

Reivindicaciones

1. Un método para cambiar la apariencia perceptual del color por parte de los seres humanos del iris (4) del ojo (1) de un ser humano o animal, mediante la disminución selectiva de la densidad de pigmentos (15) de la capa anterior (8) del estroma del iris (4), comprendiendo el método:

- generar (402), mediante un módulo generador (19, 20), una pluralidad de cantidades de energía (14) predefinidas; y

- aplicar (403), mediante el módulo generador (19, 20), una o más de las cantidades de energía (14) predefinidas sobre la capa anterior (8) del estroma;

- siendo generada y aplicada cada una de las cantidades de energía (14) predefinidas de modo que extirpen, al menos en parte, los melanocitos (15) del estroma (6), mientras se deja el tejido sin melanocitos de al menos el estroma (6) esencialmente sin dañar;

- siendo generadas y aplicadas las cantidades de energía (14) predefinidas, al menos en parte, de tal forma que el tejido extirpado (16) o los restos pigmentados, que se generan como causa inmediata de una o más de las cantidades de energía (14) aplicadas, se descarga en la cámara anterior (9) del ojo, de modo que el tejido descargado (16) se pueda retirar mediante un flujo generado de manera mecánica (17) de solución de lavado a través o dentro de la cámara anterior (9) del ojo.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el método comprende, además:

- proporcionar un flujo generado de manera mecánica (17) de solución de lavado a través o dentro de la cámara anterior (9) del ojo, y de ese modo

- retirar los restos de tejido/pigmento (16) del ojo (1) por medio del flujo generado (17).

3. El método de la reivindicación 2, que comprende además una o más de una de las siguientes características:

- mantener el flujo generado de manera mecánica (17) a lo largo de un lapso de tiempo predeterminado al menos durante y/o después de aplicar la cantidad de energía (14) predefinida sobre la capa anterior (8) del estroma;

- el flujo generado de manera mecánica (17) también se mantiene durante un lapso de tiempo predefinido antes de aplicar la cantidad predefinida de energía (14) sobre la capa anterior (8) del estroma;

- el flujo generado de manera mecánica (17) se mantiene durante al menos un lapso de tiempo predeterminado según un perfil de caudal predeterminado respectivo, siendo preferentemente constante en el tiempo el perfil de caudal predeterminado, al menos para un, de manera opcional para cada, lapso de tiempo, donde se activan al menos uno de un punto de comienzo y de finalización de al menos un lapso de tiempo mediante la generación, y/o aplicación, de la cantidad de energía (14) predefinida;

- el flujo generado de manera mecánica (17) comprende de manera opcional, al menos durante un primer período de tiempo predeterminado, un flujo laminar, y/o al menos durante un segundo período de tiempo predeterminado un flujo turbulento.

4. El método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende los pasos adicionales de:

- dividir, preferentemente mediante un módulo de división (24), basado además preferentemente en una imagen capturada del iris (4), donde al menos una parte del área superficial de la capa anterior (8) del estroma en un número de secciones superficiales predefinidas que tienen preferentemente un tamaño predeterminado, y

- aplicar un número respectivo de cantidades de energía (14) predefinidas sobre una o más secciones superficiales;

las secciones superficiales predefinidas se procesan de manera opcional según una sucesión predefinida de secciones superficiales, determinándose preferentemente la sucesión predefinida mediante el módulo de división (24);

las secciones superficiales predeterminadas, en particular, el tamaño de una o más de las secciones superficiales predeterminadas, y/o la sucesión particular de secciones superficiales dentro de la secuencia de procesamiento, y/o de manera opcional siendo determinado el contenido de energía/la potencia de la cantidad de energía sobre la base de la densidad de pigmentos, y/o la ubicación específica del área superficial del iris (4), y/o el tamaño general del iris (4);

donde al menos un parámetro del flujo generado de manera mecánica (17) se determina de forma opcional sobre la base de uno o más de uno de:

- la ubicación específica de una sección superficial procesada respectiva,
- la sucesión particular de las secciones superficiales,
- la densidad de pigmentos,
- el tamaño de una sección superficial respectiva,
- uno o más de un parámetro relacionado con la generación y/o aplicación de las cantidades de energía (14).

5. El método de al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, donde: al menos una o más de una de las cantidades de energía (14) predefinidas se genera y aplica sobre la capa de estroma (8) como al menos una de:

- una o más ondas electromagnéticas (14), en particular pulsos de ondas electromagnéticas (14), donde las ondas electromagnéticas se generan preferentemente mediante un

dispositivo láser (19, 20), en particular un dispositivo láser pulsado (19, 20), más en particular mediante un dispositivo láser de conmutación Q (19, 20), en particular un dispositivo láser de doble frecuencia de conmutación Q, y

- una o más ondas de presión mecánicas, en particular ondas de choque o expansión, inducidas preferentemente mediante cavitación, en particular cavitación inducida por plasma, más en particular inducidas directamente mediante una expansión de plasma, y/o inducidas mediante un pulso de onda electromagnética, donde las ondas de presión mecánicas se generan dentro del líquido contenido en, o en contacto directo con, la cámara anterior (9) del ojo,

y/o donde:

el método comprende un paso de determinar la densidad local de pigmentos, y/o el grosor de la capa de melanocitos en la capa anterior (8) del estroma, donde generar, y/o aplicar de manera local una o más de las cantidades de energía (14) se lleva a cabo dependiendo de una densidad local de pigmentos respectiva, y/o del grosor local de la capa de melanocitos de la capa anterior (8) del estroma.

6. El método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, donde al menos una o más de una, en particular sustancialmente todas, las cantidades de energía (14) se generan como pulsos de ondas electromagnéticas (14), en particular, para la aplicación directa sobre el tejido del iris (4) mediante la manipulación de un dispositivo láser (19, 20), donde el dispositivo láser (19, 20) se manipula:

- para generar al menos una parte de las cantidades de energía (14) de modo que tenga un intervalo de longitudes de onda entre 488 nm y 580 nm, o en un intervalo de longitudes de onda entre 522 y 541 nm, o con una longitud de onda que se corresponde sustancialmente con 532 nm, o en un intervalo de

longitudes de onda entre 976 nm y 1160 nm, o en un intervalo de longitudes de onda entre 1044 y 1082 nm, o con una longitud de onda que se corresponde sustancialmente con 1064 nm; y/o

- para generar al menos una parte de las cantidades de energía (14) con una frecuencia de pulsos en el rango entre 3 Hz y 300 Hz;

y/o

- para generar al menos una parte de las cantidades de energía (14) de modo que tenga una longitud de pulso que se encuentre en el intervalo entre 2 ns y 6 ns, o que se corresponda sustancialmente con 4 ns;

y/o

- para generar, mediante manipulación o ajuste de un sistema óptico (26) del dispositivo láser (19, 20), un haz láser pulsado para generar al menos una o más de una, en particular sustancialmente todas, las cantidades de energía (14), teniendo el haz láser pulsado un ángulo de enfoque (α) que se encuentra en el intervalo entre 10 grados y 18 grados, de manera opcional entre 13 grados y 16 grados, de otra manera opcional más es sustancialmente de aproximadamente 14 grados; donde las cantidades de energía (14) están guiadas desde un elemento de emisión de luz (20) hasta el sistema óptico (26) por medio de un sistema de fibra óptica (27), que tiene preferentemente una fibra óptica con un diámetro del núcleo de la fibra óptica que se encuentra en el intervalo entre 270 μm y 290 μm , en particular, de aproximadamente 280 μm ;

y/o

- para aplicar las cantidades de energía (14) sobre la capa anterior (8) del estroma sustancialmente en dirección vertical;

y/o

donde una o más de una, en particular sustancialmente todas, de las cantidades de energía (14) se generan en forma de pulsos de ondas mecánicas como causa directa de un pulso de choque inducido por plasma generado, al menos en parte, por una o más de una de:

- una interacción directa de un pulso de láser con un objetivo del láser que está en comunicación fluida con el humor intraocular;

- una interacción directa de un pulso de láser con un objetivo del láser que se coloca dentro de la cámara anterior (9) del ojo;

- una interacción directa de un pulso de láser con la solución de lavado dentro de la cámara anterior (9) del ojo; y

- una interacción directa de un pulso de láser con la capa anterior (8) del estroma, en particular, con la estructura fibrovascular del estroma de la capa de estroma (8).

7. El método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, además:

monitorizar, mediante un módulo de monitorización (24), en particular un módulo de monitorización óptica (24), uno o más de uno de una posición, una forma y un movimiento del ojo (1) o de uno de los componentes del ojo (1), tal como el iris (4) o la pupila (5), con relación a un punto de referencia espacial, y

aplicar, al menos en parte, las cantidades de energía (14) predefinidas generadas, de manera opcional cada una de las cantidades de energía (14) predefinidas generadas, dependiendo del resultado de la monitorización; y que de manera opcional comprende, además:

- inhibir el módulo generador y/o inhibir la aplicación de una o más de una cantidad de energía (14) en caso de que el resultado de la monitorización indique uno o más de un cambio

de posición, un cambio de ubicación, un cambio de forma y un movimiento, y/o

- reubicar el establecimiento de objetivo de la cantidad de energía según uno o más de un cambio de posición, un cambio de ubicación, un cambio de forma y un movimiento;

y/o el método comprende además al menos uno o más de las siguientes características:

acoplar, antes de aplicar una o más de una de las cantidades de energía (14), un elemento de protección (29) del ojo sobre el ojo (1), en particular sobre la capa exterior (32) de la córnea (10);

donde el elemento de protección (29) del ojo se implementa y sitúa de modo que evite que las cantidades de energía (14) entren en la cámara posterior (12) del ojo y/o incidan sobre la retina (3) del ojo (1);

siendo implementado el elemento de protección (29) del ojo en una estructura compuesta que comprende una capa de absorción (30), para absorber las cantidades de energía (14) que inciden sobre esta, y una capa de adhesión (31), para que se acople con la capa exterior (32) de la córnea, en particular, mediante fuerzas adhesivas, comprendiendo de manera opcional la capa de absorción (30) una o más de una capa metálica (30), en particular, capas de acero inoxidable, y comprendiendo de manera opcional la capa de adhesión (31) una capa de material de poros abiertos (31), en particular, un capa espumada, que comprende y/o se fabrica preferentemente a partir de un material de alcohol de polivinilo;

estando el elemento de protección (29) del ojo parcialmente, en particular, en la capa de adhesión (31), lleno de líquido natural o absorbiéndolo desde el lado exterior de la córnea, lo que le adhiere así a la córnea como lo haría, por ejemplo, un pañuelo de papel o un papel secante,

teniendo de manera opcional el elemento de protección (29) del ojo una forma convexa y/o circular, y/o un diámetro que se encuentra en el intervalo entre 0.5 mm y 3 mm, o en el intervalo entre 1 mm y 2 mm, o sustancialmente de aproximadamente 1.5 mm.

8. El método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende, además:

explorar, mediante un módulo de exploración (24), al menos el iris (4) o secciones de este y/o la cámara anterior (9) del ojo, al menos durante la aplicación de las cantidades de energía (14); y llevar a cabo uno o más de uno de los siguientes pasos:

- determinar una forma del iris y/o un recorrido, trayecto y/o sucesión de puntos objetivo sobre los que se debe indicir con las cantidades de energía en función del resultado de la exploración;

- almacenar el resultado de la exploración después de cada número predeterminado de cantidades de energía aplicadas;

- determinar, en función del resultado de la exploración, una ubicación real de incidencia o una ubicación promediada real de incidencia respectiva, que indique una ubicación real en la capa anterior (8) del estroma/el iris (4), donde una o más cantidades de energía (4) inciden de hecho sobre la capa anterior (8) del estroma, y de manera opcional explorar las ubicaciones objetivo de incidencia;

- controlar, en función del resultado de la exploración, el flujo (17) de solución de lavado dentro o a través de la cavidad anterior del ojo (9);

- en función del resultado de la exploración, determinar una densidad de pigmentos, en particular, una densidad local de pigmentos, en particular, un perfil de pigmentos o al menos un parámetro representativo de la densidad, en particular, la

densidad local de pigmentos se puede determinar en función del resultado de la exploración, y controlar la generación y/o aplicación de una o más de las cantidades de energía (14) en función, al menos en parte, de la densidad de pigmentos o del parámetro respectivo;

- en función del resultado de la exploración, determinar un cambio, en particular, un cambio local en la densidad de pigmentos, o al menos un parámetro representativo del cambio en la densidad de pigmentos en la capa anterior (8) del estroma, y controlar la generación y/o aplicación de las cantidades de energía (14) en función del cambio determinado de la densidad de pigmentos o del parámetro respectivo;

- generar, en función del resultado de la exploración, un o más de un objeto de visualización para exponerlo en una pantalla de visualización a un operario que ejecuta el método; y proporcionar de manera opcional para su exposición en la pantalla de visualización los parámetros operativos relacionados con la ejecución del método, en particular, los que comprenden uno o más de uno de: un o más de un parámetro relacionado con las cantidades de energía (14), un o más de un punto de impacto (T) de una o más cantidades de energía (14) aplicadas sobre la capa anterior (8) del estroma, en particular, un o más de uno o más puntos de impacto pasados y futuros de las cantidades de energía (14), una primera indicación representativa de un cambio, en particular, de un cambio local de la densidad de pigmentos, y una segunda indicación representativa de las áreas superficiales procesadas y/o sin procesar de la superficie anterior de la capa de estroma.

9. Un aparato (18) adaptado y configurado de manera específica de modo que cambie la apariencia perceptual del color por parte de los seres humanos del iris (4) del ojo (1)

de un ser humano o animal, mediante la disminución selectiva de la densidad de pigmentos de la capa anterior (8) del estroma del iris (4), comprendiendo el aparato (18):

una fuente de energía (19, 20) que comprende un módulo generador (19) que está adaptado y configurado de modo que genere una pluralidad de cantidades de energía (14) predefinidas de al menos uno de tipo electromagnético y de tipo de ondas mecánicas;

un dispositivo de enfoque (19, 20) adaptado y configurado de modo que enfoque las cantidades de energía (14) hacia la capa anterior (8) del estroma del iris (4) del ojo (1);

un módulo de bombeo de fluido (21) adaptado y configurado de modo que genere y mantenga un flujo mecánico (17) predefinido de solución de lavado a través y/o dentro de la cámara anterior (9) del ojo; y

una unidad controladora (23) que se programa y configura de modo que lleve a cabo un método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, donde la unidad controladora (23) se implementa y configura para:

- hacer funcionar la fuente de energía (19, 20) y el dispositivo de enfoque (19, 20) con el fin de aplicar las cantidades de energía (14) predefinidas generadas sobre una ubicación predefinida de la capa anterior (8) del estroma (6), de tal forma que el tejido de melanocitos (15) del estroma (6), sobre el que se incide con las cantidades de energía (14), se extirpe de tal forma que se descargue, al menos en parte, en la cámara anterior (9) del ojo como causa directa de la interacción entre las cantidades de energía (14) y el tejido (15);

y para

- hacer funcionar el módulo de bombeo de fluido (21) con el fin de mantener el flujo (17) predefinido a lo largo de un

lapso de tiempo durante y/o directamente después de aplicar las cantidades de energía (14) sobre el estroma (6), de modo que el material de melanocitos (16) descargado, al menos en parte, se descargue de manera fluida desde la cámara anterior (9).

10. El aparato (18) de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además uno o más de uno de los siguientes:

un módulo de microscopio (24), implementado de manera opcional como un microscopio estereoscópico, que se puede disponer y situar de tal forma que un operario que manipula el aparato pueda observar al menos la superficie anterior de la capa de estroma (8) del ojo (1), del aparato (18);

un módulo de lámpara de hendidura (25) que comprende una lámpara de hendidura y los elementos ópticos correspondientes que permiten al operario/supervisor del método lanzar una lámina de luz hacia el ojo (1)/sobre la capa anterior (8) del estroma, donde el módulo de lámpara de hendidura (25) y el módulo de microscopio (24) están adaptados de manera opcional para su interacción mutua, lo que implementa así un microscopio de lámpara de hendidura para investigar al menos la capa anterior (8) del estroma del iris (4);

un elemento de protección (29) del ojo implementado y configurado de modo que se acople al ojo (1), en particular, a la capa exterior (32) de la córnea de tal forma que evite que las cantidades de energía (14) entren en la cámara posterior (12) del ojo y/o incidan sobre la retina (3) del ojo (1),

donde el elemento de protección (29) del ojo tiene uno o más de uno de:

- una estructura compuesta que tiene una capa de absorción (30), para absorber las cantidades de energía (14) que inciden sobre esta, y una capa de adhesión (31), para que se acople con la capa exterior (32) de la córnea, en particular,

mediante fuerzas adhesivas y/o cohesivas, en particular, para evitar que el elemento de protección (29) del ojo se aleje flotando debido al fluido lacrimal, comprendiendo de manera opcional la capa de absorción una o más de una capa metálica (30), en particular, capas de acero inoxidable, y comprendiendo de manera opcional la capa de adhesión una capa de material de poros abiertos (31), en particular, una capa espumada, que comprende y/o se fabrica preferentemente a partir de un material de alcohol de polivinilo;

- una forma convex y/o circular, y/o un diámetro que se encuentra en el intervalo entre 0.5 mm y 3 mm, o en el intervalo entre 1 mm y 2 mm, o de manera sustancial de aproximadamente 1.5 mm.

11. El aparato (18) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 9 y 10, comprendiendo la fuente de energía (19, 20) como módulo generador un elemento de emisión de luz (20), en particular, un dispositivo láser, preferentemente un dispositivo láser de conmutación Q, más preferentemente un dispositivo láser de doble frecuencia de conmutación Q, aun más preferentemente un dispositivo láser de Nd-YAG, donde se puede hacer funcionar el dispositivo láser (20) de modo que genere al menos algunas de las cantidades de energía (14) predefinidas, y emita las cantidades de energía (14) generadas en forma de pulsos de luz (14) hacia y sobre la capa anterior (8) del estroma de modo que cambie la densidad de pigmentos, donde el elemento de emisión de luz (19), en particular, el dispositivo láser (19), se puede hacer funcionar o implementar de manera opcional para al menos uno de:

- emitir luz, en particular, luz láser pulsada, en un intervalo de longitudes de onda entre 488 nm y 580 nm, en particular de 532 nm; o en un intervalo de longitudes de onda entre 976 nm y 1160 nm, o en un intervalo de longitudes de onda

entre 1044 y 1082 nm, o con una longitud de onda correspondiente sustancialmente a 1064 nm;

generar pulsos de luz (14) que tienen una duración en el intervalo entre 2 ns y 6 ns, en particular de 4 ns;

generar pulsos de luz (14) que tienen una energía de aproximadamente 2 mJ;

generar pulsos de luz (14) con una frecuencia de pulsos en el intervalo entre 3 Hz y 300 Hz;

generar pulsos de luz (14) que tengan una potencia máxima que oscile entre 0.1 MW y 0.5 MW;

generar un punto láser que tenga un diámetro que oscile entre 200 μm y 600 μm , preferentemente en el intervalo de aproximadamente 400 μm ;

comprendiendo de manera opcional la fuente de energía (19, 20):

- un sistema óptico (26) implementado y configurado para generar un haz láser pulsado que tenga un ángulo de enfoque (α) que se encuentre en el intervalo entre 10 grados y 18 grados, de manera opcional entre 13 grados y 16 grados, siendo de manera opcional además sustancialmente de aproximadamente 14 grados, donde el sistema óptico (26) se implementa y configura de manera opcional de modo que aplique las cantidades de energía (14) sobre la capa anterior (8) del estroma sustancialmente en dirección vertical;

- un sistema de fibra óptica (27) implementado y configurado para guiar las cantidades de energía (14) generadas por el elemento de emisión de luz (20) hacia la ubicación objetivo (T), comprendiendo de manera opcional el sistema de fibra óptica (27) una fibra óptica que tiene un diámetro del núcleo de la fibra óptica que se encuentra en el intervalo entre 270 μm y 290 μm , en particular de aproximadamente 280 μm , donde el sistema de fibra óptica (27) está acoplado de

manera opcional entre el elemento de emisión de luz (20) y el sistema óptico (26), para guiar las cantidades de energía (14) desde el elemento de emisión de luz (20) ubicado en una ubicación remota con respecto al sistema óptico (26).

12. El aparato (18) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 9 a 11, comprendiendo la fuente de energía como módulo generador

un generador de ondas de presión, donde se puede hacer funcionar el generador de ondas de presión de modo que genere al menos algunas de las cantidades de energía predefinidas, y emita las cantidades de energía generadas en forma de ondas de presión mecánicas, en particular, ondas de choque o expansión, hacia y sobre la capa anterior (8) del estroma de manera que se cambie la densidad de pigmentos, donde se puede hacer funcionar o implementar de manera opcional el generador de ondas de presión para:

generar las ondas de presión mediante cavitación inducida dentro de un líquido que está en contacto líquido con el líquido del ojo contenido en la cámara anterior (9) del ojo;

siendo generada la cavitación inducida al hacer incidir ondas electromagnéticas sobre un objeto objetivo, en particular, luz láser, preferentemente luz láser pulsada y/o mediante una fuente de ultrasonidos, en particular un generador piezoeléctrico.

13. Una utilización de un método (401, 404) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8 en un tratamiento no quirúrgico del iris (4) de un ojo (1) de un ser humano o un animal, modificando el tratamiento el color percibido del iris (4) mediante la disminución selectiva de la densidad de pigmentos de melanina de la capa anterior (8) del estroma del ojo (1).

14. Una utilización de un aparato (18) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 9 a 12 en un tratamiento no quirúrgico del iris (4) de un ojo (1) de un ser humano o un animal, modificando el tratamiento el color percibido del iris (4) mediante la disminución selectiva de la densidad de pigmentos de melanina de la capa anterior (8) del estroma del ojo (1).

15. Un soporte de almacenamiento no transitorio legible por computadora o unidad controladora (23) que comprende instrucciones ejecutables que, cuando se ejecutan en una computadora o unidad controladora (23) hacen que la computadora o unidad controladora (23) ejecute un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, y/o hacen que un aparato (18) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14 funcione según un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.