com (M.C. Valbuena Mesa).

KEYWORDS

Solar simulators;
UV rays;
Skin phototype;
Correlation study;
Colombia

Minimal Erythema Dose: Correlation with Fitzpatrick Skin Type and Concordance Between Methods of Erythema Assessment in a Patient Sample in Colombia

Abstract

Background and objective: The minimal erythema dose (MED), an essential measurement in studies of skin photosensitivity, requires establishing MED values for specific populations, given genetic variation. Different ways to assess erythema are also relevant. We aimed to determine MED values in a sample of Colombian patients and correlations between MED and Fitzpatrick skin type. We also studied concordance correlation between MEDs and two alternative ways to assess erythema.

Patients and methods: Cross-sectional study of 113 individuals in Bogotá, Colombia. We used a solar simulator to measure UV-A radiation and combined UV-A and UV-B (UVA + UVB) radiation, or se podría suprimir este término porque UVA y UVB son términos conocidos for MED calculation. Narrowband UV-B (NBUVB) radiation was measured in a phototherapy cabin. Erythema was assessed visually and with a Mexameter MX 18 device.

Results: The median MEDs of UVA + UVB radiation were 22 mJ/cm² for Fitzpatrick skin types I and II, and 33 and 43 mJ/cm², respectively, for types III and IV. The MEDs of UV-A radiation were 22, 42, 86, and 100 J/cm² for types I, II, III, and IV, respectively. The MEDs of NBUVB light were 390, 550, 770, and 885 mJ/cm² for the 4 skin types. The correlation between MEDs and skin types ranged from 0.5 to 0.69. Lin's concordance correlation coefficients between visual and Mexameter assessments of erythema were greater than 0.8 in all cases.

Conclusion: This study allowed us to understand MED values for UV-A, UVA + UVB, and NBUVB according to different skin types in the Colombian population. Concordance correlation coefficients between the different methods of erythema assessment were very good. Correlations between MEDs and skin types were moderate to good.

© 2020 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of AEDV. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La evaluación de la sensibilidad de la piel a la radiación ultravioleta (RUV) es fundamental para el estudio de la fotosensibilidad cutánea, lo que es crucial para las fotodermatosis, la fotocarcinogénesis, la fotoprotección y el uso de la fototerapia^{1,2}. Una de las pruebas que se utiliza con mayor frecuencia para medir dicha sensibilidad es la determinación de la dosis eritematosa mínima (DEM), que se define como la mínima dosis de RUV capaz de inducir un eritema perceptible en la piel, y usualmente se evalúa 24h después de la irradiación^{3,4}.

La detección visual de la DEM es subjetiva y su valor puede verse afectado por diferentes factores, como la fuente de luz, los incrementos realizados, el área irradiada, la exposición previa a la RUV, la definición de la DEM, la temperatura de la piel y la variabilidad intraobservador e interobservador². Además, las diferencias étnicas influyen en la variabilidad de la detección de la DEM, por lo que se requiere la validación de la medición de esta en cada población.

Existen métodos indirectos que valoran la posible sensibilidad de un individuo frente a la RUV sin necesidad de la determinación de la DEM, y entre ellos el más utilizado es la escala de fototipos de Fitzpatrick⁵. La fiabilidad y la validez de este sistema se han cuestionado, principalmente por su subjetividad y por el sesgo de memoria^{2,6,7}. Sin embargo, Sánchez et al.⁸ sugieren que esta escala puede ser fiable en la medida en que se realice una estandarización de la metodología de evaluación de la misma.

En varios países se ha determinado la DEM teniendo en cuenta el fototipo, y algunos estudios han mostrado que no existe una buena correlación entre estas variables^{6,9-12}. En Colombia solo hay una publicación realizada en población escolar que no encontró correlación entre la DEM para UVB y el fototipo¹².

Para la medición más objetiva del eritema cutáneo se han utilizado diferentes instrumentos, entre ellos el colorímetro triestímulo (cromámetro) y el espectrofotómetro de reflectancia simple de banda estrecha (Mexameter MX[®]-18), que muestran una buena correlación con la evaluación visual^{13,14}.

El objetivo de este estudio fue determinar la DEM para UVA + UVB, UVA y UVB de banda estrecha (UVBBE), en un grupo de individuos colombianos de diferentes fototipos, y el grado de correlación existente entre la DEM y los fototipos, así como establecer el nivel de correlación-concordancia entre dos métodos de medición: visual vs. Mexameter MX[®]-18.

Método**Diseño, población y muestra**

Se realizó un estudio de corte transversal para evaluar la sensibilidad de la piel a la RUV en términos de los valores de la DEM en una muestra de población colombiana y la correlación-concordancia de dos métodos de medición de la DEM: visual y por Mexameter MX[®]-18 (Courage Khazaka Electronic, Köln, Alemania). El Mexameter MX[®]-18 es un espectrofotómetro que mide la absorción de la luz a dos lon-

gitudes de onda, 568 nm para la hemoglobina y 660 nm para la melanina, que arroja como resultado un índice de eritema y un índice de melanina. Se efectuó un muestreo secuencial por conveniencia, incluyendo sujetos sanos, mayores de 18 años, quienes asistieron al Hospital Universitario Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta en Bogotá (Colombia) y otorgaron su consentimiento para participar en el estudio. Se excluyeron los pacientes que referían estar en tratamiento con algún tipo de medicación sistémica fotosensibilizante durante los 2 meses previos al inicio del estudio, que habían usado corticoides tópicos durante los 8 días previos o tomado antihistamínicos orales 2 días antes, los que tenían una historia personal o familiar de fotosensibilidad, los que hubieran estado expuestos a la radiación solar natural o artificial de la piel de la espalda durante las 6 semanas previas al estudio, así como los extranjeros o hijos de padres extranjeros.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se empleó la fórmula propuesta para la estimación de correlación y concordancia en estudios de corte transversal, que emplea datos ordinales y continuos¹⁵, teniendo en cuenta un valor alfa de 0,05, una precisión esperada del 10% y un coeficiente de correlación del 0,8 (basado en un estudio piloto desarrollado por los investigadores). Con base en lo anterior se calculó un tamaño de muestra de 75 individuos, en quienes se les debía determinar la DEM para UVA, UVA + UVB y UVBBE, y luego evaluar las dos técnicas de medición de la DEM. Todos los procedimientos del estudio fueron aprobados por el comité de ética en investigación institucional y siguieron todas las recomendaciones establecidas por la declaración de Helsinki.

Procedimiento de evaluación de la DEM

Cada sujeto fue evaluado con la escala de fototipos de Fitzpatrick⁵. Posteriormente se irradió la piel de la espalda con dosis crecientes en 20% de UVA + UVB (fototipos I-II: 15-43 mJ/cm² y fototipos III-IV: 30-72 mJ/cm²), UVA (fototipos I-II: 20-50 J/cm² y fototipos III-IV: 42-100 J/cm²) y UVBBE (fototipos I-II: 50-550 mJ/cm² y fototipos III-IV: 100-970 mJ/cm²). Para administrar UVA + UVB y UVA se utilizó el simulador solar «Solar Light multiport» modelo 601, de 300 mw (Glenside, Pennsylvania, Estados Unidos), que tiene 6 guías líquidas de 9 mm. Para la UVBBE se utilizó la cabina de fototerapia Daavlin 305/350 (Bryan, Ohio, Estados Unidos), con una potencia de 4,3 mw/cm² a una distancia de 15 cm, colocando un molde de plástico blanco de 4 capas con 8 campos, cada uno de 1 cm², sobre la piel de la espalda y cubriendo el resto de la piel del cuerpo y de la cara con tela gruesa que no permitiera el paso de la RUV, además de gafas de fotoprotección. Las dosis de radiación fueron medidas con el dosímetro PMA-2100 y sus respectivos detectores (SUV PMA2103 y UVA PMA2113) para el simulador solar, calibrados por Solar Light, y con el radiómetro IL-1700 y su detector para UVB de banda estrecha (International Light, Newburyport, MA, Estados Unidos) para la cabina de fototerapia.

La lectura de la DEM se realizó 24 h después de la irradiación, teniendo en cuenta la dosis mínima de radiación con la que se obtuvo un eritema mínimo perceptible. Dos observadores entrenados realizaron las lecturas: visual y

por Mexameter MX[®]-18. Para la medición con el Mexameter MX[®]-18 se realizaron 3 lecturas apoyando la pieza de mano en la piel no irradiada y 3 lecturas por cada campo irradiado, de las cuales se obtuvo el promedio; si no se obtenía eritema se repetía el procedimiento con dosis mayores en aumento geométrico. El valor de la DEM por el Mexameter MX[®]-18 fue determinada por un físico y correspondió a la dosis con la cual se obtuvo la máxima pendiente de las curvas dosis-respuesta para cada individuo, según la metodología previamente publicada¹⁶. La dosis máxima de UVA que se pudo administrar con el simulador solar fue de 100 J/cm²; a efectos del análisis, a las personas que no presentaron eritema con esa dosis se les asignó de forma arbitraria un valor de DEM de 120 mJ/cm².

Análisis estadístico

Para cada una de las variables se realizaron análisis descriptivos empleando las medidas estadísticas de resumen más apropiadas. En el caso de las variables categóricas, se resumió la información en tablas de frecuencia con valores absolutos y relativos (sexo y fototipo). Para la DEM (UVA + UVB, UVA y UVBBE, mediciones visuales y por Mexameter MX[®]-18), dado que los datos no presentaron distribución normal, se empleó la mediana y el rango intercuartílico (RIC: diferencia entre el p75 y el p25). La correlación entre el fototipo y la medición de la DEM, en sus diferentes modalidades, se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Spearman, con su respectivo intervalo de confianza del 95% y su valor p. Adicionalmente, para evaluar el nivel de correlación-concordancia entre las diferentes mediciones de la DEM, se empleó el estadístico de correlación-concordancia de LIN, reportado con su intervalo de confianza del 95% y valor p. Los análisis se realizaron en el software estadístico Stata 14.

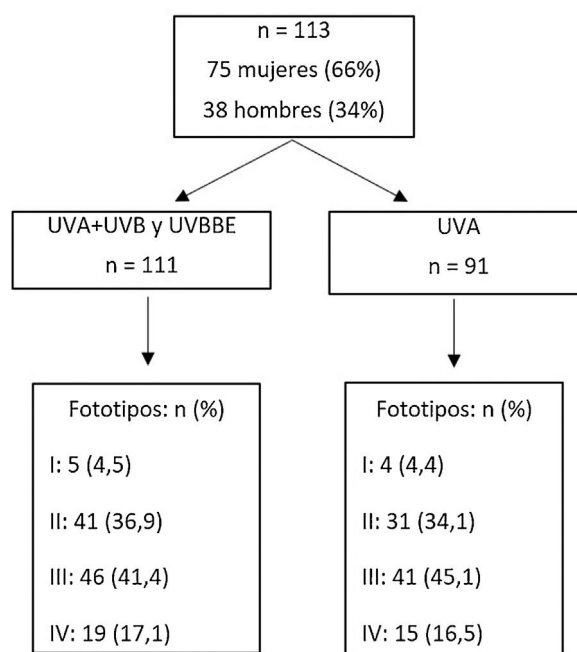


Figura 1 Datos de la población del estudio.

Tabla 1 Fototipos y DEM (UVA + UVB, UVA y UVBBE) visual y por Mexameter

Tipo de radiación	Fototipo I		Fototipo II		Fototipo III		Fototipo IV	
	Mediana VIS/MEX	RIQ VIS/MEX	Mediana VIS/MEX	RIQ VIS/MEX	Mediana VIS/MEX	RIQ VIS/MEX	Mediana VIS/MEX	RIQ VIS/MEX
UVA + UVB	22/27	15/12	22/22	12/12	33/30	13/6	43/43	26/26
UVA	22/24	6,5/8,5	42/42	21/18	86/60	70/36	100/100	48/48
UVBBE	390/390	160/0	550/550	380/160	770/590	420/220	885/770	330/470

MEX: Mexameter MX[®]-18; RIQ: rango intercuartílico (p75-p25); VIS: visual.

Resultados

Se incluyeron en el estudio 113 sujetos, con una edad mediana de 27 años (RIC: 18-56 años), de los cuales el 66% eran mujeres. No hubo individuos de fototipos V y VI. En la [figura 1](#) se registra el número total de individuos y su distribución por fototipo. En 111 sujetos se evaluó la DEM para UVA + UVB y UVBBE, y solo en 91 individuos para UVA, debido a dificultades para permanecer el tiempo que demandaba la prueba. En 21 de los 91 no se observó eritema con

la dosis máxima de UVA administrada, 100 J/cm² (3 fueron fototipo II, 7 fototipo III y 11 fototipo IV), y en 14 sujetos el Mexameter MX[®]-18 no detectó eritema (uno fototipo II, 7 fototipo III y 6 fototipo IV). El comportamiento de la mediana de la DEM y su respectivo rango intercuartílico por fototipo y método de medición se presenta en la [tabla 1](#) y en la [figura 2a-c](#).

Para poder comparar los resultados con las publicaciones sobre el tema se determinó la media de la DEM evaluada

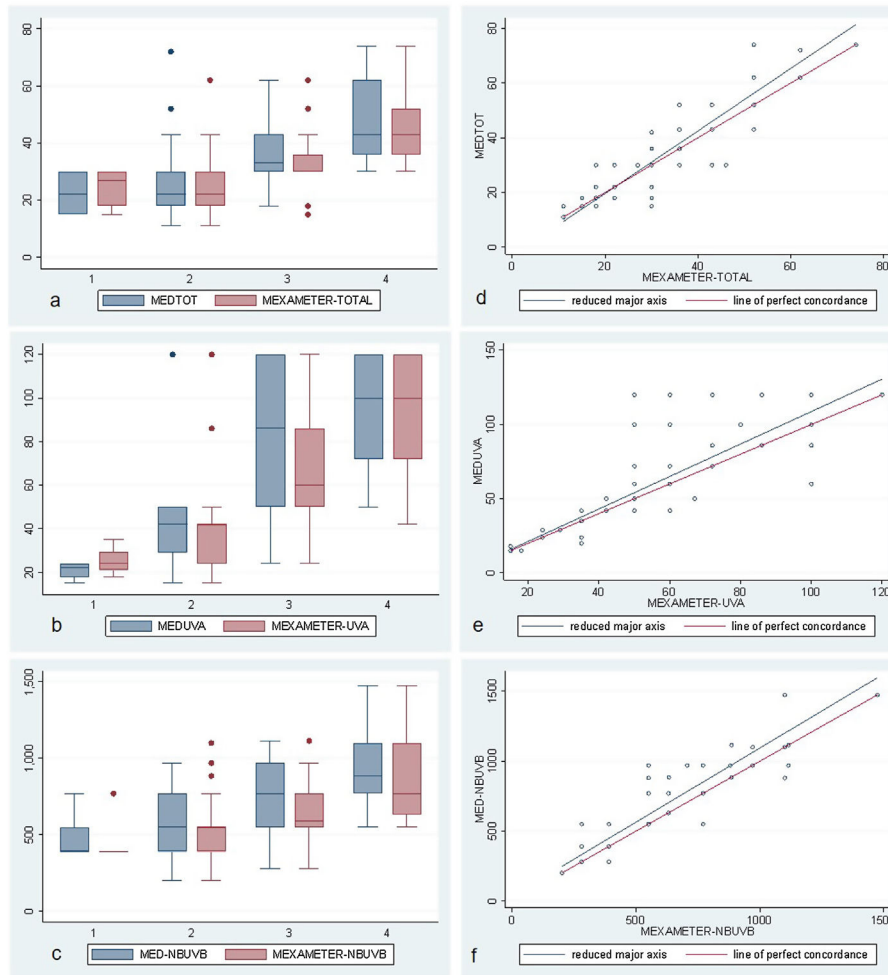


Figura 2 a-c) Diagramas de caja y bigotes para UVA + UVB (MEDTOT), UVA y UVBBE (NBUVB) para las DEM medidas por método visual y Mexameter MX[®]-18 para los fototipos 1 a 4; se aprecia el aumento progresivo de la mediana, especialmente desde el fototipo 2 al 4. d-f) Diagramas de correlación-concordancia entre los métodos visual y por Mexameter MX[®]-18: se observa una buena correlación para las diferentes longitudes de onda.

Tabla 2 Fototipos y media de la DEM (UVA + UVB, UVA y UVBBE) visual

Tipo de radiación	Fototipo I		Fototipo II		Fototipo III		Fototipo IV	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
UVA + UVB	22	7,5	24	11,4	36	10,5	48	14,9
UVA	21	4,3	44	27,3	81	31,4	95	26,9
UVBBE	498	167,1	593	225,5	765	205,6	946	275,7

DE: desviación estándar.

Tabla 3 Correlación entre fototipos y DEM

	S	P
DEM UVA VIS	0,64	< 0,001
DEM UVA MEX	0,69	< 0,001
DEM UVBBE VIS	0,50	< 0,001
DEM UVBBE MEX	0,53	< 0,001
DEM UVA + UVB VIS	0,66	< 0,001
DEM UVA + UVB MEX	0,64	< 0,001

MEX: Mexameter MX[®]-18; S: coeficiente de correlación de Spearman; VIS: visual.

visualmente, a pesar de que la muestra no observó distribución normal (tabla 2).

Correlación entre los fototipos y la DEM

Se evaluó la correlación entre los fototipos con cada una de las mediciones de la DEM (UVA + UVB, UVA, UVBBE), tanto en la alternativa visual como con el Mexameter MX[®]-18. Se encontró una correlación que osciló entre 0,5 y 0,69. Las correlaciones más bajas fueron las registradas para la UVBBE, tanto visual como con el Mexameter MX[®]-18 (0,5 y 0,53, respectivamente). El detalle del coeficiente de correlación obtenido para cada medición y su respectivo valor de p se presenta en la tabla 3.

Correlación-concordancia entre la DEM visual y por Mexameter MX[®]-18

Se estimó el nivel de correlación-concordancia entre cada una de las mediciones de la DEM, comparando la alternativa visual con el Mexameter MX[®]-18. En todos los casos el coeficiente de LIN fue superior a 0,8 (tabla 4 y figura 2d-f).

Discusión

En este estudio se determinó la DEM para UVA, UVBBE y UVA + UVB en una muestra de población colombiana. En las investigaciones realizadas utilizando un simulador solar el valor promedio de la DEM de UVA + UVB para los diferentes fototipos varía; sin embargo, el valor para los fototipos I al IV de la población de este estudio fue similar a los datos publicados por Pérez-Ferriols et al.¹⁷ en España, probablemente debido a que nuestra población comparte genes españoles por el mestizaje¹⁸. En un estudio realizado en la India, el valor promedio de la DEM para el fototipo IV fue similar a los resultados para este fototipo en España y en el pre-

sente estudio¹⁹. Para el fototipo III el promedio de la DEM fue similar en los asiáticos australianos²⁰, españoles¹⁷ y colombianos. En población china los valores promedio de la DEM de acuerdo con el fototipo son más altos²¹, y es posible que esto se deba a que el estudio se realizó en la piel del glúteo, que tiene una sensibilidad menor a la de la espalda^{9,22}, y a las diferencias genéticas (tabla 5).

El valor promedio de la DEM para los fototipos I-IV en los estudios realizados con otras fuentes de UVB (lámparas fluorescentes UVB), en Brasil¹¹, en Estados Unidos²³ y para algunos fototipos en el Reino Unido⁹ es similar al de nuestra población para UVA + UVB. En contraste, los valores promedio de la DEM en Corea⁶, y especialmente en Singapur²⁴, son mucho más altos para los mismos fototipos (tabla 6). Las diferencias podrían explicarse por la variabilidad genética y debido a que en el estudio de Singapur se irradió la piel del glúteo.

Si se comparan los resultados del presente estudio con el de Medellín (Colombia)¹², en este último se observa un mayor valor promedio de la DEM por fototipo, lo que podría obedecer a que se utilizó como definición de la DEM la mínima dosis que producía eritema con bordes bien definidos.

En la literatura revisada se encontraron pocas publicaciones acerca de los valores de la DEM de UVA, quizá por la dificultad de disponer de una fuente de RUV que emita dosis altas de UVA en períodos cortos de tiempo. Al comparar las medianas de la DEM de UVA del presente estudio con los rangos obtenidos por Fitzpatrick⁵, los valores en J/cm² son similares para los fototipos I (22 vs. 20-35) y II (42 vs. 30-35), pero son más altos para los fototipos III (86 vs. 40-55) y IV (100 vs. 50-80).

Con relación a la UVBBE, los valores promedio de la DEM en población española¹⁷ (obtenidos a partir de la aplicación de un factor de conversión a los resultados de la DEM para UVB) son similares a los del presente estudio para todos los fototipos. En Detroit, Carretero-Mangolis y Lim²⁵ reportan que la mediana de la DEM para fototipos I-II fue de 600 mJ/cm² y la de los fototipos III-IV de 700 mJ/cm², valores análogos a los del presente estudio: 550 y 770 mJ/cm², respectivamente. En 352 pacientes con psoriasis en el Reino Unido los valores de la mediana de la DEM por fototipo fueron menores: 200, 280, 390 y 550 mJ/cm² (fototipos I-IV, respectivamente)²⁶.

Consistente con lo publicado por otros autores^{2,11,12,24}, evidenciamos que hay una tendencia al aumento de la DEM a medida que aumenta el fototipo. Sin embargo, la escala de fototipos de Fitzpatrick no es suficiente para hacer una buena discriminación. De hecho, los valores de la DEM de UVA + UVB, UVA y UVBBE se superponen en los diferentes fototipos, de modo que dos personas podrían tener

Tabla 4 Correlación-concordancia de la DEM visual vs. Mexameter MX®-18

Tipo de radiación	L	IC		p
UVA	0,88	0,84	0,93	< 0,001
UVBBE	0,83	0,78	0,89	< 0,001
UVA + UVB	0,89	0,85	0,92	< 0,001

L: coeficiente de correlación concordancia de LIN.

Tabla 5 Valores promedio de la DEM (UVA + UVB) en los estudios realizados con simulador solar

País	Fototipo	n	DEM UVA + UVB		Sitio irradiado
			mJ/cm ²	DE	
India ²⁰	IV	41	51,2	5,88	Espalda
China ²¹	II	NR	64	22,2	Glúteo
	III		66,3	17,1	
	IV		77,4	17,4	
Asiáticos australianos ²⁰	II	2	39	NR	Espalda
	III	17	37,6		
	IV	11	61		
España ¹⁷	I	4	23	8	Espalda o glúteo
	II	89	28	4	
	III	108	35	4	
	IV	31	51	6	
Colombia (este estudio)	I	5	22	7,5	Espalda
	II	41	24	11,4	
	III	48	36	10,5	
	IV	19	49	14,9	

Tabla 6 Valores promedio de la DEM realizados con otras fuentes de UVB

País	Fototipo	n	DEM UVB		Sitio irradiado
			mJ/cm ²	DE	
Corea ⁶	I	10	59	17,9	Espalda
	II	7	72,9	11,1	
	III	46	72,4	31	
	IV	34	69,4	30,8	
Singapur ²⁴	II	6	79	27	Glúteo
	III	36	108	43	
	IV	32	163	50	
Reino Unido ⁹	I	7	30	15	Espalda
	II	11	25	10	
	III	12	21	7	
	IV	6	49	9	
Estados Unidos ²³	I	39	29	11,9	Glúteo
	II	163	36	12,8	
	III	146	43	17,6	
	IV	58	58	23	
Brasil ¹¹	I	30	14,8	2	Infra- axilar
	II	35	26,8	5,8	
	III	35	30,8	5,1	
	IV	31	41,7	8	
Colombia ¹²	I	2	35	21	Espalda
	II	23	56	9	
	III	51	70	14	
	IV	20	84	10	

el mismo valor de la DEM aun perteneciendo a distintos fototipos^{2,6,25,27,28}.

Algunos autores han establecido que no existe correlación entre la DEM y el fototipo^{6,9,12,29} y otros sí la encuentran^{11,24,30,31}. El presente estudio exploró esta relación y encontró una correlación catalogada como buena para UVA y UVA + UVB y moderada para UVBBE.

La correlación-concordancia entre las mediciones de la DEM visual y por Mexameter MX[®]-18 fue muy buena para UVA + UVB, UVA y UVBBE, como se ha evidenciado en algunos estudios^{13,14}. Teniendo en cuenta los resultados, las dos formas de medición son intercambiables, por lo que la determinación visual sigue siendo muy útil en la práctica clínica.

Dentro de las limitaciones del presente estudio tenemos que la muestra es pequeña, especialmente para el fototipo I, y no es representativa de toda la población colombiana puesto que no fue posible incluir individuos con fototipos V y VI, que se encuentran en otras regiones geográficas del país. Por otra parte, algunos individuos no presentaron un eritema con la dosis máxima administrada de UVA (100 mJ/cm²), y para el análisis de los datos se asumió un valor de la DEM de 120 J/cm², lo que puede no corresponder a la DEM real de estos sujetos.

Conclusión

En este estudio, en el que se determinó la DEM para UVA + UVB, UVA y UVBBE en un grupo de colombianos con fototipos I-IV, se encontró una superposición de los valores de la DEM en los diferentes fototipos, una correlación moderada a buena de esta con los fototipos, y una muy buena correlación entre las mediciones visuales y por un método objetivo como es el Mexameter MX[®]-18.

Financiación

El Hospital Universitario Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta (Bogotá, Colombia) fue la institución que aportó los recursos económicos para la realización de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Westerhof W, Estevez-Uscanga O, Meens J, Kammeyer A, Durocq M, Cario I. The relation between constitutional skin color and photosensitivity estimated from UV-induced erythema and pigmentation dose-response curves. *J Invest Dermatol*. 1990;94:812-6, <http://dx.doi.org/10.1111/1523-1747.ep12874671>.
2. Gambichler T, Moussa G, Tomi NS, Paech V, Altmeyer P, Kreuter A. Reference limits for erythema-effective UV doses. *Photochem Photobiol*. 2006;82:1097-102, <http://dx.doi.org/10.1562/2006-02-06-RA-796>.
3. Harrison GI, Young AR. Ultraviolet radiation-induced erythema in human skin. *Methods*. 2002;28:14-9, [http://dx.doi.org/10.1016/S1046-2023\(02\)00205-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1046-2023(02)00205-0).
4. Quinn A, Diffey B, Craig P, Farr P. Definition of the minimal erythema dose used for diagnostic phototesting. *Br J Dermatol*. 1994;131:56, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2133.1994.tb16151.x>.
5. Fitzpatrick TB. The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI. *Arch Dermatol*. 1988;124:869-71, <http://dx.doi.org/10.1001/archderm.1988.01670060015008>.
6. Chung JH, Koh WS, Youn JI. Relevance of skin phototyping to a Korean population. *Clin Exp Dermatol*. 1994;19:476-8, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2230.1994.tb01250.x>.
7. Ravnbak MH. Objective determination of Fitzpatrick skin type. *Dan Med Bull*. 2010;57:B4153.
8. Sánchez G, Nova J, Arias N, Peña B. [Reliability and reproducibility of the Fitzpatrick phototype scale for skin sensitivity to ultraviolet light]. *Biomedica*. 2008;28:544-50.
9. Rhodes LE, Friedmann PS. A comparison of the ultraviolet B-induced erythema response of back and buttock skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 1992;9:48-51.
10. Leenutaphong V. Relationship between skin color and cutaneous response to ultraviolet radiation in Thai. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 1996;11:198-203, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.1995.tb00169.x>.
11. Dornelles S, Goldim J, Cestari T. Determination of the minimal erythema dose and colorimetric measurements as indicators of skin sensitivity to UV-B radiation. *Photochem Photobiol*. 2004;79:540-4, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1751-1097.2004.tb01273.x>.
12. Sanclemente G, Zapata JF, García JJ, Gaviria A, Gómez LF, Barrera M. Lack of correlation between minimal erythema dose and skin phototype in a Colombian scholar population. *Skin Res Technol*. 2008;14:403-9, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0846.2008.00306.x>.
13. Tian Y, Wang YX, Gu WJ, Zhang P, Sun Y, Liu W, et al. Physical measurement and evaluation of skin color changes under normal condition and post-ultraviolet radiation: A comparison study of Chromameter CM 2500d and Mexameter MX18. *Skin Res Technol*. 2011;17:304-8, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0846.2010.00497.x>.
14. Qian CY, Yuan C, Tan YM, Liu XP, Dong YQ, Yang LJ, et al. Comparing performance of Chromameter[®] Mexameter[®] and full-field laser perfusion imaging for measurement of ultraviolet B light-induced erythema. *Clin Exp Dermatol*. 2015;40:438-40, <http://dx.doi.org/10.1111/ced.12589>.
15. Campbell MJ, Julious SA, Altman DG. Estimating sample sizes for binary, ordered categorical, and continuous outcomes in two group comparisons. *BMJ*. 1995;311:1145-8, <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.311.7013.1145>.
16. Farr PM, Diffey BL. Quantitative studies on cutaneous erythema induced by ultraviolet radiation. *Br J Dermatol*. 1984;111:673-82, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2133.1984.tb14150.x>.
17. Pérez Ferriols A, Aguilera J, Aguilera P, de Argila D, Barnadas MA, de Cabo X, et al. Determination of minimal erythema dose and anomalous reactions to UVA radiation by skin phototype. *Actas Dermosifiliogr*. 2014;105:780-8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ad.2014.05.001>.
18. Rishishwar L, Conley AB, Wigington CH, Wang L, Valderrama-Aguirre A, Jordan IK. Ancestry, admixture and fitness in Colombian genomes. *Sci Rep*. 2015;21:12376, <http://dx.doi.org/10.1038/srep12376>.
19. Mehta RV, Shenoi SD, Balachandran C, Pai S. Minimal erythema response (MED) to solar simulated irradiation in normal Indian skin. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2004;70:277-9.
20. Stanford DG, Georgouras KE, Sullivan EA, Greenoak GE. Skin phototyping in Asian Australians. *Australas J Dermatol*. 1996;37 Suppl 1:S36-8, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-0960.1996.tb01078.x>.

21. Liu W, Lai W, Wang XM, Li L, Tian Y, Lu Y, et al. Skin phototyping in a Chinese female population: Analysis of four hundred and four cases from four major cities of China. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2006;22:184–8, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.2006.00225.x>.
22. Olson RL, Sayre RM, Everett MA. Effect of anatomic location and time on ultraviolet erythema. *Arch Dermatol*. 1966;93:211–5, <http://dx.doi.org/10.1001/archderm.1966.01600200067010>.
23. Baron ED, Stern RS, Taylor CR. Correlating skin type and minimum erythema dose. *Arch Dermatol*. 1999;135:1278–9.
24. Wee LK, Chong TK, Quee DK. Assessment of skin types, skin colours and cutaneous responses to ultraviolet radiation in an Asian population. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 1997;13:169–72, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.1997.tb00223.x>.
25. Carretero-Mangolis C, Lim HW. Correlation between skin types and minimal erythema dose in narrowband UVB (TL-01) phototherapy. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2001;17:244–6, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.2001.170508.x>.
26. Palmer RA, Aquilina S, Milligan PJ, Walker SL, Hawk JL, Young AR. Photoadaptation during narrowband ultraviolet-B therapy is independent of skin type: A study of 352 patients. *J Invest Dermatol*. 2006;126:1256–63, <http://dx.doi.org/10.1038/sj.jid.5700287>.
27. Leslie KS, Lodge E, Garioch JJ. A comparison of narrowband (TL-01) UVB-induced erythematous response at different body sites. *Clin Exp Dermatol*. 2005;30:337–9, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2230.2005.01845.x>.
28. Gordon PM, Saunders PJ, Diffey BL, Farr PM. Phototesting prior to narrowband (TL-01) ultraviolet B phototherapy. *Br J Dermatol*. 1998;139:811–4, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2133.1998.02505.x>.
29. Youn JI, Oh JK, Kim BK, Suh DH, Chung JH, Oh SJ, et al. Relationship between skin phototype and MED in Korean, brown skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 1997;13:208–11, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0781.1997.tb00233.x>.
30. Li YW, Chu CY. The minimal erythema dose of broadband ultraviolet B in Taiwanese. *J Formos Med Assoc*. 2007;106:975–8, [http://dx.doi.org/10.1016/S0929-6646\(08\)60071-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0929-6646(08)60071-6).
31. Venkataram MN, Haitham AA. Correlating skin phototype and minimum erythema dose in Arab skin. *Int J Dermatol*. 2003;42:191–2, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-4362.2003.01585.x>.