

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO PARA LA BIOMETRIA PEROPERATORIA

Por:
JOSE I. BARRAQUER
BOGOTA, COLOMBIA

ANTECEDENTES

Hace años introdujimos el concepto de queratoplastia refractiva en cirugía ocular y propusimos varias técnicas para la corrección o reducción de las ametropías modificando la curvatura de la superficie anterior de la córnea (1-10).

Si bien la introducción del microscopio quirúrgico en cirugía ocular (2-3-4), la adaptación al mismo de la lámpara de hendidura (4), del enfoque a pedal (4), y la construcción de modelos especiales para cirugía oftálmica nos permitieron realizar intervenciones más precisas y perfectas (5-6), pronto caímos en cuenta de que el microscopio en cirugía refractiva era un instrumento mudo, mejor dicho ciego, que no proporcionaba información sobre el parámetro principal en que estábamos actuando: el radio de curvatura de la superficie anterior de la córnea.

Así como se modificó y se llevó de la sala de exploración a la de cirugía el microscopio binocular y la lámpara de hendidura, llevamos al quirófano el oftalmómetro para utilizarlo durante la intervención.

La casa Zeiss nos construyó un adaptador especial que permitía colocar el oftalmómetro en posición vertical en la misma columna del microscopio quirúrgico para utilizarlo en pacientes acostados (7) (Fig. 1).

Lo voluminoso del instrumento, la incomodidad de la posición durante su empleo, lo engorroso del cambio de aparato, etc., hicieron que lo utilizáramos en forma esporádica y experimental.

JOSE I. BARRAQUER

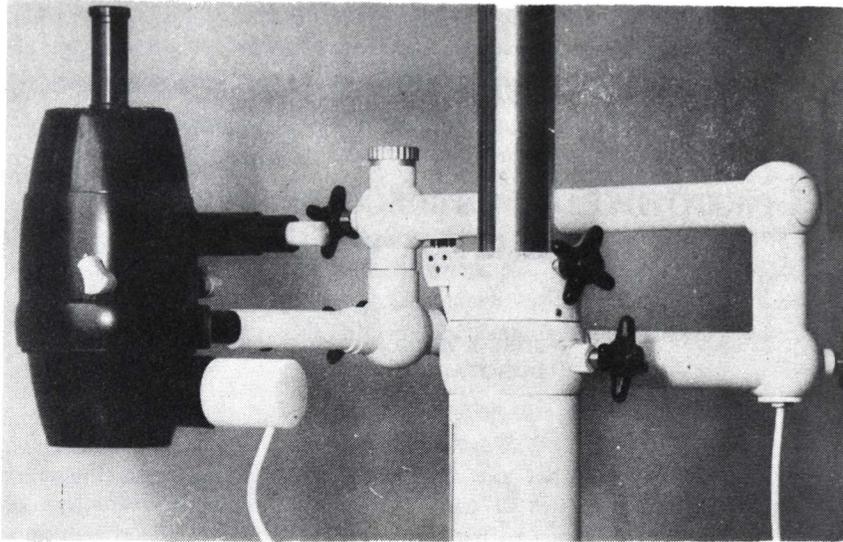


Figura 1

Oftalmómetro de Zeiss adaptado para exámenes de pacientes acostados.

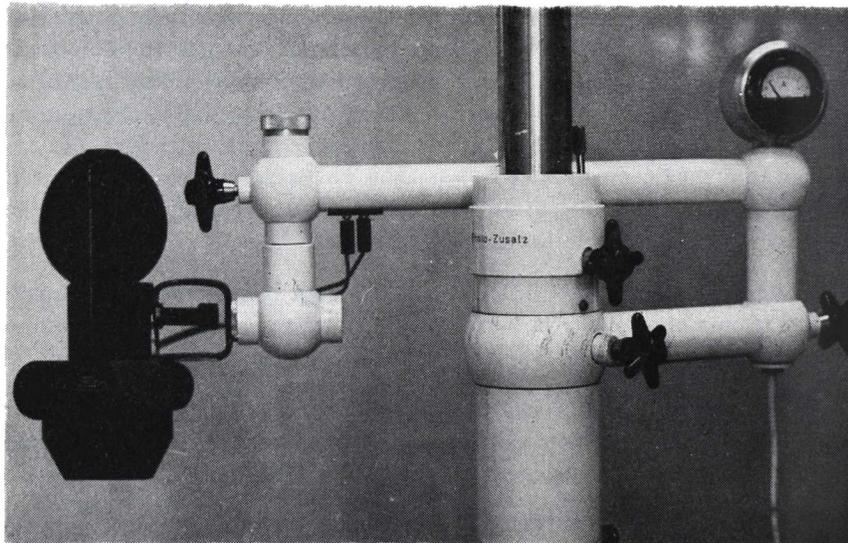


Figura 2

Oftalmómetro de Gambs adaptado para uso en la sala de cirugía.

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

Más adelante utilizamos el oftalmómetro de Gambs, basado en el mismo principio que el Zeiss pero más manual, dado su menor tamaño y peso. Con su uso, nos convencimos de la necesidad de construir un oftalmómetro con ocular de observación angulado para facilitar el manejo al cirujano sentado frente a un paciente en posición horizontal (Fig. 2).

Construimos un primer prototipo monocular (Fig. 3) híbrido Zeiss-Haag-Streit, el cual fue satisfactorio si bien adolecía de poca luminosidad. Fue modificado cambiando su prisma de Wollanston por uno mayor y el objetivo monocular por unos tubos binoculares oblicuos de Zeiss. (Fig. 4).

Este oftalmómetro consiste en un prisma de Wollanston de 46 mm. de diámetro, con una divergencia de 1° , situado entre unos tubos binoculares inclinados Zeiss de 125 mm. con oculares de 12.5 x y un objetivo de 150 mm. de distancia focal (8). Alrededor del eje óptico pueden girar unas miras del oftalmómetro de Haag-Streit. La lectura en radios o dioptrías se hace sobre

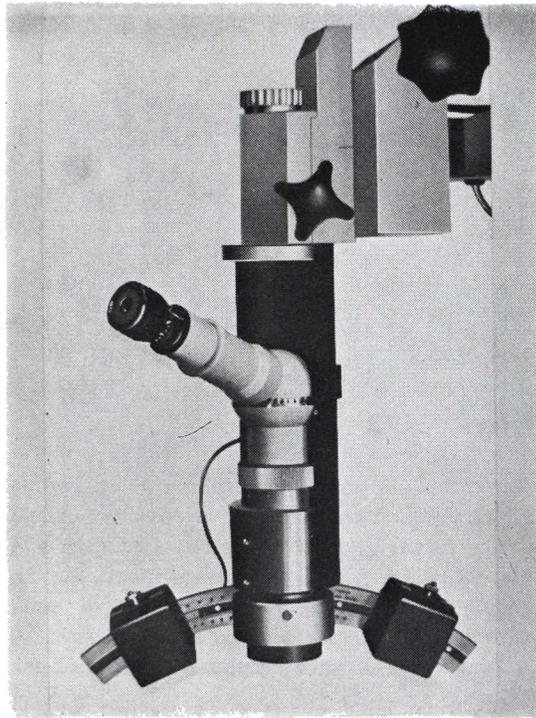


Figura 3
Oftalmómetro quirúrgico monocular Prototipo I.

JOSE I. BARRAQUER

la escala grabada en el arco sobre el cual se deslizan las miras. Debido a diferentes condiciones ópticas del instrumento, los valores originales de la escala han tenido que ser modificados.

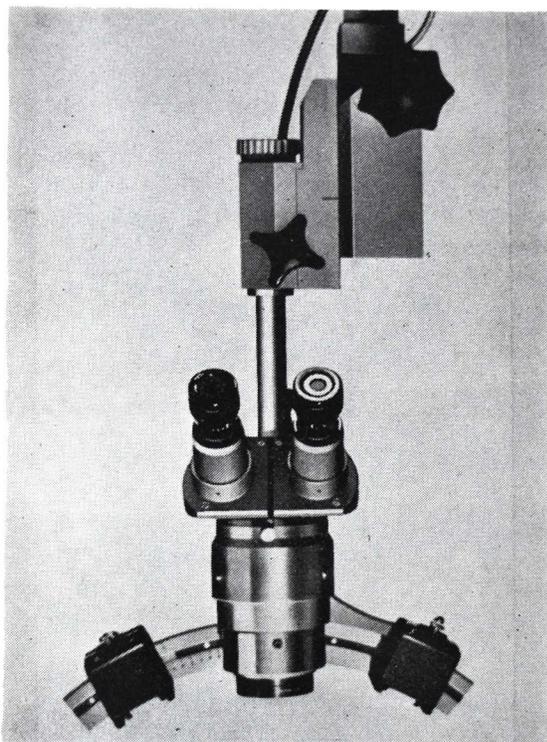


Figura 4
*Oftalmómetro quirúrgico
binocular Prototipo II.*

La binocularidad tiene la ventaja de una mayor luminosidad, permitiendo al cirujano apreciar el correcto centraje de la zona observada. Si la lectura no se realiza en el vértice corneal, las miras aparecen en diferente plano. Esto es muy importante, ya que en un paciente anestesiado, que no puede fijar voluntariamente, debe modificarse la posición del ojo variando la posición de la cabeza hasta que la lectura se haga en el vértice corneal, pues el uso de instrumentos —pinzas, etc.— para desplazar el globo ocular lo deforman y falsean la lectura.

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

Para su uso, el oftalmómetro está suspendido de un brazo articulado que es solidario al del microscopio quirúrgico. (Fig. 5). De esta manera el cirujano puede utilizar indiferentemente y a voluntad uno u otro instrumento y tomar las mediciones oftalmométricas necesarias en el curso de la intervención quirúrgica. Este instrumento es simple, práctico, y preciso, pero tiene el inconveniente de que solo puede utilizarse para comprobar la acción quirúrgica realizada, debiendo el cirujano pasar al microscopio para modificarla si no es la correcta y nuevamente al oftalmómetro para comprobarla, y así sucesivamente, ya que, dada la duplicación de la imagen inherente a la oftalmometría óptica, es imposible o muy difícil, realizar maniobras quirúrgicas en estado de diplopía.

Se imponía la necesidad de utilizar un instrumento único que fuese simultáneamente microscopio quirúrgico y oftalmómetro, y además, el instrumento situado entre el cirujano y el paciente debería ser de pequeñas dimensiones físicas, por razones expuestas ya múltiples veces (5).

Un instrumento mixto, de forma que un ayudante comprobase la oftalmometría e informase al cirujano, no nos pareció práctico dado su gran

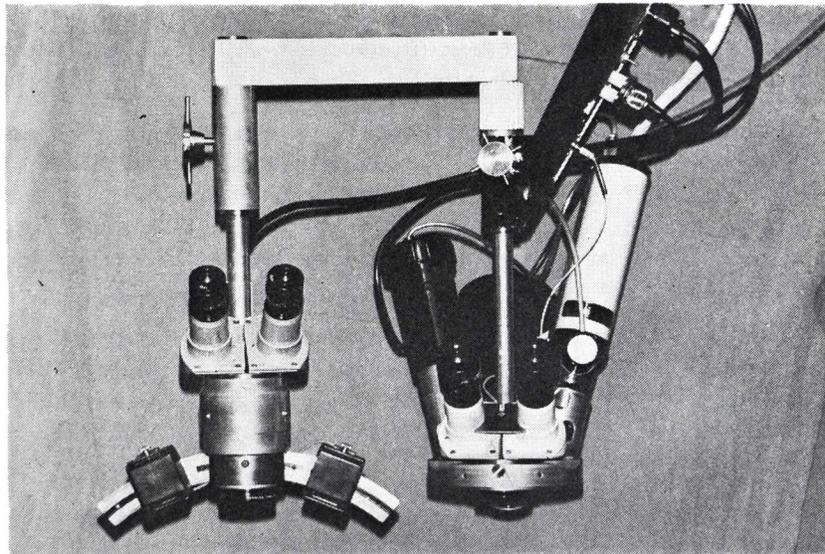


Figura 5

Oftalmómetro quirúrgico y microscopio - Disposición para su empleo.

JOSE I. BARRAQUER

tamaño y dificultades técnicas de realización. Para que el instrumento fuera de pequeñas dimensiones, consideramos más práctico y simple el realizar la medición a través de una cámara de TV, y efectuar la duplicación de la imagen, necesaria para la medición, por un procedimiento electrónico que duplicase la imagen de video a base de dividirla en líneas pares e impares y llevar este desplazamiento hasta la superimposición de las partes complementarias de la imagen en caso de queratometría. Por otra parte, la cámara de TV se usaría para transmitir en circuito cerrado la secuencia operatoria con fines de docencia y coordinación de la sesión quirúrgica, cuando el sistema duplicador no estuviera en funcionamiento.

El sistema de duplicación electrónica podría aplicarse a mediciones lineales al hacer coincidir los bordes opuestos de una imagen, determinando el espesor corneal, profundidad de cámara anterior, diámetro corneal, longitud de una incisión, diámetro pupilar, etc.

Desde la unidad de control, situada en la habitación vecina (9), se transmitiría eléctricamente al cirujano los datos de lectura por medio de un indicador especial situado en uno de los oculares del microscopio.

Basados en estas ideas, realizamos nuestro tercer prototipo, con la colaboración de la firma Carl Zeiss (Oberkochen), en la parte óptica, y la casa EMI (Hayes), en la electrónica.

El instrumento es un microscopio quirúrgico Barraquer, al que se le han adicionado dos colimadores y un objetivo que pueden girar alrededor del eje óptico del microscopio. Los colimadores proyectan sobre la córnea, con foco al infinito, las miras queratométricas, y su imagen es recogida por el objetivo, el cual la proyecta sobre la superficie fotosensible del vidicon de una cámara de TV en miniatura. (Fig. 6).

Para lograr la duplicación de la imagen se ha incorporado en la unidad de control de la cámara de TV, un circuito integrado que genera ondas cuadradas, las cuales al ser adicionadas al barrido horizontal determinan la duplicación de la imagen, siendo la separación proporcional a la amplitud de la onda sobre-añadida.

Una corriente continua que procede de la consola de lectura controla la amplitud de la onda del generador y al mismo tiempo acciona los instrumentos de medición situados en el tablero de instrumentos y en el ocular del microscopio del cirujano.

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

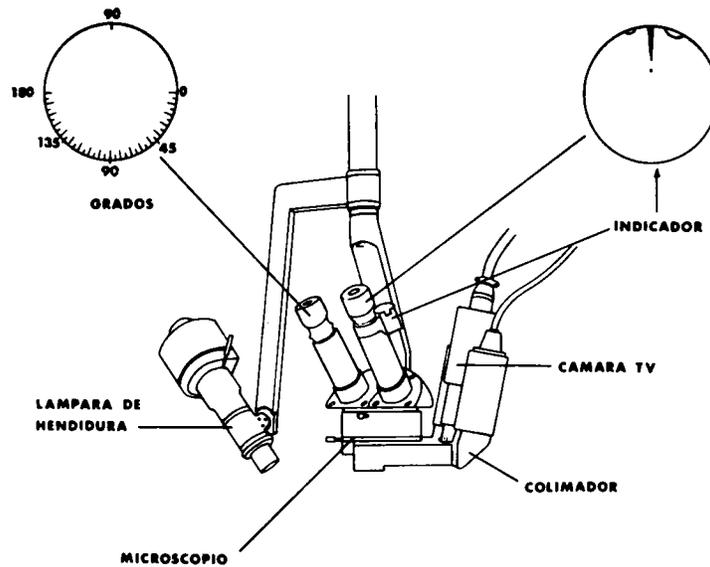


Figura 6
Metroscopio - esquema del Prototipo.

Dadas las características del nuevo instrumento, que permite la observación y a la vez realizar múltiples mediciones, lo hemos denominado Metroscopio Quirúrgico.

METROSCOPIO QUIRURGICO

Se compone de dos partes principales.

- 1º Instrumento, o metroscopio propiamente dicho.
- 2º Unidad de control.

1º Metroscopio propiamente dicho.

Está compuesto por:

- a) Microscopio.
- b) Sistema de iluminación.
- c) Oftalmómetro.

a) *Microscopio*

Microscopio quirúrgico Barraquer, con objetivo de 150 mm (f_1), tubos binoculares cortos de 125 mm. (f_2), y oculares de 10 x (V_3), lo que proporciona una magnificación de 8.3 que permite un campo de observación de 24 mm. de diámetro. Si se desea mayor magnificación, pueden utilizarse tubos binoculares largos de $f_2 = 160$ mm. y oculares de 12.50 x, de 16.00 x o de 20.00 x, que permiten las magnificaciones expresadas en la Tabla 1. Modificar el valor de f , requeriría un ajuste en la coincidencia de los focos de los colimadores del objetivo de la cámara y del sistema de iluminación, así como de la calibración del instrumento. (Fig. 7).

El microscopio puede utilizarse en cualquier soporte, ya sea una columna suspendida del techo o apoyada en el piso, que posea un dispositivo de enfoque por pedal.

b) *Iluminación*

La iluminación, como en un microscopio clásico, procede de una lámpara de hendidura, pudiendo también adicionarse una lámpara de luz homogénea u otra iluminación auxiliar (6-9).

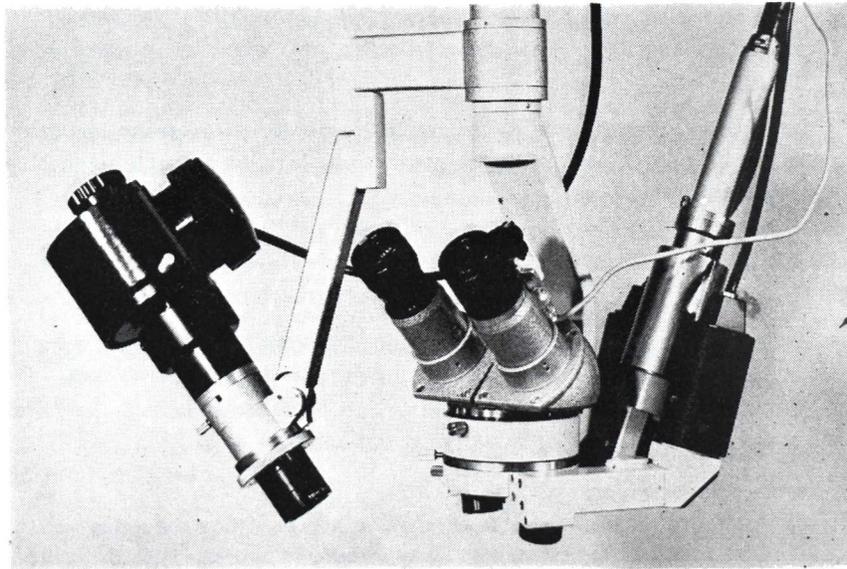


Figura 7
Metroscopio quirúrgico.

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

c) *Oftalmómetro o Queratómetro*

Consiste en dos colimadores, con foco al infinito, que proyectan las miras oftalmométricas, cruz y cruz hueca, y cuyos objetivos se hallan situados uno a cada lado del objetivo del microscopio, pudiendo girar a su alrededor para la medición de los diversos meridianos corneales.

La iluminación de cada colimador proviene de una lámpara de microscopía cuya intensidad luminosa se controla independientemente para cada uno de ellos mediante un reóstato situado en el tablero de control.

El cuerpo del microscopio dispone de un anillo que, fijado en posición adecuada, permite hacer la lectura en el meridiano complementario (situado a 90° del inicial) sin necesidad de recurrir a la escala de grados, la cual está situada en un retículo incorporado en uno de los oculares, el cual también posee una pequeña cruz central para situar adecuadamente las imágenes de las miras en relación con la cámara de TV y obtener una lectura correcta. (Fig. 6).

En la parte superior del campo visual del otro ocular existe un indicador de aguja, semejante a un fotómetro de cámara fotográfica, que indica al cirujano si el radio corneal es el necesario o si su valor se halla desviado en uno u otro sentido. La desviación de la aguja hacia la izquierda indica radio menor, y hacia la derecha radio mayor.

Enfoque del instrumento. Como quiera que el plano de la imagen de las miras oftalmométricas está más allá del plano de la superficie anterior de la córnea, se ha previsto un pequeño motor de enfoque auxiliar para que el operador del metroscopio pueda mantener el foco sin interferir con el cirujano.

Esta pequeña falta de coincidencia focal entre el plano quirúrgico y el oftalmómetro no interfiere con el trabajo del cirujano. La profundidad de foco a 8.3 aumentos es suficiente para permitir una visión nítida. El cirujano puede variar el foco a voluntad por el dispositivo habitual de enfoque. Este instrumento permite también, cuando no se realiza oftalmometría, delegar al técnico que maneja la consola del metroscopio mantener en foco el plano quirúrgico durante todo el tiempo de la intervención.

d) *Cámara de TV*

Entre ambos colimadores va instalado un objetivo zoom con focal variable de 17 a 85 mm. y acoplado a una cámara EMI, modelo 1.103. Esta

cámara de un tamaño sumamente reducido (cilindro de 24 mm. de diámetro por 140 mm. de longitud), no incomoda al cirujano ni a los ayudantes.

Campo de observación. Comoquiera que para la medición oftalmométrica un aumento relativamente grande para que las miras sean claramente visibles en la pantalla de TV, la cámara cubre únicamente 6 mm. del campo operatorio a la mayor focal del zoom. La menor focal capta 28 mm. y es empleada para la transmisión del acto quirúrgico y para algunas mediciones lineales. Las focales intermedias pueden utilizarse para mostrar con mayor detalle algún tiempo operatorio.

Dado el reducido tamaño de la cámara, precisa la inyección de aire comprimido para su refrigeración si se debe trabajar ininterrumpidamente por periodos de tiempo superiores a 1 hora.

2º Unidad de Control

La unidad de control está dispuesta en una mesita con ruedas y se compone de tres partes:

- a) Unidad de control de la cámara.
- b) Consola de lectura.
- c) Monitor.

a) *Unidad de control de la cámara*

La unidad de control de la cámara es compacta, totalmente transistorizada, y construida en sistema modular. En esta unidad está instalado el interruptor principal, la toma de corriente a la red, los controles de luminosidad, haz y foco electrónico de la cámara de TV, así como los reóstatos que controlan la intensidad del brillo de las lámparas de los colimadores. Existen también todos los controles de ajuste y sincronización de la cámara, que no deben manipularse y que están habitualmente protegidos por una tapa para evitar alteraciones accidentales. En la unidad de control está instalado el transformador que suministra la corriente alterna de bajo voltaje para las lámparas de iluminación. (Fig. 8).

b) *Consola de Lectura*

La consola de lectura está dispuesta encima de la unidad de control y debajo del monitor. En el tablero de mando está situado el interruptor de puesta en marcha del sistema de duplicación de la imagen, un conmutador para seleccionar la lectura de separaciones lineales (diámetros y espesores)

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

y la de lectura de radios (queratometría). En el sistema de mediciones lineales, la regulación del potenciómetro permite, en el correspondiente indicador, lecturas que van desde 0 a 16 mm. en doble escala, según la distancia focal empleada en el zoom de la cámara de TV, con el fin de permitir mayor precisión en las mediciones pequeñas. (Fig. 9).

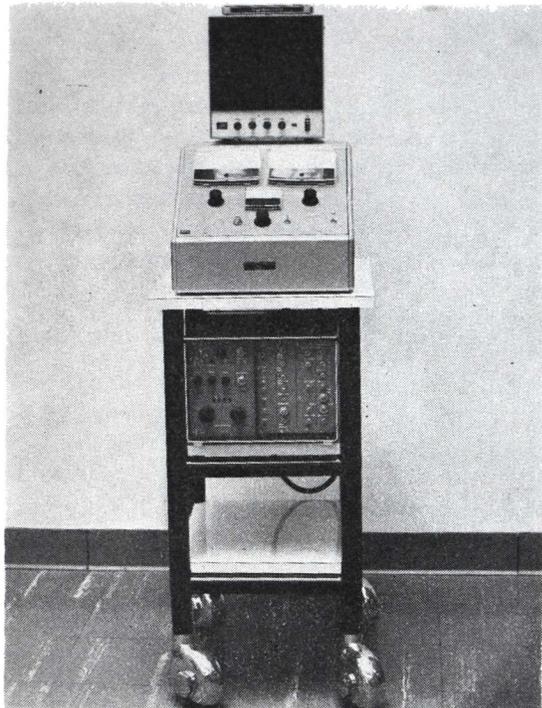


Figura 8
Unidad de control.

En el sistema de mediciones de radios, la regulación del potenciómetro parte de una separación equivalente a un radio de 5.5 mm. y se extiende hasta un radio de 12 mm. Para estas mediciones debe utilizarse el zoom en su distancia focal máxima.

El sistema de mediciones de radios va acoplado a un indicador con su correspondiente potenciómetro de balanceo, que está conectado en paralelo con el indicador situado en el ocular del microscopio para informar al

JOSE I. BARRAQUER

cirujano si la córnea posee el radio necesario, o si hay desviación, en qué sentido es esta. También se encuentra el control de mando del motor auxiliar de enfoque.

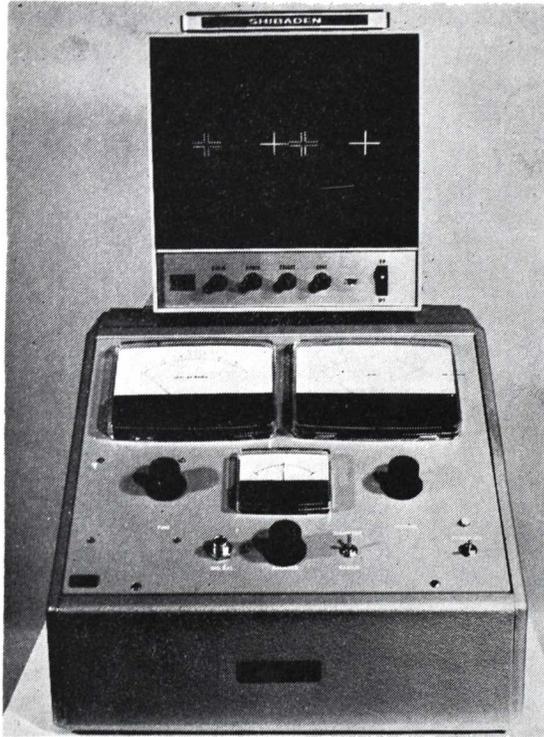


Figura 9
*Consola de lectura
y monitor.*

Comoquiera que la información que recibe el cirujano con el método actual es incompleta, estamos desarrollando una unidad que mediante un sistema digital le permita conocer en todo momento el valor numérico de la lectura, sea esta radial o lineal. Durante las mediciones de radios debe atenuarse la intensidad de la iluminación auxiliar.

c) *Monitor*

El monitor Shibaden con pantalla de 21 cm. está situado encima del pupitre de lectura. Tiene los mandos propios de un aparato de TV y se regula como estos. Al efectuar mediciones lineales, debe adaptarse el con-

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

traste y el brillo para obtener una imagen lo más nítida posible. Cuando se realizan mediciones de radios, conviene llevar el contraste al máximo, a fin de facilitar la visualización de las miras queratométricas, y reducir la iluminación en uno u ambos colimadores si esta resultase demasiado brillante para evitar que se produzca un efecto de halo que dificulta la lectura.

OPERACION DEL METROSCOPIO

Conviene poner el metroscopio en funcionamiento de 10 a 15 minutos antes de utilizarlo a fin de permitir que sus diferentes elementos adquieran una temperatura uniforme, pues en estas condiciones, la precisión del instrumento es satisfactoria. Sin embargo, si se desea una mayor precisión, es preferible calibrarlo previamente utilizando una superficie convexa de radio conocido que puede ser una base de plástico o una esfera de cojinete de bolas (balinera), y utilizar una dimensión cercana a la necesaria durante la intervención.

Para calibrar mediciones lineales puede utilizarse una regla milimetrada corriente.

Cuando se efectúan mediciones de espesor corneal o profundidad de cámara anterior, debe tenerse en cuenta que la inclinación de la lámpara de hendidura es de 45° y hacer la corrección correspondiente a este ángulo y curvatura corneal.

Antes de calibrar el aparato, el cirujano debe cerciorarse de que los oculares del microscopio se hallen situados en 0 o ajustarlos adecuadamente para que la calibración del instrumento resulte exacta.

Durante la intervención, el ayudante debe cuidar que la córnea permanezca húmeda, pues lo contrario dificultaría la visualización del reflejo corneal.

La posición de la cabeza del paciente es sumamente importante para efectuar una lectura correcta en el vértice corneal. La colocación de un anillo de Fieringa relativamente grande antes de la operación, seguida de la comprobación de que este no ha determinado modificaciones en la curvatura corneal, puede ser de ayuda en la colocación del ojo en la posición adecuada para obtener una buena lectura.

En las mediciones efectuadas hasta el presente, la exactitud del instrumento es de 2 centésimas de milímetro para los radios y de 1 décima de milímetro para las mediciones lineales. Esta exactitud es suficiente para

JOSE I. BARRAQUER

usos clínicos, a excepción del espesor de la córnea. Se está estudiando la posibilidad de aumentar la resolución del aparato de TV, a fin de mejorar su rendimiento en este último punto.

El instrumento acepta la mayoría de los accesorios Zeiss y Urban, para microscopio quirúrgico, cámara fotográfica, cine, tubos de observación y ayudante, etc.

Para efectuar una medición de radio, el interruptor selector del tablero de control debe colocarse en "radios" y el cirujano debe orientar las miras de acuerdo con el eje que desea medir. El zoom debe colocarse a la distancia focal máxima y el cirujano debe centrar cuidadosamente las miras con el centro del campo del microscopio, guiándose para ello por la pequeña cruz que existe en el retículo del ocular de la izquierda. El operador podrá obtener la coincidencia de las imágenes ajustando el potenciómetro del medidor de radios y ajustando también el indicador, y colocando este en 0 (posición central). En seguida debe leer y anotar la medida del radio, comunicándosela al cirujano. El mismo procedimiento se sigue para tomar mediciones lineales, utilizando el selector en posición de "diámetros" y la distancia focal máxima para las mediciones pequeñas (hasta 3.5 mm.) y la distancia focal mínima para mediciones mayores (hasta 16 mm.).

En cirugía refractiva se procede en la siguiente forma para ajustar un radio corneal a un radio predeterminado. Usando el potenciómetro, se coloca la aguja del indicador en el radio necesario (por ejemplo, 6.5 mm. estando el indicador en 0). Una vez calibrado el instrumento en el radio necesario, el operador debe colocar el indicador del tablero de control en la posición central 0 y ajustar nuevamente el radio en el medidor si ello fuere necesario. En las etapas sucesivas no debe volver a tocar el indicador ya que este está en paralelo con el indicador del ocular derecho del microscopio. Cuando el cirujano está tensando las suturas, y por indicación suya, el operador del microscopio mantendrá la coincidencia de las imágenes en la pantalla de TV. Con lo anterior, la aguja del indicador del tablero de control y la aguja del indicador del ocular del microscopio se desplazan hacia un lado o hacia el otro de acuerdo con la diferencia entre el radio existente y el radio necesario. Cuando el radio de la córnea coincide con el radio necesario, las agujas de los indicadores del tablero de control y del ocular del microscopio estarán en posición central, indicando que se ha obtenido el radio necesario para la corrección deseada.

En el curso de la intervención el cirujano debe tener cuidado de que el objetivo se halle en su distancia focal máxima y que la imagen de las

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

miras aparezca siempre en el centro del ocular. Asimismo debe comprobar que el foco de las miras sea correcto, si bien esto puede ser rectificado por el técnico operador del instrumento.

Es muy importante que la lectura se haga exactamente en el centro del ocular, en el centro del monitor de TV, y en el centro de la córnea, pues de lo contrario habrá una alteración de los valores leídos.

Ultimamente hemos desarrollado un segundo prototipo de Metroscopio, utilizando luz fría por medio de fibra óptica tanto para la lámpara de hendidura como para la lámpara de luz homogénea. (Fig. 10).

La supresión del calor es muy agradable para el cirujano.

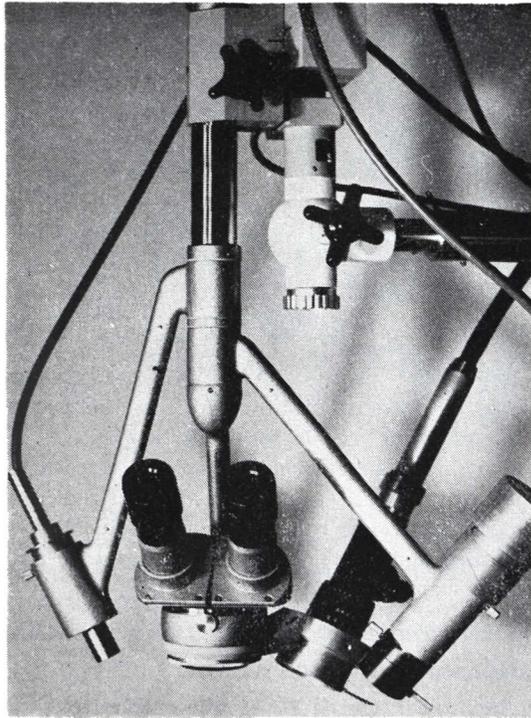


Figura 10
Metroscopio Prototipo II.

JOSE I. BARRAQUER

Como mira oftalmométrica empleamos un disco de Plácido que se ilumina también por fibras ópticas. Estas se conectan a voluntad a la lámpara de luz homogénea, a la lámpara de hendidura, o al disco de Plácido. (Fig. 11).

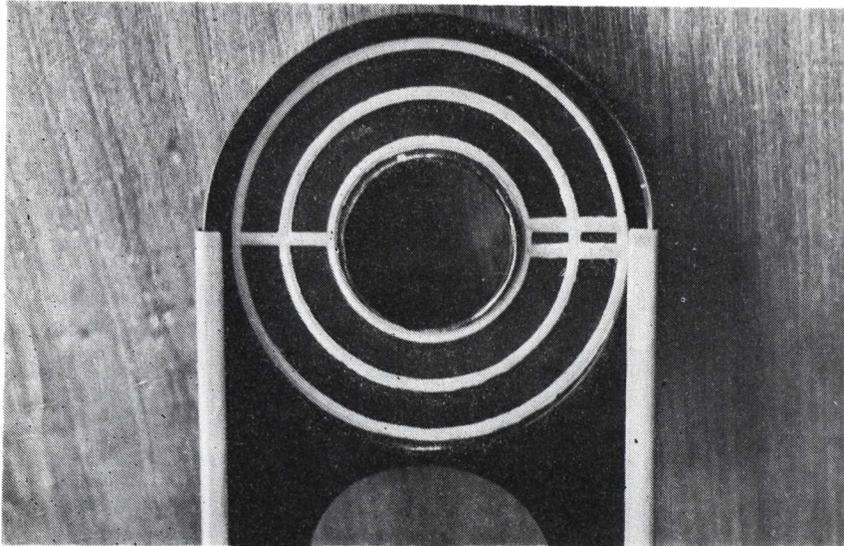


Figura 11

Disco de Plácido, adaptable al Metroscopio II.

El disco de Plácido constituye un accesorio que se coloca en el microscopio cuando se desea practicar la queratometría. (Fig. 12).

El uso del disco de Plácido permite al cirujano obtener en todo momento una imagen cualitativa del astigmatismo y de la forma de la córnea, y el valor cuantitativo del radio al realizar la medición a través del dispositivo de superimposición de la cámara de TV. Con él puede medirse el radio en cualquier meridiano y los ejes astigmáticos se reconocen por la coincidencia de las líneas horizontales del disco. Este sistema tiene la ventaja de que puede acoplarse a cualquier microscopio quirúrgico en uso.

Se considera que el nuevo instrumento será útil:

- a) Como microscopio quirúrgico para uso de rutina.
- b) Para transmitir por circuito cerrado de TV el acto quirúrgico.

PROTOTIPO DE METROSCOPIO QUIRURGICO

- c) En cirugía refractiva.
- d) En todas aquellas intervenciones en que se desee evitar una distorsión de la córnea.
- e) Para desarrollar nuevas técnicas para la cirugía del astigmatismo.
- f) Como instrumento de exploración en pacientes anestesiados.

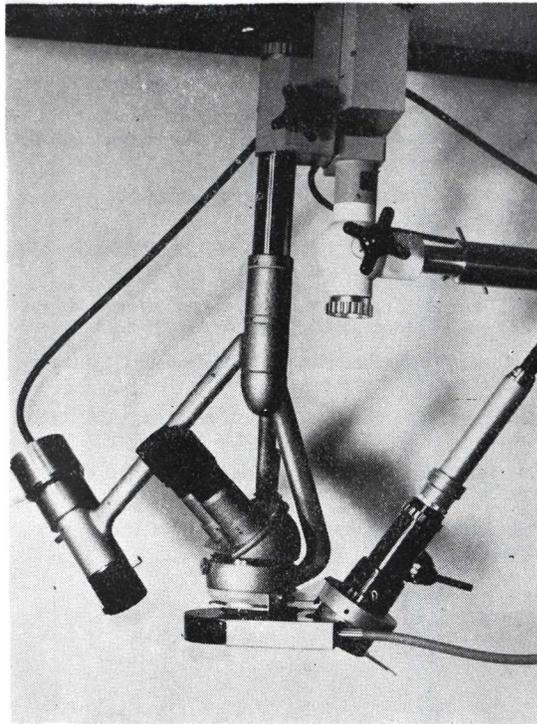


Figura 12
Metroscopio II con disco de Plácido iluminado por fibra óptica.

En cuanto a los resultados obtenidos con el segundo modelo de oftalmómetro quirúrgico, del que tenemos varios años de experiencia, se puede resumir diciendo que en cirugía refractiva el valor de los astigmatismos residuales postoperatorios ha disminuido en la proporción de 91 a 14 con el uso del oftalmómetro durante la intervención (8).

Apartado Aéreo 90404
Bogotá (8), Colombia

JOSE I. BARRAQUER

BIBLIOGRAFIA

- 1) BARRAQUER, J. I.: (1949) **Queratoplastia Refractiva**. Est. e Inf. Oftal. 2, 1-21.
- 2) FERRIT, R. A.: (1948) **Mitteilung, National Assembly United States Chapter. J. int. Coll. Surg.**
- 3) HARMS, H.: (1953) **Augenoperationen unter dem binoculare Mikroskop**. Ber. dtsh. ophthal. Ges 58, 119-122.
- 4) BARRAQUER, J. I.: (1956) **The Microscope in ocular surgery**. Amer. J. Ophthal. 42, 916-918.
- 5) BARRAQUER, J. I.: (1965) **in The Cornea**. KING and McTIGUE. Panel Five, 466-467.
- 6) BARRAQUER, J. I., BARRAQUER, J., LITTMAN, Hans: (1966) **Nuevo Microscopio para cirugía ocular**. Arch Soc. Amer. Ofatal. Optom. 5, 271-284.
- 7) BARRAQUER, J. I.: (1962) **Cirugía Experimental de la Refracción**. Filmoteca del Instituto Barraquer de América Nº 39.
- 8) BARRAQUER, J. I.: (1972) **Keratophakia**. Trans. Ophthal. soc. UK XCII, 499-516 y **Lamellar Keratoplasty**. Ann. of Ophthal. 4, 437-469.
- 9) BARRAQUER, J. I.: (1972) **Ophthalmic Surgical Suite**. Documenta Ophthal. 33, 1:75-83.
- 10) BARRAQUER, J. I.: (1970) **Refractive Keratoplasty**. Vol. I Editor José I. Barraquer. - Instituto Barraquer, Bogotá.