

El sol y la piel

2. INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA PIEL HUMANA. ASPECTOS BIOLÓGICOS

José Aguilera Arjona y María Victoria de Gálvez Aranda

Unidad de Fotobiología Dermatológica y Oncología Cutánea del Centro de Investigaciones Médico Sanitarias. Universidad de Málaga. Departamento de Dermatología y Medicina. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga

La luz interacciona con los procesos biológicos en una gran variedad de formas que podrían ser interpretados en dos formas principales según su acción: por un lado la luz es fundamental como fuente primaria de todas las formas de energía para la vida, vía la transformación de la energía electromagnética en energía química fa través del proceso fotosintético, aunque por otro lado, hay que tener en cuenta los efectos perjudiciales e incluso potencialmente letales de la radiación luminosa en las células o los organismos, aunque estos efectos puedan ser usados en beneficio humano (acción bactericida, acción fotoimmunosupresora).

Para la comprensión del mecanismo por el que la radiación no ionizante actúa sobre la piel es necesario conocer conceptos básicos relativos a la luz, a la materia y la interacción de radiación lumínica y materia que están en el campo de la *Biofísica*, por lo que previamente haremos un breve recuerdo de ellos.

La naturaleza de la luz. Radiación electromagnética solar

Existe un proceso físico fundamental en la naturaleza, el cual postula que a todo cuerpo negro, al cual se le aplica una energía externa, en este caso en forma de calor, va a desprender energía. En el caso del sol está, al estar sometido a altas temperaturas, alrededor de 6053 °C en la superficie, desprende una cantidad de energía a través de la reacción química de la fusión de hidrógenos para formar helio. Esta energía que se desprende es de dos formas, de luz y calor.

¿Qué es la luz? Podemos decir que la luz es una onda electromagnética, compuesta por campo eléctrico y magnético que oscilan entre si y se propagan en el espacio transportando la energía de un lado a otro. La luz se genera a partir del cuerpo negro, formado por átomos, que como sabemos están formados por un núcleo y unos electrones que oscilan alrededor, cada uno en su órbita. La energía electromagnética se crea cuando el átomo recibe una entrada de energía, por ejemplo en forma de calor como en caso del sol, se produce un salto de los electrones del orbital en el que están situados a otro orbital externo y al retornar a dicho orbital se libera la energía asociada. Ese cambio de estado continuo, acumular energía y liberarla, emite una diferencia de energía por lo que se genera la onda electromagnética. La velocidad de oscilación de la onda es la frecuencia y a mas frecuencia, mas energía asociada. El sol emite una gran familia de ondas electromagnéticas que van desde los rayos gamma, de mayor energía hasta las ondas de radio, que son las que llevan menos energía asociada. Esa familia de energías se denomina espectro electromagnético. Si lo clasificamos de mayor a menor energía está compuesto de: rayos gamma, rayos X duros y blandos, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio. De todo el espectro de energías que tenemos, solo una ventana se denomina propiamente luz, y es

la que corresponde al visible, o conjunto diferentes energías electromagnéticas que son capaces de activar el mecanismo de la visión, o mejor dicho, las que podemos ver.

Afortunadamente para la vida en la Tierra, la mitad de las energías procedentes del sol no alcanzan la superficie de la Tierra debido a la interacción con la atmósfera y únicamente la energía radiante entre 295 y 1000 nm, la denominada “ventana biológica”, influye en los procesos biológicos. Aquí juegan un papel fundamental los distintos componentes atmosféricos como el vapor de agua, el oxígeno molecular, el ozono atmosférico y otras moléculas como el CO₂, que van a formar el escudo que hace que no lleguen radiaciones perjudiciales para la vida en el planeta. Finalmente, la radiación electromagnética procedente del Sol que puede alcanzar la superficie terrestre se divide en UV (ultravioleta, 8.9% del total de energía), luz visible (39%) y radiación infrarroja (53%).

La radiación ultravioleta, fracción de radiación solar que nos llega a la tierra con efecto nocivo para la salud, se divide en tres partes en función de su longitud de onda: UV-C (entre 200 y 280 nm), UV-B (de 280 a 320 nm) y UV-A (de 320 a 400 nm). El oxígeno presente en la atmósfera absorbe la radiación UV-C en las capas superiores de la atmósfera impidiendo que esta radiación, especialmente dañina para los organismos alcance la superficie terrestre.

Si el oxígeno molecular (O₂) es capaz de absorber la radiación UVC (por debajo de los 200 nm), el ozono atmosférico, formado por la unión de un átomo de oxígeno, procedente de la rotura del oxígeno molecular por la radiación UVC con una molécula de oxígeno dando lugar a ozono (O₃), absorbe y reduce la cantidad de radiación UV-B (por debajo de 300 nm) que es capaz de alcanzar la superficie. De esta forma las longitudes de onda más bajas que encontramos a nivel en la superficie terrestre están aproximadamente alrededor de los 295 nm. No obstante estas longitudes de onda de ultravioleta que recibimos a nivel terrestre son todavía lo suficiente energéticas para producir los cambios o la rotura de determinadas moléculas como el ADN y otros componentes celulares.

Acción de la radiación lumínica en la piel

La piel, entre otras de sus funciones, es el órgano encargado de la protección frente a los cambios en las condiciones ambientales, por lo tanto, es el órgano que recibe directamente la radiación electromagnética, ya sea proveniente del sol o de una fuente de radiación artificial. La piel posee una constitución física que le confiere determinadas propiedades ópticas, por lo que cuando la radiación electromagnética alcanza la capa más externa de la piel, sufre una serie de procesos adicionales que conllevan a la atenuación ó extinción de esta en las capas más profundas. Además de las propiedades ópticas de la luz, la atenuación de la luz en la piel va a depender de la cantidad de energía incidente y del tipo de energía incidente, por lo que no todas las radiaciones van a tener la misma propiedad de penetración en la piel. Hay que tener en cuenta que en base a la Ley de Grotthus-Draper, desde el punto de vista de los efectos biológicos, sólo es eficaz la radiación que es absorbida en el tejido.

Al incidir los fotones en el tejido biológico, estos pueden sufrir cinco procesos fundamentales.

-*Reflexión*, por las características de dicho tejido biológico es principalmente difusa, se ejerce en las distintas interfases de la piel. La principal a nivel de la capa córnea ó interfase aire-epidermis, además de las interfases epidermis-dermis y dermis-

- hipodermis. Mientras que una parte importante de la radiación infrarroja y parte de la visible es reflejada, los ultravioleta no sufren prácticamente dicho proceso físico.
- Refracción*: que es el cambio que sufre la trayectoria de la luz al atravesar la interfase entre distintos medios.
 - Dispersión*: Fenómeno que sufre parte de la radiación en el paso por el tejido como consecuencia de fenómenos a pequeña escala reflexión y refracción con las estructuras celulares. Dicho fenómeno se da principalmente a nivel del estrato corneo, sobre todo de la fracción UVB.
 - Absorción*: que es el principal proceso implicado en la extinción de las diferentes longitudes de onda ya que se realiza por los cromóforos situados en las distintas capas, poseyendo cada uno características ópticas de absorción en distintas zonas del espectro electromagnético.
 - Transmisión*, corresponde a la fracción de distintas longitudes de onda capaces que han superado los tres procesos anteriores y que van a penetrar a través de las subcapas.

El fenómeno de absorción de la luz es el proceso principal implicado en el efecto biológico que puede producir la radiación electromagnética incidente en la piel, siendo la base para entender entender la etiopatogenia de las fotodermatosis, así como los principios fundamentales de la fototerapia.

¿Por qué la radiación ultravioleta tanto solar como artificial puede afectar a la salud?

Cuando esta radiación llega a la altura de la piel, una parte de la radiación es reflejada, y otra parte es absorbida por ésta. La absorción de la radiación ultravioleta se realiza a través de diferentes sustancias con capacidad de absorberla, son los denominados cromóforos. Una vez la radiación es absorbida por estas sustancias se producen diferentes efectos que los podemos encuadrar en un proceso denominado fotosensibilización, y dará como resultado un efecto nocivo para las células y por tanto para los diferentes tejidos de la piel

Tanto las propias células de la piel como una serie de componentes subcelulares son las dianas de los rayos solares nocivos incidentes. Podemos citar al ADN y ARN celular, la melanina, el ácido urocánico, vitamina D, las proteínas en general. La rotura molecular provocada dicha radiación puede llegar a desencadenar un conjunto de procesos biológicos que pueden provocar como patología más drástica el cáncer de piel.

Tres procesos moleculares-celulares median en el daño que produce la radiación ultravioleta: El daño del ADN, el daño a nivel del sistema inmunitario y el daño a través de procesos oxidativos.

1.- Acción de la radiación UV sobre el ADN: El ADN celular, que como todos sabemos es la molécula que regula y dirige todos los procesos biológicos que realiza una célula, es el procesador de la célula y cada acción que se realiza en esta está codificada en el código genético. El problema radica en que el ADN está formado por moléculas que son capaces de absorber la radiación UV, sobre todo las bases pirimidínicas como la timina. Al absorber la timina el UV, deja de unirse a la molécula complementaria que le corresponde y se une a otra timina adyacente, por lo se produce una especie de bucle en la célula, lo que va a provocar una interferencia en los procesos de replicación y transcripción del ADN en este punto dando lugar a lo que podemos denominar una mutación génica. No obstante las

células humanas tienen una capacidad importante para reparar el daño producido en su ADN, ya que la acción mutagénica de la interacción celular con el medio externo, y no solo debido a la radiación ultravioleta, aparte de los propios errores de replicación y transcripción hacen que se produzcan errores en el ADN de forma constante. Mas o menos aparece una mutación diaria en nuestro organismo, de ahí que los sistemas de reparación han de funcionar lo más eficientemente posible. Cuando el ADN se daña y los mecanismos de reparación no funcionan, se comienza un proceso degenerativo celular que acaba en cáncer.

2.-Degeneración del sistema inmunitario. El organismo tiene una serie de defensas contra los de agentes infecciosos externos que pueden ocasionar en el organismo que se expone a dichos agentes determinadas enfermedades. En primer lugar posee una acción de defensa inespecífica mediada por las propias barreras naturales de nuestra piel ante el medio externo. En segundo lugar esta la defensa específica, mediada por el sistema inmunitario, el cual funciona reconociendo al agente patógeno y a continuación iniciando una serie mecanismos para eliminarlo. El sistema inmune lo componen principalmente células del tipo de los linfocitos y los fagocitos que, mediante su presencia y la secreción de diferentes sustancias solubles que son capaces de producir, median en la respuesta del sistema inmune ante una agresión. El sistema inmunitario también se ve afectado en la piel como consecuencia de la exposición a la radiación ultravioleta produciendo la denominada inmunosupresión. Esta se produce a través de la disminución de la capacidad de sensibilización de los linfocitos por las células de Langerhans de la piel y por otro lado produciendo citoquinas y otros componentes inmunosupresores por las células propias de la piel como los queratinocitos.

3. Generación de estrés oxidativo. La radiación ultravioleta va a generar unas condiciones de estrés oxidativo mediado por diferentes mecanismos moleculares y que se va a traducir finalmente en la generación de diferentes patologías cutáneas. Un radical libre es una especie química que contiene uno o más electrones desapareados en sus orbitales externos ya sea por pérdida o ganancia de un electrón. Como consecuencia, estas especies químicas son muy reactivas, ya que la tendencia es a la nueva captura de un electrón para estabilizarse y lo consiguen atacando a otras moléculas estables, convirtiéndose estas en un nuevo radical, por lo que se convierte en un proceso cíclico destructivo. Entre estas especies reactivas, principalmente de la familia de los radicales libres de oxígeno están el ión superóxido, el peróxido de hidrógeno ó agua oxigenada y el oxígeno singlete. Están implicados principalmente en los fenómenos inflamatorios, en la fotoinmunosupresión, interviene en el daño del ADN y los daños a nivel de estructuras proteicas y lipídicas van a condicionar el fotoenvejecimiento de la piel acelerado. Afortunadamente, nuestro organismo cuenta con mecanismos antioxidantes para neutralizar y eliminar estas especies radicales de oxígeno, además del conjunto de vitaminas con carácter antioxidantes que tomamos a través de la dieta, ya que nuestro organismo no tiene capacidad de sintetizarlas. Este conjunto de sistemas antioxidantes pueden funcionar como sistemas catalizados por enzimas tipo superóxido dismutasa, catalasa o glutatión peroxidasa principalmente o por medio de la acción de sustancias antioxidantes como la vitaminas E y C, y algunos grupos tioles, fenoles o transferrinas.

Es por tanto de suma importancia una alimentación rica en componentes antioxidantes además de un suplemento de estos en la piel tras la exposición prolongada a la radiación ultravioleta. Por tanto, aparte de evitar todo lo que podamos la exposición

directa de los rayos del sol más nocivos, la recuperación de la piel es fundamental, por lo que el uso de cremas hidratantes y ricas en sustancias antioxidantes tras la exposición es absolutamente necesario para evitar el envejecimiento prematuro de ésta y evitar consecuencias aún peores a largo plazo.