

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 849 648**

51 Int. Cl.:

A61F 9/007 (2006.01)
A61F 9/01 (2006.01)
A61N 5/067 (2006.01)
A61F 9/013 (2006.01)
A61N 5/06 (2006.01)
A61F 9/008 (2006.01)
A61N 7/00 (2006.01)
A61B 18/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2013** **E 19153292 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2020** **EP 3517081**

54 Título: **Aplicación de radiación electromagnética al iris humano**

30 Prioridad:

25.04.2012 US 201213456111

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.08.2021

73 Titular/es:

HOMER, GREGG (100.0%)
668 North Coast Highway, Suite 1371
Laguna Beach, California 92651, US

72 Inventor/es:

HOMER, GREGG

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 849 648 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aplicación de radiación electromagnética al iris humano

5 Antecedentes de la invención

Hay varios procedimientos oftalmológicos nuevos que requieren la aplicación uniforme de radiación electromagnética a una gran parte del iris humano. Los ejemplos de estos procedimientos incluyen el método de cambio de color de los ojos con láser descrito en las Patentes de EE.UU. número 6,912,528 (expedida el 28 de junio de 2005) y número 8,206,379 (emitida el 26 de junio de 2012), expedida al Solicitante, y el método de tratamiento del glaucoma descrito en la Solicitud de Patente de EE.UU. número 13/456,111, presentada por el Solicitante. Otro ejemplo de estos procedimientos es un tratamiento novedoso para la presbicia desarrollado por el Solicitante, mediante el cual se aplica radiación electromagnética a la parte del iris anterior a los músculos constrictores de la pupila, lo que reduce el tamaño de la pupila y aumenta la profundidad de campo de agudeza visual del paciente.

15 La aplicación uniforme de radiación electromagnética al iris típicamente requiere el uso de un sistema de escaneo computarizado para dirigir la trayectoria de radiación electromagnética sobre el iris en un patrón predeterminado.

20 La aplicación de radiación electromagnética a una gran parte del iris humano presenta un riesgo sustancial de exposición accidental de radiación electromagnética al interior de la órbita ocular, incluido el fondo (que incluye la retina, el disco óptico, la mácula, la fovea y el polo posterior). La exposición a estas áreas puede causar pérdida o deterioro permanente de la visión.

25 Ya existen varios métodos para proteger el fondo contra la exposición accidental de la radiación electromagnética. Uno de estos métodos comprende la oclusión de la pupila durante la aplicación de radiación electromagnética al iris anterior. A modo de ejemplo, en la Patente de EE.UU. número 8,206,379, el Solicitante describe la aplicación al iris de una lente de contacto que tiene una oclusión física para bloquear la trayectoria de radiación electromagnética mientras se mueve sobre del iris anterior. Otro método es establecer un patrón de aplicación predeterminado que evite la pupila, seguir cualquier movimiento del ojo durante el tratamiento, y suspender o interrumpir la exposición (seguimiento pasivo) o cambiar la posición del patrón de tratamiento (seguimiento activo) en el caso de que el ojo se mueva. Las tecnologías de seguimiento ocular pasivas y activas son bien conocidas en la técnica y son fácilmente disponibles comercialmente. A modo de ejemplo, SensoMotoric Instruments GmbH (Teltow, Alemania) integra su tecnología de seguimiento ocular activo SMI Surgery Guidance en sistemas de láser guiados por computadora para tales procedimientos como la cirugía de implante de lente intraocular de cirugía corneal. Otro ejemplo es el OneK + seguidor ocular activo de Chronos Vision GmbH (Berlín, Alemania) para su uso en relación con las cirugías oculares refractivas con láser guiadas por computadora.

40 El problema con estos métodos para mitigar el riesgo de exposición accidental al fondo es que ninguno de ellos puede garantizar el éxito el 100 % del tiempo. Las lentes de contacto pueden moverse durante la cirugía, lo que deja la pupila desprotegida y el fondo sometido a exposición accidental. Los seguimientos oculares, aunque ahora están muy avanzados, son susceptibles a errores mecánicos y de cálculo que podrían resultar en la exposición del fondo. Además, el tiempo de respuesta de los sistemas de seguimiento ocular a menudo no es lo suficientemente rápido como para cambiar el patrón de tratamiento antes de que ocurra una exposición accidental.

45 Por lo tanto, existe la necesidad de un dispositivo que proporcione una aplicación uniforme de radiación electromagnética a la superficie anterior del iris humano mediante el uso de un sistema de guía por computadora, sin someter el fondo de ojo a exposición accidental.

Breve Resumen de la Invención

50 En lugar de depender únicamente de la oclusión pupilar o del seguimiento del movimiento ocular para proteger el fondo de la exposición accidental a la radiación electromagnética, la presente invención proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación adjunta 1. Esta disparidad en la densidad de energía permite la eficacia en el lugar de tratamiento del iris anterior, sin lesión del fondo.

55 El perfil del haz láser puede ser gaussiano, de manera que el perfil del haz converge en un punto focal y luego diverge desde ese punto focal. Debido al perfil del haz láser, la densidad de energía en el iris anterior es mayor que la densidad de energía en el fondo. En versiones alternativas independientes de esta modalidad, el ángulo de divergencia del haz es de 1,0-2,5 grados, 2,5-5,0 grados, 5,0-7,5 grados, 7,5-10,0 grados, 10,0-12,5 grados, 12,5-15,0 grados, 15,0-20,0 grados, o mayor que 20,0 grados.

65 Los sistemas de exploración computarizados son bien conocidos en la técnica. El sistema de escaneo puede implementarse usando uno o más sistemas informáticos. Un sistema informático ilustrativo puede incluir el software, el monitor, la caja, el teclado y el ratón. La caja puede albergar componentes de computadora familiares, como un procesador, memoria, dispositivos de almacenamiento masivo y similares. El haz puede ser guiado en cualquier forma o patrón, que incluye, sin limitarse a, un patrón en espiral, un patrón por tramas o un patrón de zonas segregadas.

5 En otra versión de la modalidad anterior, el iris anterior se divide en dos zonas de tratamiento, siendo cada zona concéntrica a la pupila. La primera zona de tratamiento se extiende aproximadamente desde la periferia externa de los músculos constrictores de la pupila hasta la periferia externa de la pupila. La segunda zona de tratamiento se extiende aproximadamente desde el limbo hasta la periferia externa de los músculos constrictores de la pupila. El sistema de escaneo computarizado aplica el haz láser primero a la primera zona de tratamiento, en un patrón en espiral, desde la periferia externa a la periferia interna, y, en segundo lugar, a la segunda zona de tratamiento en un patrón en espiral desde la periferia externa a la periferia interna.

10 En otra modalidad de la invención, una aplicación de radiación electromagnética se solapa a una aplicación anterior de radiación electromagnética dentro de un período de 24 horas. En la modalidad de láser anterior, por ejemplo, un punto de láser se aplica de una manera que se solapa a un punto de láser aplicado anteriormente dentro de un período de 24 horas. En otra modalidad, una aplicación de radiación electromagnética se aplica de manera que no se solapa a ninguna aplicación anterior de radiación electromagnética dentro de un período de 24 horas. En la modalidad de láser anterior, un punto de láser se aplica de manera que no se solapa a ningún punto de láser aplicado anteriormente dentro de un período de 24 horas. En otra modalidad adicional, una aplicación de radiación electromagnética deja un área de iris no tratado entre dicha aplicación y todas las aplicaciones anteriores de radiación electromagnética dentro de un período de 24 horas. En la modalidad de láser anterior, un punto de láser se aplica de una manera que deja un área de iris no tratado entre dicho punto y todos los puntos de láser aplicados anteriormente dentro de un período de 24 horas. Y en una modalidad adicional, algunas aplicaciones de radiación electromagnética se solapan con las aplicaciones anteriores, y otras no, en un período de 24 horas. En la modalidad de láser anterior, algunos puntos de láser se solapan con puntos de láser anteriores y otros no, dentro de un período de 24 horas.

25 En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento. En una versión de esta modalidad, el movimiento de la cabeza se restringe usando un retenedor de cabeza quirúrgico. Los retenedores de cabeza quirúrgicos son bien conocidos en la técnica. En otra versión de esta modalidad, se utiliza una barra de mordida para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento. El uso de una barra de mordida para restringir el movimiento de la cabeza es bien conocido en la técnica, incluido el uso de una barra de mordida durante la generación de imágenes de cerebro. En otra versión más de esta modalidad, se usa un objetivo de fijación de cabeza para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento. El objetivo de fijación de cabeza es un dispositivo novedoso inventado por el Solicitante. Utiliza una o más varillas, barras o correas, hechas de cualquier metal, tela, plástico o cualquier otro material, material, para aplicar presión en puntos predeterminados en la cabeza del paciente, lo que proporciona de esta manera la retroalimentación al paciente con respecto a cualquier movimiento.

35 En alguna modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para restringir el movimiento del ojo durante el procedimiento. En una versión de esta modalidad, el movimiento del ojo se restringe usando un anillo de succión. Los anillos de succión oftálmicos son bien conocidos en la técnica. En otra versión, el movimiento se restringe usando un objetivo de fijación de mirada. La fijación de mirada es bien conocida en la técnica. La fijación de mirada puede usar cualquier objeto de fijación, incluido, sin limitarse a, un objeto tridimensional, una imagen bidimensional o una luz. En una variante novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, se coloca una fuente de luz en el extremo de un tubo, de manera que el paciente debe mirar a través del tubo para ver la fuente de luz. Además de proporcionar un objetivo de fijación de mirada, esta variación también proporciona un objetivo de fijación de cabeza porque si el paciente se mueve fuera del eje, la fuente de luz ya no será visible. En otra variación novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el solicitante, la luz producida por la fuente de luz cambia de color durante el procedimiento. La luz podría, por ejemplo, circular entre ámbar, rojo, verde, blanco y amarillo. Es menos probable que un objetivo de fijación con cambio de color induzca movimientos sacádicos u otros movimientos involuntarios del ojo para refrescar la imagen en la retina o, alternativamente, la incomodidad que conlleva suprimir dicho movimiento. En otra variación novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, la luz producida por la fuente de luz cambia de intensidad durante el procedimiento. La luz puede, o ejemplo, repetirse de manera cíclica entre brillante, medio y tenue. Un objetivo de fijación con cambio de intensidad también es menos probable que induzca movimientos sacádicos u otros movimientos involuntarios del ojo para refrescar la imagen en la retina o, alternativamente, la incomodidad que conlleva la supresión de dicho movimiento. En otra variación novedosa más sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, el objetivo de fijación comprende una imagen en movimiento, cuya imagen puede ser animada o acción en vivo, en color o en blanco y negro, en dos o tres dimensiones. 50 Un objetivo de fijación de imagen en movimiento también es menos probable que induzca un movimiento sacádico involuntario u otro movimiento del ojo para refrescar la imagen en la retina o, alternativamente, la incomodidad que conlleva la supresión de dicho movimiento. Cualquiera de estas modalidades, variaciones o versiones puede colocarse delante del ojo tratado o del otro ojo durante el procedimiento para lograr la fijación del ojo tratado.

60 En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento. En una versión de esta modalidad, se utiliza el seguimiento ocular activo, mediante el cual se identifica el movimiento del ojo, y la trayectoria electromagnética se mueve para corresponder al movimiento del ojo. Estos movimientos pueden consistir en desplazamientos a lo largo de la superficie anterior del iris (a lo largo del llamado plano x-y), cambios de profundidad (a lo largo del llamado eje z), rotaciones alrededor del eje orbital u otros. El seguimiento ocular activo es bien conocido en la técnica. En otra versión de esta modalidad, se usa el seguimiento ocular pasivo, mediante el cual se identifica el movimiento del ojo, y se anula o suspende la trayectoria de radiación 65

electromagnética. En una variación novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, se identifica el movimiento del ojo y la trayectoria de radiación electromagnética se suspende hasta que el ojo vuelva a su posición anterior o asuma alguna otra posición deseada, momento en el cual la trayectoria de radiación electromagnética se reanuda. En variaciones alternativas independientes sobre estas versiones de esta modalidad, la trayectoria de radiación electromagnética se anula o se suspende (a) al anular o suspender la energía a la fuente de radiación electromagnética, (b) apagar la fuente de radiación electromagnética, (c) redirigir la trayectoria de radiación electromagnética que lo aleja del área objetivo, (d) usar un obturador, deflector, escudo u otro dispositivo de oclusión para interrumpir la trayectoria de radiación electromagnética, o (e) usar un modulador óptico (tal como un modulador acústico-óptico o un modulador electro-óptico) u otro modulador de energía para interrumpir la trayectoria de radiación electromagnética.

Otros objetos, características y ventajas de la presente invención se harán evidentes al considerar la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos, en los que designaciones de referencia similares representan características similares en todas las figuras.

Breve Descripción de los Dibujos

La Figura 1 muestra aspectos de una modalidad de la invención en la que el perfil de la trayectoria de radiación electromagnética es tal que la densidad de energía en el iris es mayor que la densidad de energía en la parte posterior del ojo.

La Figura 2 muestra aspectos de una modalidad de la invención en la que el iris anterior está dividido en dos zonas de tratamiento, cada zona que es concéntrica a la pupila.

La Figura 3 muestra aspectos de una modalidad de la invención en la que una aplicación de radiación electromagnética se solapa a una aplicación anterior de radiación electromagnética.

La Figura 4 muestra aspectos de una modalidad de la invención en la que la radiación electromagnética se aplica de una manera que no se solapa a ninguna aplicación anterior de radiación electromagnética.

La Figura 5 muestra aspectos de una modalidad de la invención en la que la radiación electromagnética se aplica de una manera que deja un área de iris no tratado entre dicha aplicación y todas las aplicaciones anteriores de radiación electromagnética.

La Figura 6 muestra aspectos de una modalidad de la invención en la que se usa un objetivo de fijación de cabeza novedoso para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento.

Descripción Detallada de la Invención

En lugar de depender únicamente de la oclusión pupilar o del seguimiento del movimiento ocular para proteger el fondo de la exposición accidental a la radiación electromagnética, la presente invención también utiliza una trayectoria de radiación electromagnética con un perfil tal que la densidad de energía en el iris es mayor que la densidad de energía en la parte posterior del ojo. Ver, por ejemplo, la Figura 1. Esta disparidad en la densidad de energía permite la eficacia en el lugar de tratamiento del iris anterior, sin lesión del fondo.

El término "radiación electromagnética" no pretende restringir la forma de radiación en términos de monocromaticidad (es decir, compuesta de una o más de una longitud de onda diferente), direccionalidad (es decir, producir un punto único no divergente o radiar en varias direcciones diferentes), o coherencia (es decir, las ondas producidas consisten en una única relación de fase o en múltiples relaciones de fase). Además, la frecuencia de la radiación electromagnética puede ser cualquier frecuencia dentro del espectro electromagnético, que incluye, sin limitarse a, la radiación de sonido de frecuencia extremadamente baja (con una frecuencia de 3 Hz) a radiación gamma (con una frecuencia de 300 EHz). El término "láser" incluye cualquier forma de radiación láser dentro del espectro de luz, ya sea que consista de infrarrojos, luz visible, ultravioleta o de otro tipo. El término "láser" no pretende restringir la forma de radiación en términos de monocromaticidad (es decir, compuesta de una o más de una longitud de onda diferente), direccionalidad (es decir, producir un único punto no divergente o radiar en varias direcciones diferentes), o coherencia (es decir, las ondas producidas consisten en una única relación de fase o en múltiples relaciones de fase). La radiación láser se puede entregar en una onda continua o en pulsos, y el ancho del pulso puede ser cualquier intervalo de tiempo que incluye microsegundos, nanosegundos, picosegundos, femtosegundos o attosegundos. Si son pulsos, se puede usar cualquier tasa de repetición, que incluyen, sin limitarse a, tasas de repetición de 1 Hz a 100 THz. Además, se puede usar cualquier energía de salida, y se puede crear cualquier densidad de energía en el lado del tratamiento objetivo, que incluye, sin limitarse a, energía de salida de 1 W a 1000 W. Finalmente, se puede usar cualquier medio de ganancia, que incluye, sin limitarse a, vidrio, sólido, líquido, gas, cristal o semiconductor y, más específicamente, Nd:YAG, alejandrita, colorante pulsado o cualquier otro medio. El haz láser puede o no dispararse a través de una goniolente.

El término "trayectoria" incluye cualquier trayectoria de radiación electromagnética, como un haz láser. Finalmente, debe entenderse que el término "trayectoria" incluye una única trayectoria o múltiples trayectorias, y las múltiples trayectorias pueden resultar de la división o separación de una sola trayectoria o la generación de múltiples trayectorias con múltiples frecuencias, formas, densidades de energía y otras características.

El término "punto" incluye el plano de intersección entre el haz láser y las células o tejido diana. Los puntos pueden ser tangentes, solapados o aislados, y el solapamiento puede ocurrir en cualquier dirección (x, y, o z). También pueden ser cuadrados, rectangulares, circulares, elípticos, triangulares, trapezoidales, anular u otros. Finalmente, un punto puede medir cualquier diámetro, que incluye, sin limitarse a, 1-10 micrones, 10-50 micrones, 50-100 micrones, 100-200 micrones, 200-500 micrones, 500-1000 micrones, o 1000 micrones a 15 milímetros.

Preferentemente, la densidad de energía de la trayectoria se establece en un nivel que minimiza cualquier daño indeseado al tejido ocular. Aunque las frecuencias de radiación electromagnética preferidas pasarán a través de la córnea sin causar cualquier lesión de córnea, el método de la presente invención puede incluir además crear una abertura en la córnea antes de aplicar la radiación electromagnética. Una vez que se ha creado la abertura, la radiación electromagnética se puede introducir directamente a través de la abertura o a través de un vehículo conductor de la trayectoria, como la fibra conductora de la luz. Si es necesario, se puede aplicar una lente de contacto temporal para reducir la incomodidad postoperatoria.

El perfil del haz láser es Gaussiano, de manera que el perfil del haz converge en un punto focal y luego diverge desde el punto focal. Ver la Figura 1. Debido al perfil del haz láser, la densidad de energía en el iris anterior es mayor que la densidad de energía en el fondo. En versiones alternativas independientes de esta modalidad, el ángulo de divergencia del haz es de 1,0-2,5 grados, 2,5-5,0 grados, 5,0-7,5 grados, 7,5-10,0 grados, 10,0-12,5 grados, 12,5-15,0 grados, 15,0-20,0 grados, o mayor que 20,0 grados. En otras versiones alternativas independientes de esta modalidad, el punto producido por el haz láser en la superficie anterior del iris tiene un diámetro de 1-10 micrones, 10-50 micrones, 50-100 micrones, 100-200 micrones, 200-500 micrones, 500-1000 micrones, y de 1000 micrones a 15 milímetros.

Los sistemas de exploración computarizados son bien conocidos en la técnica. Ver, por ejemplo, «Zyoptix Custom Wavefront LASIK» (Bausch & Lomb, Rochester, NY). El sistema de escaneo puede implementarse usando uno o más sistemas informáticos. Un sistema informático ilustrativo puede incluir el software, el monitor, la caja, el teclado y el ratón. La caja puede albergar componentes de computadora familiares, como un procesador, memoria, dispositivos de almacenamiento masivo y similares. Los dispositivos de almacenamiento masivo pueden incluir unidades de disco masivo, disquetes, discos lomega ZIP.TM, discos magnéticos, discos fijos, discos duros, CD-ROM, CD grabables, DVD, DVD-R, DVD-RW, Flash y otros dispositivos de almacenamiento de estado sólido no volátiles, almacenamiento de cinta, lector y otros medios similares, y combinaciones de estos. Una versión binaria, ejecutable por máquina, del software de la presente invención puede almacenarse o residir en dispositivos de almacenamiento masivo. Además, el código fuente del software de la presente invención también puede almacenarse o residir en dispositivos de almacenamiento masivo (por ejemplo, disco magnético, cinta o CD-ROM). Además, un sistema informático puede incluir subsistemas como el procesador central, la memoria del sistema, el controlador de entrada/salida (I/O), el adaptador de pantalla, el puerto de bus de serie o universal (USB), la interfaz de red y el altavoz. La presente invención también se puede usar con sistemas informáticos con subsistemas adicionales o menos subsistemas. Por ejemplo, un sistema informático podría incluir más de un procesador (es decir, un sistema multiprocesador) o un sistema podría incluir una memoria oculta. El haz puede ser guiado en cualquier forma o patrón, que incluye, sin limitarse a, un patrón en espiral, un patrón por tramas o un patrón de zonas segregadas.

En otra versión de la modalidad anterior, el iris anterior se divide en dos zonas de tratamiento, siendo cada zona concéntrica a la pupila. Ver la figura 2. La primera zona de tratamiento se extiende aproximadamente desde la periferia externa de los músculos constrictores de la pupila hasta la periferia externa de la pupila. La segunda zona de tratamiento se extiende aproximadamente desde el limbo hasta la periferia externa de los músculos constrictores de la pupila. El sistema de escaneo computarizado aplica el haz láser primero a la primera zona de tratamiento, en un patrón en espiral, desde la periferia externa a la periferia interna, y, en segundo lugar, a la segunda zona de tratamiento en un patrón en espiral desde la periferia externa a la periferia interna.

En modalidades alternativas independientes de la invención, la radiación electromagnética se aplica a un porcentaje del área superficial anterior total del iris igual al 1-25 %, 25 %-50 %, 50-75 % o 75-100 %.

En otra modalidad de la invención, una aplicación de radiación electromagnética se solapa a una aplicación anterior de radiación electromagnética dentro de un periodo de 24 horas. Ver la Figura 3. En la modalidad de láser anterior, por ejemplo, un punto de láser se aplica de una manera que se solapa a un punto de láser aplicado anteriormente dentro de un periodo de 24 horas. En versiones adicionales, alternativas e independientes de esta modalidad, un punto se solapa a un punto aplicado anteriormente dentro de un periodo de 24 horas en un porcentaje del área del punto anterior igual al 0-10 %, 10-20 %, 20-30 %, 30-40 %, 40-50 %, 50-60 %, 60-70 %, 70-80 %, 80-90 %, o 90-100 %. En otra modalidad, la radiación electromagnética se aplica de una manera que no se solapa a ninguna aplicación anterior de radiación electromagnética dentro de un periodo de 24 horas. Ver la Figura 4. En la modalidad de láser anterior, un punto de láser se aplica de manera que no se solapa a ningún punto de láser aplicado anteriormente dentro de un periodo de 24 horas. En otra modalidad adicional, una aplicación de radiación electromagnética deja un

área de iris no tratado entre dicha aplicación y todas las aplicaciones anteriores de radiación electromagnética dentro de un período de 24 horas. Ver la Figura 5. En la modalidad de láser anterior, un punto de láser se aplica de una manera que deja un área de iris no tratado entre dicho punto y todos los puntos de láser aplicados anteriormente dentro de un período de 24 horas. En versiones adicionales, alternativas e independientes de esta modalidad, se aplica un punto de una manera que deja una distancia entre tal punto y todos los puntos de láser aplicados anteriormente dentro de un período de 24 horas igual a 1-10 micrones, 10-50 micrones, 50-100 micrones, 100-200 micrones, 200-500 micrones, 500-1000 micrones y 1000 micrones a 15 milímetros. Y en una modalidad adicional, algunas aplicaciones de radiación electromagnética se solapan con las aplicaciones anteriores, y otras no, en un período de 24 horas. En la modalidad de láser anterior, algunos puntos de láser se solapan con puntos de láser anteriores y otros no, dentro de un período de 24 horas.

En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento. En una versión de esta modalidad, el movimiento de la cabeza se restringe usando un retenedor de cabeza quirúrgico. Los retenedores de cabeza quirúrgicos son bien conocidos en la técnica. Los ejemplos incluyen el Surgical Head Restraint System (la compañía RTP, Winona, Minnesota) y las correas de retención de cabeza (Equipo Número BF039) para su uso con la Cmax Shoulder Chair (Equipo Número BF594) (Steris Corporation, Mentor, Ohio). En otra versión de esta modalidad, se utiliza una barra de mordida para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento. El uso de una barra de mordida para restringir el movimiento de la cabeza es bien conocido en la técnica, incluido el uso de una barra de mordida durante la generación de imágenes de cerebro. Ver, por ejemplo, Menon, y otros, "Design and efficacy of a head-coil bite bar for reducing movement-related artifacts during functional MRI scanning", 29, *Behav. Res. Meth., Instr., & Comp.* 589-94 (1997). En otra versión más de esta modalidad, se usa un objetivo de fijación de cabeza para restringir el movimiento de la cabeza durante el procedimiento. El objetivo de fijación de cabeza es un dispositivo novedoso inventado por el Solicitante. Utiliza una o más varillas, barras o correas, hechas de cualquier metal, tela, plástico o cualquier otro material, material, para aplicar presión en puntos predeterminados en la cabeza del paciente, lo que proporciona de esta manera la retroalimentación al paciente con respecto a cualquier movimiento. Ver la Figura 6.

En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para restringir el movimiento del ojo durante el procedimiento. En una versión de esta modalidad, el movimiento del ojo se restringe usando un anillo de succión. Los anillos de succión oftálmicos son bien conocidos en la técnica. Ver "Corneal Surgery: Theory, Technique, and Tissue" 722 (Brightbill, ed., 4ª ed., 2009). En otra versión, el movimiento se restringe usando un objetivo de fijación de mirada. La fijación de mirada es bien conocida en la técnica. Ver Simonova, "Ocular and orbital lesions, in Principles and practice of stereotactic radiosurgery" 593 (Chin y Regine, eds., 2008). La fijación de mirada puede usar cualquier objeto de fijación, incluido, sin limitarse a, un objeto tridimensional, una imagen bidimensional o una luz. En una variante novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, se coloca una fuente de luz en el extremo de un tubo, de manera que el paciente debe mirar a través del tubo para ver la fuente de luz. Además de proporcionar un objetivo de fijación de mirada, esta variación también proporciona un objetivo de fijación de cabeza porque si el paciente se mueve fuera del eje, la fuente de luz ya no será visible. En otra variación novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el solicitante, la luz producida por la fuente de luz cambia de color durante el procedimiento. La luz podría, por ejemplo, circular entre ámbar, rojo, verde, blanco y amarillo. Es menos probable que un objetivo de fijación con cambio de color induzca movimientos sacádicos u otros movimientos involuntarios del ojo para refrescar la imagen en la retina o, alternativamente, la incomodidad que conlleva suprimir dicho movimiento. Ver Tomimatsu, "The 'rotating snakes' in smooth motion do not appear to rotate", 39 *Perception* 721-24 (2010). En otra variación novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, la luz producida por la fuente de luz cambia de intensidad durante el procedimiento. La luz puede, o ejemplo, repetirse de manera cíclica entre brillante, medio y tenue. Un objetivo de fijación con cambio de intensidad también es menos probable que induzca movimientos sacádicos u otros movimientos involuntarios del ojo para refrescar la imagen en la retina o, alternativamente, la incomodidad que conlleva la supresión de dicho movimiento. Ver id. en 721-24. En otra variación novedosa más sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, el objetivo de fijación comprende una imagen en movimiento, cuya imagen puede ser animada o acción en vivo, en color o en blanco y negro, en dos o tres dimensiones. Un objetivo de fijación de imagen en movimiento también es menos probable que induzca un movimiento sacádico involuntario u otro movimiento del ojo para refrescar la imagen en la retina o, alternativamente, la incomodidad que conlleva la supresión de dicho movimiento. Ver id. en 721-24. Cualquiera de estas modalidades, variaciones o versiones puede colocarse delante del ojo tratado o del otro ojo durante el procedimiento para lograr la fijación del ojo tratado.

En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento. En una versión de esta modalidad, se utiliza el seguimiento ocular activo, mediante el cual se identifica el movimiento del ojo, y la trayectoria electromagnética se mueve para corresponder al movimiento del ojo. Estos movimientos pueden consistir en desplazamientos a lo largo de la superficie anterior del iris (a lo largo del llamado plano x-y), cambios de profundidad (a lo largo del llamado eje z), rotaciones alrededor del eje orbital u otros. El seguimiento ocular activo es bien conocido en la técnica. Ver, por ejemplo, "SMI Surgery Guidance" (Senmotoric Instruments GmbH, Teltow, Alemania). En otra versión de esta modalidad, se usa el seguimiento ocular pasivo, mediante el cual se identifica el movimiento del ojo, y se anula o suspende la trayectoria de radiación electromagnética. En una variación novedosa sobre esta versión de esta modalidad inventada por el Solicitante, se identifica el movimiento del ojo y la trayectoria de radiación electromagnética se suspende hasta que el ojo vuelva a su posición

anterior o asuma alguna otra posición deseada, momento en el cual la trayectoria de radiación electromagnética se reanuda. En variaciones alternativas independientes sobre estas versiones de esta modalidad, la trayectoria de radiación electromagnética se anula o se suspende (a) al anular o suspender la energía a la fuente de radiación electromagnética, (b) apagar la fuente de radiación electromagnética, (c) redirigir la trayectoria de radiación electromagnética que lo aleja del área objetivo, (d) usar un obturador, deflector, escudo u otro dispositivo de oclusión para interrumpir la trayectoria de radiación electromagnética, o (e) usar un modulador óptico (tal como un modulador acústico-óptico o un modulador electro-óptico) u otro modulador de energía para interrumpir la trayectoria de radiación electromagnética.

5
10
15
En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye tecnología de transiluminación infrarroja del iris. Esta tecnología es bien conocida en la técnica. Ver Chan, "Digital Camera System to Perform Infrared Photography of Iris Transillumination", 11 J. Glaucoma 426-28 (2002). Muchas tecnologías de seguimiento ocular usan la pupila para seguir el movimiento ocular. Sin embargo, para iris oscuros, la pupila puede ser difícil de ubicar. Por consiguiente, en una variación novedosa sobre esta modalidad inventada por el Solicitante, la transiluminación infrarroja del iris se usa para identificar más fácilmente la pupila en iris oscuros.

20
25
En otra modalidad de la invención, el dispositivo incluye un aparato para medir los índices de refracción del ojo y ajusta la aplicación de la luz para tener en cuenta la refracción de la luz durante el tratamiento. En una versión de esta modalidad, el aparato mide la profundidad de la cámara anterior del ojo y ajusta la aplicación de la luz para tener en cuenta la refracción de la luz durante el tratamiento. Los aparatos para medir la profundidad de la cámara anterior son bien conocidos en la técnica. Los ejemplos incluyen la tecnología Lenstar® de Haag-Streit AG (Koeniz, Suiza) y la tecnología IOLMaster® de Carl Zeiss Meditec AG (Jena, Alemania). En otra versión de esta modalidad, el aparato mide la forma de la córnea y ajusta la aplicación de la luz para tener en cuenta la refracción de la luz durante el tratamiento. Los aparatos para medir la profundidad de la cámara anterior son bien conocidos en la técnica. Los ejemplos incluyen la tecnología Pentacam® HR de OCU-LUS Optikgeräte GmbH (Wetzlar, Alemania) y el sistema de topografía corneal ATLAS™ 9000 de Carl Zeiss Meditec AG (Jena, Alemania).

30
Un experto en la técnica reconocería otras muchas variaciones, modificaciones y alternativas. Los ejemplos anteriores son meramente ilustraciones, que no deben limitar indebidamente el alcance de las reivindicaciones en la presente descripción. También se entiende que los ejemplos y las modalidades descritas en este documento son solo para fines ilustrativos y que varias modificaciones o cambios en vista de los mismos se sugerirán a los expertos en la técnica y se incluirán dentro del ámbito de esta solicitud y del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

35
40
Esta descripción de la invención se ha presentado con fines de ilustración y descripción. No pretende ser exhaustivo ni limitar la invención a la forma precisa descrita, y son posibles muchas modificaciones y variaciones en vista de las enseñanzas anteriores. Las modalidades se eligieron y describieron para explicar mejor los principios de la invención y sus aplicaciones prácticas. Esta descripción permitirá que otros expertos en la técnica utilicen y practiquen de manera óptima la invención en diversas modalidades y con diversas modificaciones que sean adecuadas para un uso particular. El alcance de la invención se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

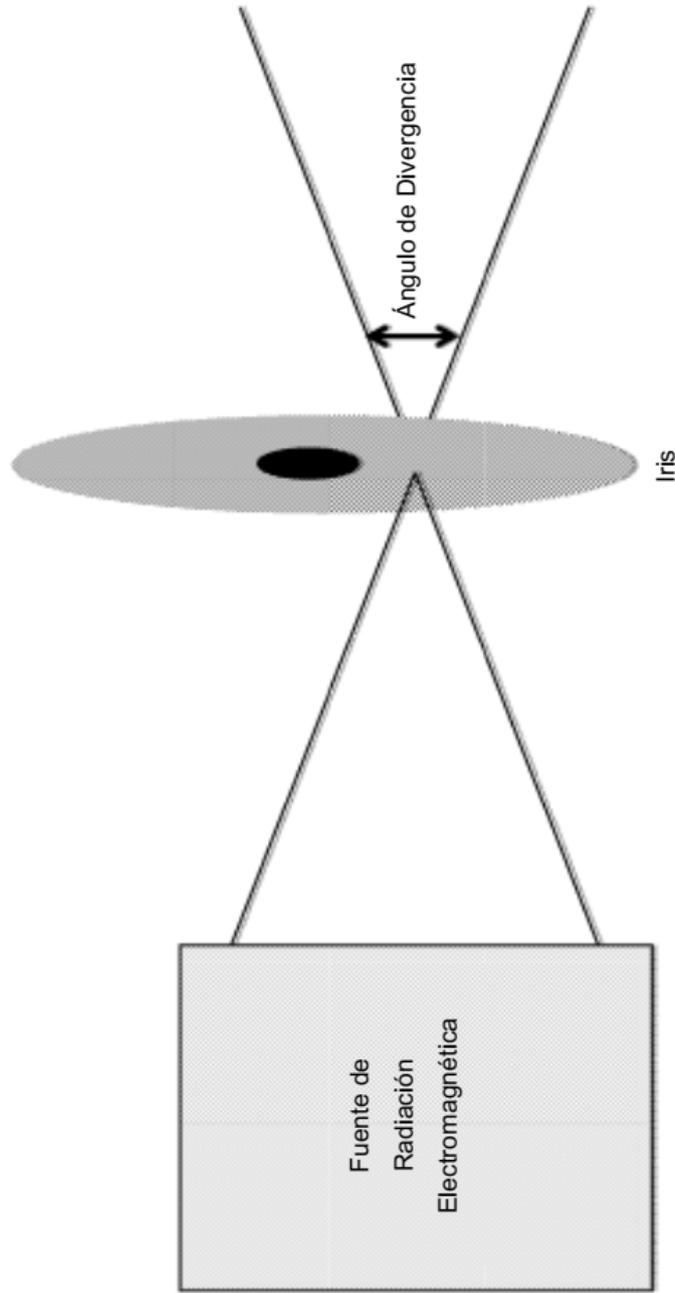
1. Un aparato para entregar radiación electromagnética a una superficie anterior de un iris de un ojo humano, el aparato que comprende:
 5 un láser;
 al menos uno de los siguientes:
 (a) un aparato para restringir el movimiento del ojo durante el procedimiento, que comprende al menos uno de un anillo de succión que se puede fijar al ojo o un objetivo de fijación de la mirada, o
 10 (b) un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento, en donde el movimiento del ojo se identifica a lo largo de al menos uno del plano x-y o el eje z, y en el caso de que se detecte movimiento del ojo durante el tratamiento, el haz láser es al menos uno de los movidos para corresponder al movimiento del ojo, terminado o suspendido;
 el aparato comprende además un sistema de exploración computarizado para aplicar el haz láser al 25 % o más del área total de la superficie anterior del iris;
 15 **caracterizado por que** el láser está configurado para emitir un haz láser que pasa a través de la córnea, que converge anterior al iris y que entrega al iris una primera densidad de energía, en donde en caso de exposición accidental del fondo al haz láser, diverge posterior al iris y entrega al fondo una segunda densidad de energía, la primera densidad de energía que es mayor que la segunda densidad de energía.
- 20 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la radiación electromagnética se aplica a un porcentaje del área superficial anterior total del iris igual al 50-75 %.
3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la radiación electromagnética se aplica a un porcentaje del área superficial anterior total del iris igual al 75-100 %.
- 25 4. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el haz láser produce un punto en la superficie anterior del iris con un diámetro igual a 1-10 micrones.
5. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde el haz láser produce un punto en la superficie anterior del iris con un diámetro igual a 10-50 micrones.
- 30 6. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde el haz láser produce un punto en la superficie anterior del iris con un diámetro igual a 50-100 micrones.
- 35 7. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde el haz láser produce un punto en la superficie anterior del iris con un diámetro igual a 100-200 micrones.
8. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde el haz láser produce un punto en la superficie anterior del iris con un diámetro igual a 200-500 micrones.
- 40 9. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para restringir el movimiento del ojo durante el procedimiento, que comprende un anillo de succión que se fija al ojo.
- 45 10. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para restringir el movimiento del ojo durante el procedimiento, que comprende un objetivo de fijación de la mirada.
- 50 11. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento, en donde el movimiento del ojo se identifica a lo largo del plano x-y.
12. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento, en donde el movimiento del ojo se identifica a lo largo del eje z.
- 55 13. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento, y en el caso de que se detecte movimiento del ojo durante el tratamiento, el haz láser se mueve para corresponder al movimiento del ojo.
- 60 14. El aparato de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento, y en el caso de que se detecte movimiento del ojo durante el tratamiento, el haz láser se interrumpe.

15. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato comprende un aparato para detectar el movimiento del ojo durante el tratamiento, y en el caso de que se detecte movimiento del ojo durante el tratamiento, el haz láser se suspende.

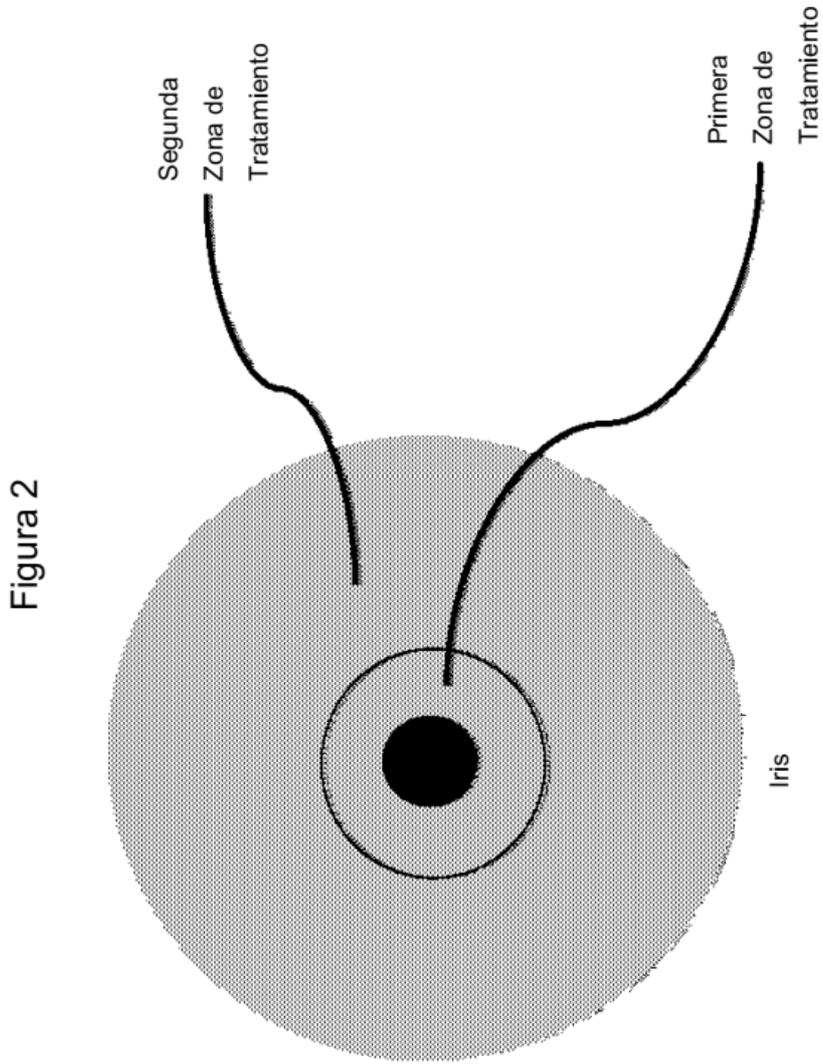
5

10

Figura 1

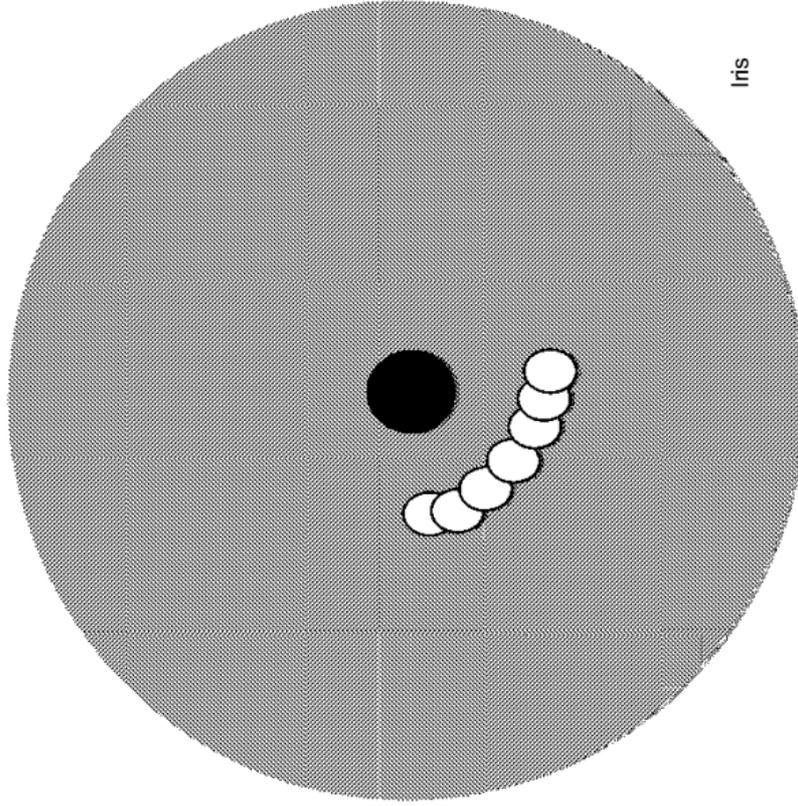


Haz Gaussiano



Zonas de Tratamiento

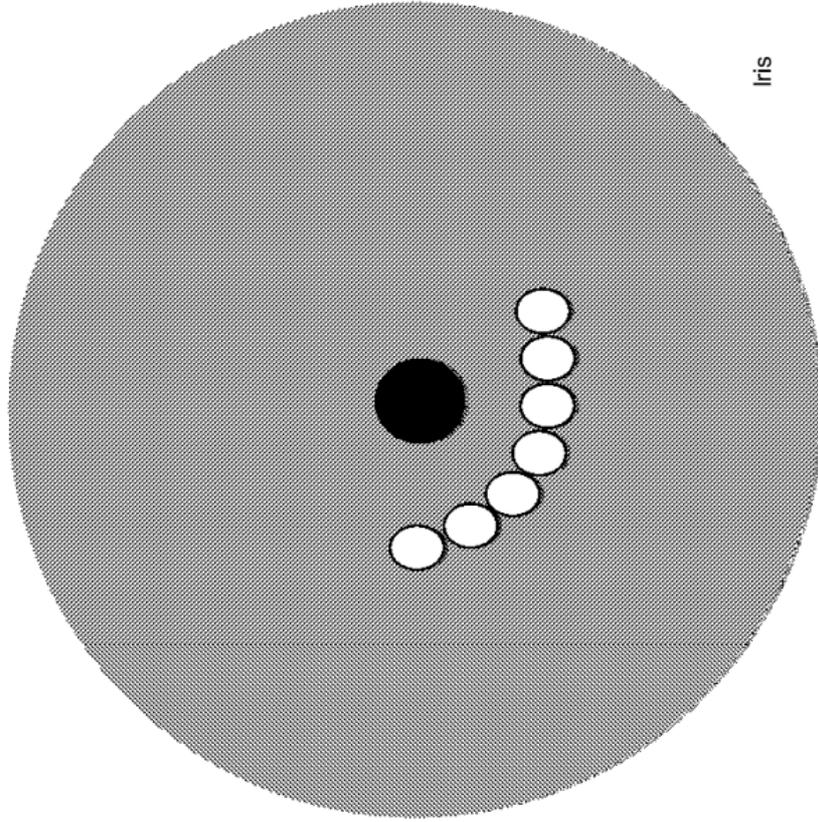
Figura 3



Iris

Aplicaciones EMR Solapadas

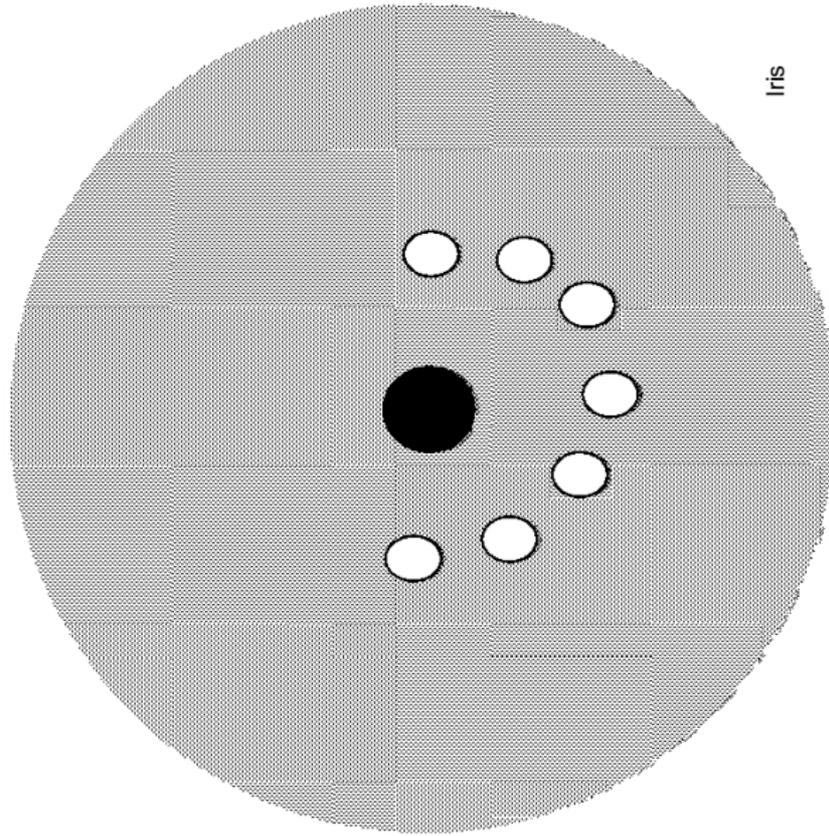
Figura 4



Iris

Aplicaciones EMR no Solapadas

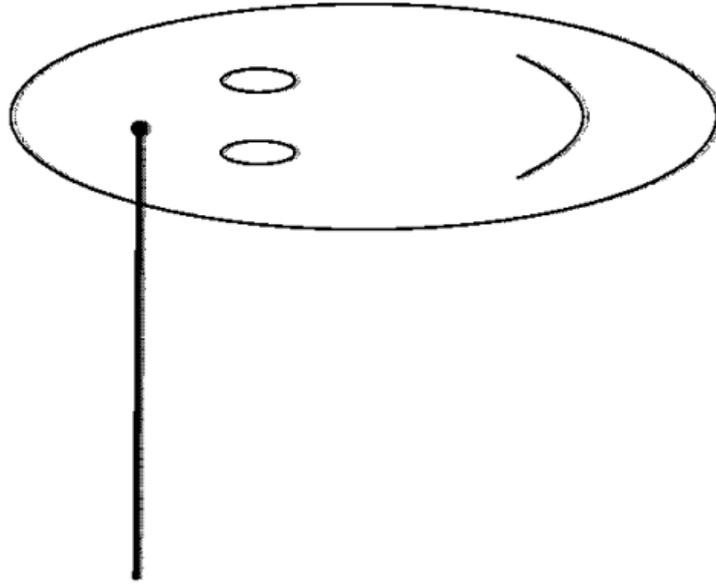
Figura 5



Iris

Aplicaciones EMR no Solapadas

Figura 6



Objetivo de Fijación de Cabeza