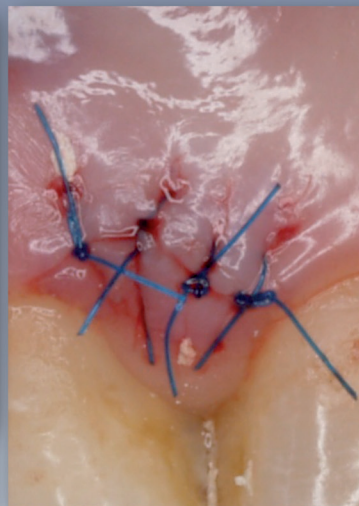
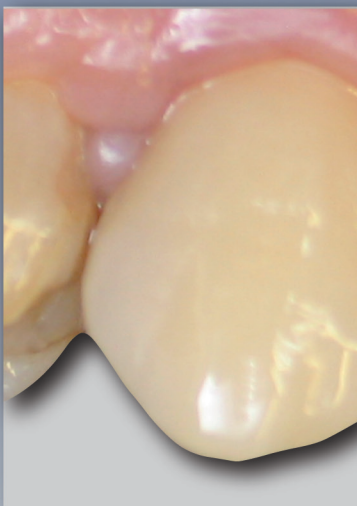




Introducción a

La Magnificación en Odontología



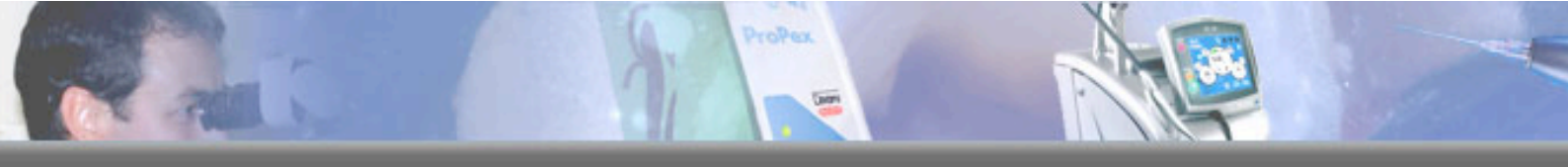
Carlos Vidal Tudela

1

Magnificación Quirúrgica

“ La iluminación es mas importante que la magnificación y es que lo maravilloso no es lo grande que lo ves si no el hecho de que se puede ver ”

Carlos Vidal Tudela



Justificación de la necesidad de usar magnificación en odontología

La magnificación para los procedimientos quirúrgicos fue introducida en 1921 en una intervención de oído por Carl Nylen⁽¹⁾, quien es considerado el padre de la microcirugía. Es en los años 50, cuando el Dr. Barraquer comienza su uso en cirugías de córnea⁽²⁾ y a finales de los 70, Apotheker y Jako introducen el microscopio en la odontología.⁽³⁾ En los años 80, el Dr. Gary Carr introduce el microscopio en el campo de la endodoncia, confederándose el pionero de la endodoncia microscópica. Años más tarde debido a las bondades de la magnificación, el microscopio es introducido a otros campos de la odontología adaptando técnicas y materiales específicos para este campo (microodontología), y es a partir de los años 90, cuando se introduce finalmente en la periodoncia.

Hoy en día existe un aumento de interés por la introducción de la magnificación en odontología. El sistema mas usado ahora mismo son las lupas que fueron introducidas en 1876 por Saemisch.

Con el manejo, la magnificación llega a ser sin duda una herramienta indispensable, pienso que incluso adictiva. Pero no solo el poder de magnificación hace que todo esto sea tan interesante. Cuando disponemos de un microscopio quirúrgico para trabajar vamos a tener áreas quirúrgica bien iluminadas algo que a veces es mas importante que la propia magnificación. El campo de visión y el campo de iluminación son los mismos. La iluminación coaxial proporciona un excelente campo de iluminación sin sombras, incluso en áreas previamente inaccesibles.

Aun así, un microscopio sigue sin ser suficiente para llevar a cabo técnicas microquirúrgicas, para que esto sea posible necesitaremos adaptar nuestras técnicas y nos veremos en la necesidad de utilizar microinstrumentos que permitan desarrollar esta. Todo este cambio debe ir aderezado de un adiestramiento que nos aporte la precisión y delicadeza imprescindibles para trabajar con estructuras menores de un milímetro.

Esperamos que nuestros tratamientos sean lo mas predecibles, y menos traumáticos posibles, por esto intentamos crecer en el conocimiento de técnicas y mejoramos nuestros materiales.

Microodontología | Capítulo 1

En 1998, la academia Americana de Endodoncia decidió instituir el requerimiento de que todos los estudiantes de postgraduado en endodoncia dominen el uso del microscopio operatorio. Aun hoy en España en el año 2011 el microscopio es un gran desconocido en la clínica y en la facultad.

La utilización de magnificación en endodoncia ha sido justificada durante años y hoy es un instrumento imprescindible en gran número de estos tratamientos. En otras disciplinas como la periodoncia, la magnificación se introduce más tardíamente pero no por esto su justificación es menor. En periodoncia y cirugía mucogingival el éxito depende del buen abordaje quirúrgico, limitado este por las capacidades del cirujano y la percepción del ojo humano. Por esto y aunque en menor medida que con la endodoncia, diferentes autores describen la aplicación de la magnificación en periodoncia.⁽¹¹⁻¹⁴⁾

El mínimo trauma causado por las incisiones microquirúrgicas y las técnicas de microsutura con cierre primario de la herida resultan en una reducción de la necrosis celular y por consiguiente una más rápida recuperación que con abordajes macroquirúrgicos.⁽¹⁵⁾

Las ventajas del abordaje microquirúrgico en la cobertura radicular con injertos de conectivo ha sido demostrada en estudios mediante angiografía fluorescente demostrando la más rápida vascularización en comparación con los abordajes macroquirúrgicos.⁽¹⁶⁻¹⁷⁾

Definición de microcirugía

La microcirugía es el procedimiento quirúrgico en espacios excepcionalmente pequeños mediante el uso de microscopio. Gracias a este, el cirujano puede valorar y retirar la lesión patológica de forma precisa disminuyendo el daño tisular durante la cirugía.

La microcirugía periodontal es el perfeccionamiento de las técnicas básicas de cirugía, gracias a la mejora de la agudeza visual adquirida con el uso del microscopio quirúrgico.⁽⁹⁾

Conceptos generales

Existen 4 conceptos que se deben conocer para poder entender las necesidades y dificultades que podemos obtener en el transcurso de la práctica del microscopio operatorio: Resolución, Profundidad de campo, Magnificación y Parafocal.

Resolución

Cuando hablamos de la resolución del ojo humano, no podemos hablar que esta se mida en megapíxeles, sino que como reportó el Dr. Gary Carr, el ojo humano tiene la habilidad de distinguir dos puntos separados por un mínimo de 200 micrones (0.2mm) y esta sería la resolución de nuestro ojo.⁽⁴⁾

Estudios han demostrado que un clínico hábil usando una sonda agudizada puede detectar puntos separados por 36 micrones⁽⁵⁾, es decir, somos incluso más capaces de detectar ajustes o lesiones con nuestra sonda que con nuestro ojo. Así es justificable pensar que este está muy limitado para nuestra práctica de trabajo, así que la utilización de los medios de magnificación están más que justificados

Magnificación Sistema	Magnificación	Resolución (micrones)	Resolución (mm)
Ojo Humano Desnudo	0X	200	0.2
Lupas Simples	1.5X	133.33	0.133
Lupas de Baja Magnificación	2.5X	80	0.08
Lupas de Magnificación Media	4.0X	50	0.05
Sonda	0X	36	0.036
Microscopio-Baja Magnificación	6.4X	31	0.031
Microscopio-Magnificación Media	10X	20	0.02
Microscopio-Magnificación Alta	20X	10	0.01

Distintas resoluciones en función de la magnificación utilizada

Profundidad de Campo

La profundidad de campo es el espacio por delante y por detrás del plano enfocado, comprendido entre el primer y el último punto apreciablemente nítido reproducidos en el mismo plano de enfoque. La profundidad de campo aumenta en relación inversa a la apertura, es decir, cuanto más cerrado se encuentra el diafragma o lo que es lo mismo, cuanto mayor sea el número f elegido, más aumentará la profundidad de campo.



Magnificación

La magnificación es el número de veces que multiplica el tamaño del objeto a la vista. Como puede apreciarse en la tabla y así es lógico pensarlo, al aumentar la F (distancia al foco) de la lente va disminuyendo el poder de magnificación de nuestro microscopio. Podremos calcular mediante la fórmula siguiente la magnificación total con la que estamos trabajando donde intervienen diferentes elementos del microscopio que son explicados más adelante.

$$\frac{\text{Focal del tubo}}{\text{Focal Objetivo}} \times \text{Cambiador de aumentos} \times \text{Magnificación de los oculares}$$

Valores relativos a la magnificación según la variación del selector de aumentos y la longitud focal de la lente del microscopio.

Factor de magnificación	0,4	0,6	0,1	1,6	2,5	Longitud Focal
Magnificación	4x	6x	11x	17x	27x	F=200mm
Diámetro del campo de Visión	51	34	21	13	8	
Magnificación	3x	5x	9x	14x	21x	F=250mm
Diámetro del campo de Visión	64	43	26	16	10	

Como se aprecia en la tabla al aumentar la magnificación disminuye el campo de visión y aumentando la longitud focal de nuestra lente disminuimos nuestra magnificación.

Parafocal

Lente parafocal es la que permanece enfocada al variar la magnificación o al variar la distancia focal. Existe una pequeña cantidad de error en el enfoque pero es suficiente para ser insignificante

Ajuste parafocal del microscopio

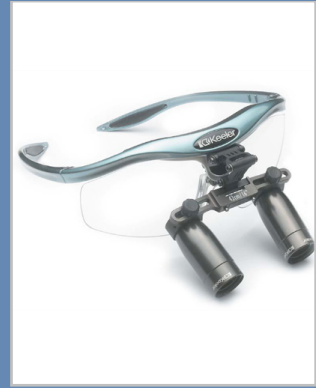
Es particularmente importante que el microscopio se parafocalice al hacer la fotografía a través del microscopio. La cámara accesoria ha sido diseñada suponiendo que el ajuste de enfoque se fija en el infinito. También asume que el plano de enfoque del microscopio y la cámara son los mismos. Cuando es así, la cámara estará en el foco cuando el microscopio está visualmente en el foco. La parafocalidad precisa garantizará que los dos se centra en el mismo plano. El método para llevar a cabo parafocalidad es el siguiente:

- Posicione el microscopio por encima del objetivo de enfoque.
- Establezca dioptrías del ocular a "0".
- Coloque el microscopio cerca de la mitad de su rango de enfoque.
- Coloque el microscopio en su configuración máxima posible de magnificación y enfoque con el control de enfoque fino hasta que se obtenga una imagen nítida.
- Con cuidado de no mover físicamente el microscopio, cambie el ajuste de aumentos a la posición más baja. Enfoque los oculares de la izquierda y la derecha, de uno en uno, girando el anillo de dioptrías hasta que la imagen este clara y nítida. Apriete el botón de bloqueo de dioptrías y registre el ajuste.
- Repita varias veces esta operación hasta que haya confianza en la configuración.
- Este procedimiento debe repetirse en ocasiones tales como en el cambio del operador.

Tipos de Lupas

A: Lupas TTL
Con óptica Galileo

B: Lupas Flip Up
Con óptica Prismática



Dispositivos de magnificación

Los dispositivos de magnificación podemos clasificarlos en tres tipos: lupas, microscopios y los más recientes microscopios de cabeza.

LUPAS

Son dispositivos de baja magnificación que se antepone a nuestros ojos aumentando la visión y se clasifican según:

- Montura : TTL vs. FLIP UP
- Óptica: Galileo vs. Prismáticos

TTL Vs. FLIP UP

Lupas TTL, viene del nombre en ingles "Through the lens" que significa a través de la lente. En este tipo de lupas las lentes están instaladas en los mismos cristales de las gafas.

Lupas Flip Up, son accesorias a las gafas o bien son dispositivos de cabeza, no van incrustadas en las gafas y son desmontables.

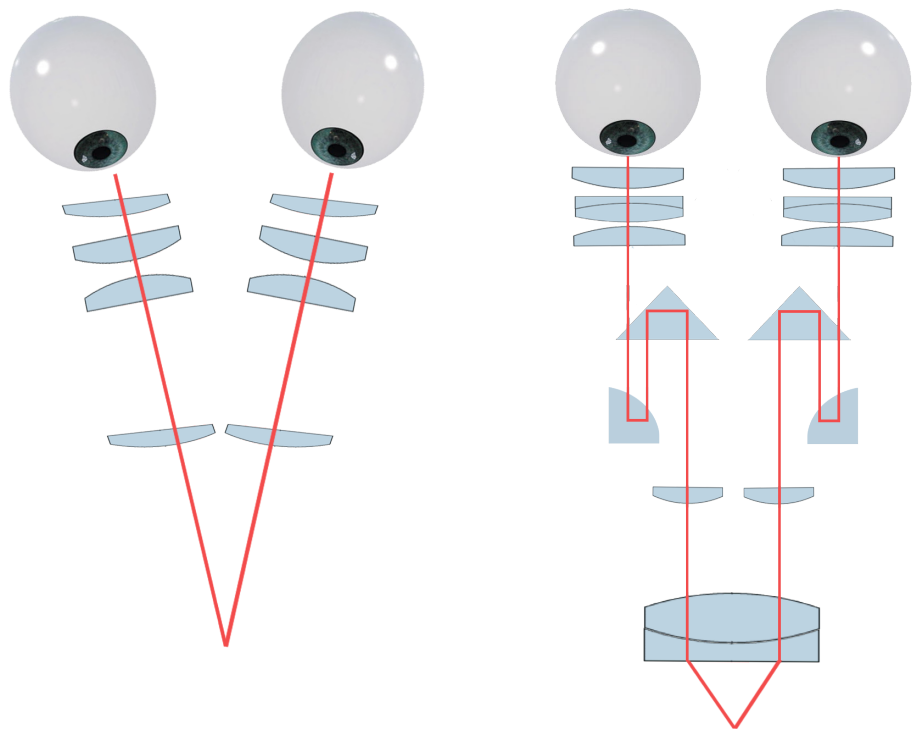
Las diferencias entre estos dos sistemas de lupas son que las TTL

- Tienen mayor coste para el usuario
- Son menos pesadas
- Mejor profundidad de campo al estar más cerca
- Ángulo de declinación prefabricado a medida
- Se adaptan con mayor comodidad
- Sólo pueden ser usadas por un clínico

Galileo Vs Prismáticos

Las lupas Galileo, llevan el nombre astrónomo del siglo XVII Galileo Galilei. Se componen de dos lentes y son capaces de lograr de 2.0 a 3.5 aumentos. Con las lupas Galileo la imagen es más nítida en el círculo central mientras que existen distorsiones en la periferia. Suelen existir distorsiones cromáticas. Son de peso ligero, asequible y fáciles de usar. El sistema Galileo es un sistema simple que cuenta con una lente convexa como objetivo combinado con un ocular cóncavo, produciendo una imagen real no invertida.

Los sistemas Prismáticos se basan en el diseño Kepleriano, en nombre de Johannes Kepler, el astrónomo del siglo XVII. La lupa consiste en un sistema compuesto de varias lentes. Las ventajas de las lentes prismáticas son una resolución superior a las equivalentes de Galileo. Puesto que hay más objetivos en las lupas prismáticas tienden a ser ligeramente más pesados, y así podemos obtener magnificaciones mayores. En estos sistemas, tanto el objetivo como el ocular son lentes convexas. Un sistema interno de prismas es el encargado de invertir la imagen. El campo visual, el paso de luz y la óptica misma son superiores en un sistema prismático que en un sistema galileico.



Aunque un sistema estándar de luces y un sistema de lupas 2x y 3.5x son útiles en caso de áreas quirúrgicas amplias, no son buenas en caso de la microcirugía donde se deben identificar microestructuras y lesiones muy pequeñas.

Las lupas con magnificaciones menores de 4 aumentos suelen ser inadecuadas para la microodontología o cirugía periodontal. Para la mayoría de los procedimientos periodontales las lupas de 4 a 5 aumentos proporcionan un adecuado incremento de la agudeza visual con una combinación efectiva entre magnificación, profundidad de campo y tamaño del campo visual. Las lupas mayores de 5x deberían ser examinadas antes de comprarse pues pueden producir un uso torpe al disminuir el campo visual en gran medida y la profundidad del campo.

Configuración de las lupas



Ángulo de declinación

El ángulo de inclinación es el ángulo entre la línea visual en la posición neutra del ojo y la línea visual que forma el ojo cuando miramos hacia el área de trabajo. Si el usuario se ve obligado a bajar la barbilla hasta el pecho, será señal de que el ángulo de inclinación de la lente utilizada es demasiado pequeño. Si el usuario hubiera de bajar mucho los ojos o tuviera que echar la cabeza hacia atrás, será señal de que el ángulo de inclinación es excesivamente grande. La inclinación de la cabeza será la ideal cuando las cargas de los músculos de la nuca y de los ojos se compensan de la forma más cómoda posible.

En general, las lupas, flip-up tienen un mejor ángulo de declinación que las lupas TTL. En las lupas TTL será importante el tamaño y la forma del cuadro sobre el que va soportado la lupa. Cuanto mayor sea el cuadro, mayor podrá ser el ángulo de declinación de las lupas.

MICROSCOPIO

Aunque comúnmente es llamado microscopio, en odontología se trabaja con estereomicroscopios, los cuales cuentan con una serie de diferencias con un microscopio común.

El estereomicroscopio consta realmente de dos microscopios completos, cada uno con su objetivo y ocular, en los que al no coincidir sus ejes ópticos, las imágenes formadas en los oculares son distintas (lo mismo que ocurre con la visión ocular), por lo que vemos una imagen de tres dimensiones.



Microscopio Compuesto

En los microscopios compuestos, aunque son binoculares, la imagen percibida con cada ojo es la misma. Una sola imagen es reproducida doblemente en cada binocular a diferencia de los estereomicroscopios usados en odontología donde en cada ocular se tendrá una imagen independiente.

No debe confundirse este aparato óptico con los microscopios binoculares, ya que en éstos la imagen formada en un único objetivo es desdoblada en dos imágenes idénticas por un prisma situado entre el objetivo y los dos oculares.

Partes del microscopio

El microscopio se compone de varias partes lo que le da funcionalidad y lo hace manejable dando posibilidades como la variación de aumentos. A su vez con esta composición, si una lente no es suficiente, varias lentes se pueden organizar una detrás de otra, así el efecto del aumento se multiplica.

Oculares

La función del objetivo consiste en formar una imagen del objeto observado tan detallada, luminosa y fiel como sea posible, mientras que el cometido del ocular consiste en conseguir que esta imagen resulte tan legible para la vista como sea posible, agrandándola convenientemente.

El ocular es en definitiva una lente de aumento. Por lo tanto, la función del ocular es igual de importante que la del objetivo, ya que si el ocular es de inferior calidad al objetivo, la imagen que obtendremos no será todo lo fiel que nuestro microscopio da de sí.

Los oculares se encuentran insertados en el binocular, y están disponibles con varios tipos de aumento 6,10, 12.5, 16... con la finalidad de aumentar la imagen final que percibimos. Existen diferentes tipos según la óptica que incorporen (ver óptica) y son regulables para las dioptrías



Microscopio con extensor entre el cuerpo y los binoculares



Microscopio sin extensor entre el cuerpo y los binoculares



Oculares - obsérvese la posibilidad de adaptación de las dioptrías



Tubos Binoculares

Binoculares

Consisten en unas lentes y unos prismas. La lente recibe la imagen del cambiador de aumentos y el prisma cambia la imagen para colocarla en posición vertical con el fin de acomodar los ojos del operador. Los tubos binoculares tienen diferentes longitudes focales ("f") y proyectan una imagen intermedia en el plano focal de la lente. La longitud focal más común en odontología es $f:170$.

Usando la fórmula anteriormente explicada para el cálculo de la magnificación nos daremos cuenta que cuanto mayor es el largo focal de nuestros oculares mayor va a ser nuestra magnificación.

Los binoculares nos permiten adaptar nuestra distancia interpupilar para conseguir obtener imágenes simples, pues si no los ajustamos bien veremos imágenes doble. Esta medida no es necesaria modificarla mientras trabajamos si no se cambia el operador.

Los binoculares pueden ser inclinables. En odontología esto no debería ser una opción y todos se deberían poder inclinar si no queremos adoptar malas posiciones de trabajo. Existen inclinaciones de 45° , 90° y 180° , esta última solo necesaria si se dispone de un extensor o un divisor angulado.

Selector de aumento

Según el tipo de microscopio podremos encontrar dos sistemas diferentes de cambiadores para variar la magnificación.

La primera opción es el sistema escalonado o manual por pasos basado en el sistema de Galileo. Este consiste en un objetivo convergente y un ocular divergente alineados en posición entre sí. El selector de aumentos es una rueda que incorpora este sistema galileico de lentes donde podemos escoger entre 3, 5 ó 6 magnificaciones dependiendo de cada microscopio. Siendo los de 5 la generalidad en odontología. Una vez configurado el equipo esta será la única forma que dispongamos de cambiar la magnificación durante nuestro trabajo.

Para cambiar el factor de ampliación, el cilindro gira, y con él hay un cambio de la posición relativa de este sistema de dos lentes. Existe una posición que es de paso libre, sin lentes, con un factor de ampliación de 1.



Rueda de selector de aumentos

Se puede variar la posición girando el selector consiguiendo diferentes magnificaciones al variar las lentes de tipo Galileo.

El cambiador de 5 etapas incluye cuatro juegos de lentes proporcionando cuatro factores de aumento y uno de paso libre.



Microscopio motorizado
Con los botones de la empuñadura podemos controlar el enfoque y la magnificación.

La segunda opción es mediante un sistema motorizado o zoom que permite un cambio continuo sin ningún tipo de apagón. Tendremos en los brazos del microscopio unos botones con los que variar tanto el enfoque como la magnificación. Existen configuraciones donde el control será con el pie. El coste de este tipo de microscopios suele triplicar el de los cambiadores de aumentos de 5 pasos.

La ventaja del sistema por pasos es que requiere un mínimo de espacio y permite así que la altura total del microscopio se mantenga pequeña permitiendo así que la distancia de trabajo se maximice. En cambio el sistema de zoom motorizado tiene una gran desventaja, como el zoom aumenta la altura de la construcción del instrumento disminuirá la distancia utilizable de trabajo. Aunque tenemos la posibilidad de cambiar nuestra posición de trabajo entre 200mm y 470 mm compensando este inconveniente.

Extensores

Aumentan la distancia de nuestra posición de trabajo aportando ergonomía y comodidad.

Es con estos accesorios con los que se hace imprescindible un binocular de 180° no teniendo ningún sentido tanta angulación si vamos a prescindir de la extensión para el binocular.



Tubo Binocular Promag

Tubo Binocular Promag

Zeiss recientemente ha desarrollado un tubo binocular que permite maximizar la flexibilidad y ergonomía durante el trabajo. El dispositivo consiste en un tubo variable f170/f260 que a su vez permite variar la magnificación hasta un 50%

Enfoque Micrométrico

Es una rueda situada en el lateral de la lente que permite cambiar ligeramente la posición relativa de la lente respecto al área de trabajo. Esta rueda sube o baja la lente consiguiendo así acercarla o alejarla del campo de trabajo unos milímetros.

Una vez preparado el equipo para nuestras dioptrías y distancia interpupilar el enfoque, en caso de no estar motorizado, lo realizaremos acercando o retirando el microscopio del campo de trabajo. La



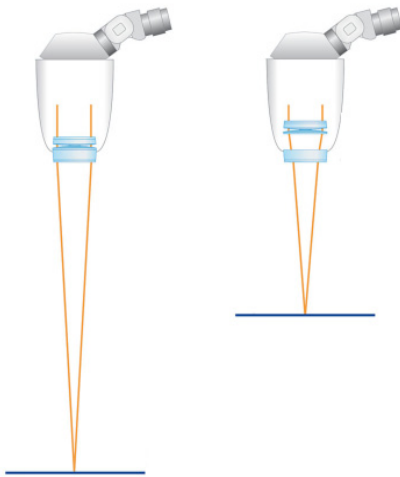
Lente del microscopio

profundidad de campo siempre nos va a ser mayor por delante que por detrás, por lo que siempre será algo más fácil enfocarlos acercándonos que alejándonos.

El primer enfoque se debe hacer con la lente de mayor aumento que vayamos a utilizar. Si las lentes son parafocales podremos ir disminuyendo aumentos y tendremos el objeto siempre enfocado. Mediante el enfoque micrométrico podremos realizar un enfoque más fino.

Lente del Objetivo

Estas lentes van a determinar la distancia del objetivo y el campo quirúrgico. Existen diferentes objetivos desde 175mm hasta 400 mm. Aumentando la focal de nuestro objetivo perderemos magnificación, solo pensar que estaremos trabajando mas lejos del campo quirúrgico.



Algunos microscopios permiten ajustar la distancia de enfoque que se adapta a una distancia de trabajo de entre 200 y 415 mm. entonces se puede colocar a distancias variables dentro de este rango de distancia a la que se desea trabajar. A diferencia de un microscopio con una lente de distancia focal fija, no es necesario subir o bajar el microscopio para enfocar, esto es posible por que el sistema de lentes se compone de dos grupos de lentes que cambian su posición relativa entre ellas.

Lo principal y más importante de un microscopio es su resolución. Cuanto mayor sea la resolución de su microscopio, mayor será la posibilidad para poder distinguir los detalles finos. Cuanto mayor sea la resolución de un microscopio, mejor será la imagen que vemos.

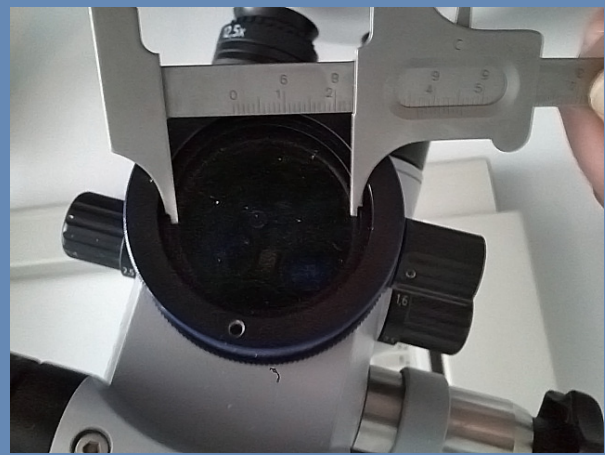
¿Qué determina la resolución?

La resolución de un microscopio depende de la capacidad de su objetivo de hacer pasar la luz. La resolución depende por tanto de la cantidad de luz natural que pasa a través de la lente del microscopio, sin tener esto nada que ver con la luz generado por la fuente de luz del microscopio. Hablamos de lo luminoso que sea el objetivo, no de la potencia de la fuente de luz

Cuanto mayor sea la resolución, mejor se podrá ver la imagen. Cuanta más luz natural a través de él, mayor será su resolución. A mayor tamaño de objetivo mayor mas cantidad de luz natura pasará por y por tanto mayor resolución. Así los microscopios con mayores diámetros de lentes de objetivo tendrán mas resolución que los objetivos de menor diámetro.



Lente de 54 mm utilizada por Leica



Lente solamente de 42 mm utilizada por otros microscopios



Diafragma



Filtros

Disponemos de colores naranjas para la odontología conservadora que impiden la polimerización de nuestros materiales con la luz del equipo y filtros de color verde que evitan la saturación del color rojo cuando se trabaja con sangre

Si calculamos el área total de la lente ($a=\pi \cdot R^2$) encontramos que con lentes de 54 mm tendremos una superficie total de lente de $22,89 \text{ cm}^2$ y de $13,85 \text{ cm}^2$ para la lente de 42 mm. La diferencia de la superficie como vemos puede llegar a ser hasta de un 65%

Diafragma

Este accesorio va colocado entre el cuerpo del microscopio y el tubo binocular permitiendo variar la apertura del diafragma, de esta manera trabajar con el diafragma mas cerrado y así obtener mayores profundidades de campo. Como contraprestación a esta mayor profundidad perderemos gran cantidad de luz, por esto nuestros objetivos deben ser lo mas luminosos posibles.

Filtros

En algunos microscopios podemos encontrar filtros para la luz de diferentes colores. En los microscopios de odontología empieza a ser común encontrar estos filtros.

Divisor óptico / Codo fotográfico / Tubos de coobservación

Ver apartado de documentación

Interface Mora

Permite balancear el microscopio sin variar la posición de los oculares sentados en una posición vertical.



Óptica

Los objetivos están formados por lentes cuya función es refractar la luz, es decir, modificar ligeramente la trayectoria de los haces de luz que las atraviesan, con el inconveniente que crean errores en la imagen. Los errores en las proyecciones de las imágenes son conocidos como aberraciones. Estas pueden afectar a las imágenes microscópicas de diferentes maneras, por ejemplo, a través del contraste reducido, la baja resolución o las distorsiones geométricas.

Dos tipos de aberraciones bien conocidas en los sistemas microscópicos son las aberraciones esféricas y aberraciones de color. Estas aberraciones ópticas podrán ser reducidas a niveles casi insignificantes mediante diferentes medidas en los diseños ópticos. Es por esto que no todas las ópticas de todos los microscopios son iguales.

Aberraciones Cromáticas

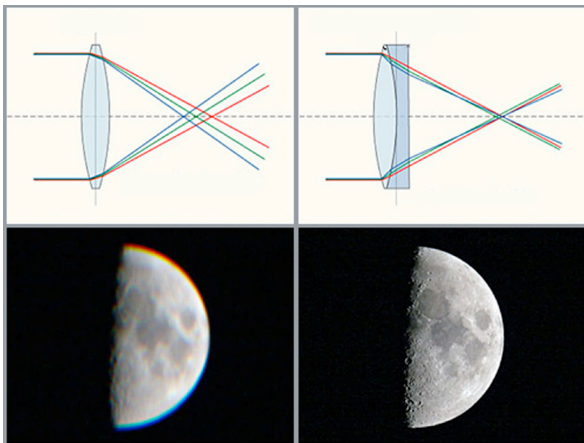
La combinación de "desviaciones" de la luz de las diferentes lentes permite la proyección de la imagen captada por el objetivo; el problema es que estas pequeñas desviaciones de la luz son ligeramente diferentes para cada color de luz (el índice de refracción depende de la longitud de onda de la luz/radiación). El resultado final es que los diferentes colores se enfocan en planos diferentes, mientras que la película/sensor está en un sólo plano, originando una ligera pérdida de enfoque (algunos colores se enfocan delante y otros detrás).

Por eso se han desarrollado diferentes tipos de ópticas, desde las más sencillas, Hyugens (H), hasta sistemas Plössl, ópticas más sofisticadas que introducen correcciones de las aberraciones y que van instaladas en nuestros oculares.

Aberraciones esféricas

Las aberraciones esféricas son producidas por el hecho de que los puntos focales de rayos luminosos alejados del eje óptico de una lente esférica son diferentes de los puntos focales de los rayos de la misma longitud de onda que pasan cerca del centro. Los rayos cercanos a la mitad de la lente forman la imagen más lejos de la lente que los rayos en los bordes. En consecuencia, no hay una sola longitud focal para una lente.

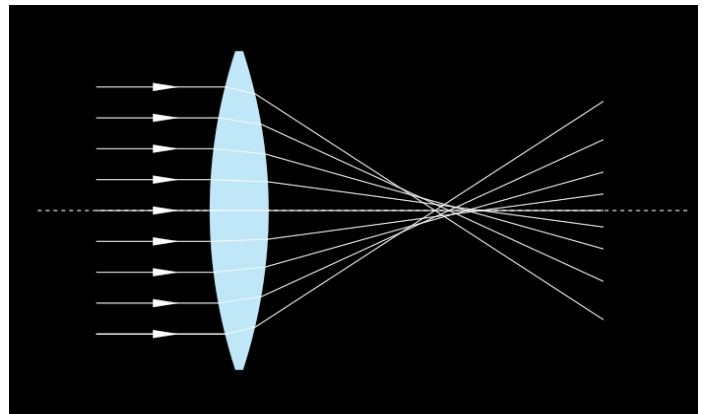
La aberración esférica ocurre cuando la luz que atraviesa la lente a diferentes distancia del eje óptico se enfoca en diferentes puntos.



Aberración Cromática

Izquierda - Lente sin corrector de aberraciones cromáticas. Se aprecian los tres colores alrededor de la imagen al estar enfocados cada color en diferentes planos

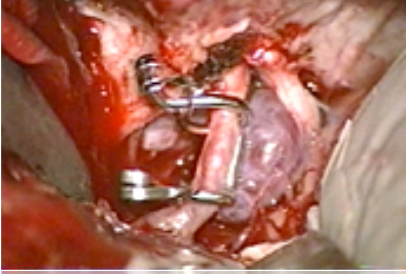
Derecha - Lente con corrección cromática



Aberración Esféricas

Los rayos del centro son enfocados en diferentes puntos que los más alejados, lo que obliga a usar correctores ópticos o disminuir la apertura.

Sistemas de iluminación



Fuentes de luz infrarroja

Utilizada en cirugía vascular. En la actualidad, ningún microscopio odontológico incorpora estos sistemas de iluminación.

Una de las principales características del microscopio es la de su sistema de iluminación coaxial. Con estos sistemas tenemos una luz que es paralela a nuestra lente y tiene la misma dirección que nuestra visión, lo que nos aporta visibilidad y acceso, algo mucho más importante, algunas veces, que la magnificación que nos pueda aportar.

Aunque el mecanismo es el mismo en todos los microscopios, la fuente lumínica puede variar. Podemos encontrarnos con iluminación halógena, xenon, LED e infrarroja, aunque esta última que se encuentra en microscopios de neurocirugía o cirugía vascular no es utilizada en odontología.

Fuente de luz halógena

Actualmente el estándar es encontrar fuentes de luz halógena de 12v y 100w (Fuente Zeiss) o bien de 15v y 150w. Poseen una temperatura de color que ronda los 3500°k lo que le da un color blanco-amarillo. Además el color varía en función de la intensidad, no siendo un color blanco constante como sería lo deseado.

El rendimiento está en unos 25 lumen/w lo que daría un rendimiento de unos 3000 lumen. Si comparamos este rendimiento energético con otras fuentes de luz como xenon o LED, apreciamos que es un sistema mucho más ineficiente aumentando el gasto, pues genera mucha menos luz, lo que influye directamente en la duración de la bombilla con una vida útil de unas 100 horas. Esto significa que hay que cambiar las bombillas con más frecuencia que una bombilla de xenón o de LED (algunas casas sugieren que en el sistema LED no es necesario cambiar bombillas por su tecnología). Estas fuentes de luz sirven perfectamente para nuestras distancias de trabajo de 200 a 300 mm.

Como ventaja solamente destacar que es el tipo de fuente más barata.

Fuente de luz LED

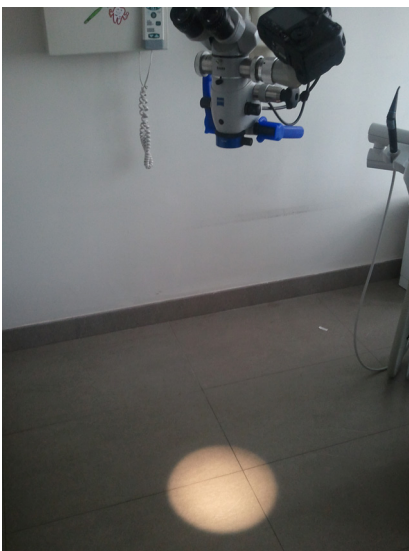
Una de las tecnologías emergentes más prometedoras para la iluminación en la microscopía óptica es el *Diodo Emisor de Luz* (LED). Estos dispositivos semiconductores versátiles poseen todas las características deseables que poseen los incandescente (halógena de tungsteno) y las lámparas de xenon. Ahora son lo suficientemente eficaces y relativamente baratas.



En este momento podemos encontrar fuentes de luz LED entre 25w y 50w, comparables estas últimas con las fuentes de luz xenon. Los LED energéticamente son mucho más eficaces que las fuentes de luz halógena.

Como ventajas nos aportan una luz de color blanco con una temperatura de color de unos 5800°k muy similar a la luz natural constante, que no varía con el cambio de intensidad de la luz como ocurre con las fuentes halógenas.

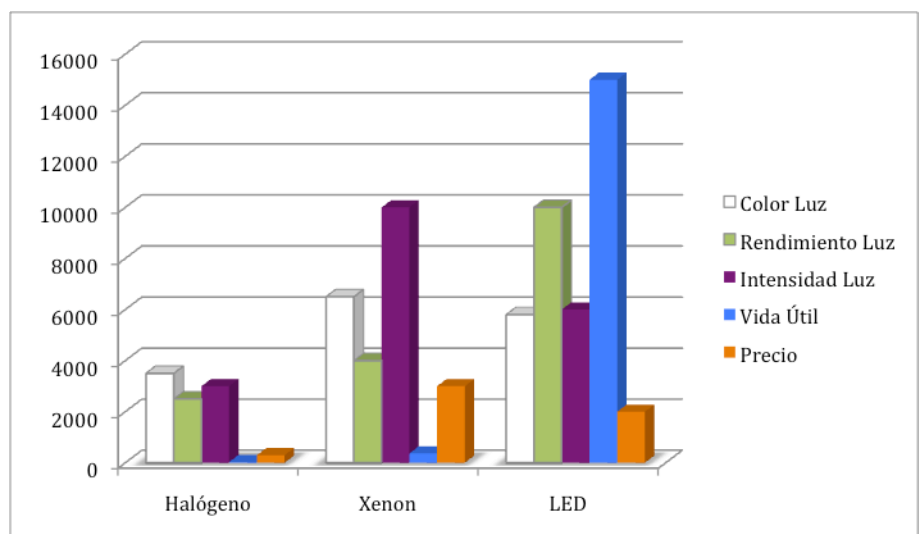
El rendimiento puede alcanzar más de 100 lumens por wattio. Estas fuentes de luz LEDs tienen una intensidad de luz de unos 6000 lumens. Esta gran intensidad lumínica y su temperatura de color hacen que sean sistemas mucho más ventajosos comparados con los halógenos en documentación y también cuando utilizamos grandes magnificaciones donde perdemos gran cantidad de luz.



Comparación de dos fuentes de luz, xenon (arriba) y halógena (abajo) donde se aprecia la diferencia de temperatura de color de ambos sistemas.

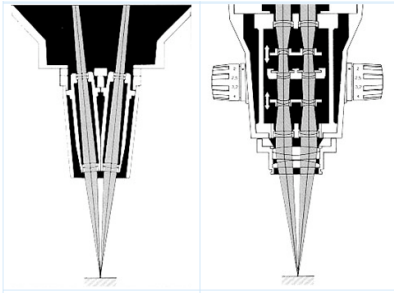
Fuentes de luz xenon

Las fuentes de xenon presentan la más alta luminosidad y resplandor de salida de cualquier fuente de luz de funcionamiento continuo. El tiempo de vida útil de una lámpara de xenón está determinada principalmente por la disminución de flujo luminoso, que se produce como consecuencia de tungsteno evaporado que se deposita en la pared interior de la envoltura con el tiempo. Esta vida útil es cuatro veces superior a la de las luces halógenas.



VENTAJAS Y DESVENTAJAS

LUPAS vs MICROSCOPIO



GREENOUGH - Las lentes están fijadas en una trayectoria de ejes convergentes. Los ojos del usuario tienen que converger para ver una imagen nítida. Por lo tanto el trabajo de los músculos oculares causa tensión ocular, fatiga e incluso cambios en la visión si las lupas no están adecuadamente ajustadas. Este es el sistema que utilizan las lupas de aumento.

TELESCÓPICO - Las lentes estereoscópicas enfocadas al infinito mandan haces paralelos de luz a cada ojo, permitiendo la visión de objetos en tres dimensiones con una excelente sensación de profundidad de campo.

Cada uno de los sistemas de magnificación (lupas y microscopio) están basados en diferentes sistemas ópticos. Al estar las lentes del microscopio enfocadas al infinito en un sistema telescópico, los músculos oculares no tienen que trabajar para producir una imagen nítida. Así, operaciones de larga duración pueden ser realizadas sin fatiga ocular. Por el contrario, las lentes de las lupas están montadas con un ángulo convergente y los músculos oculares tienen que trabajar para poder producir una imagen nítida.⁽¹⁰⁾

Con las lupas los ojos del usuario tienen que converger para ver una imagen nítida, por lo tanto el trabajo de los músculos oculares causa tensión ocular, fatiga e incluso cambios en la visión si las lupas no están adecuadamente ajustadas.

Los músculos de los ojos se acostumbran a la contracción de un determinado nivel, y deben descansar de nuevo para recuperar la función normal. Para evitar o reducir este cambio, se ha sugerido que las personas que llevan lupas de aumento deberían considerar no usarlas todo el tiempo.⁽²²⁾

El uso de lupas de aumento no tiene por qué dañar o debilitar los ojos, ni hacer que la visión del usuario se vea comprometida de ninguna manera. Sin embargo, después de usar lupas por un período, el usuario se acostumbra a ver más detalle que con visión natural y psicológicamente se puede tener la sensación de que algo se está perdiendo, si usamos únicamente la visión natural.⁽²²⁾

Tanto las lupas como el microscopio quirúrgico permiten al clínico desarrollar tareas que no son posibles sin la mejora de la agudeza visual. De cualquier manera las lupas no se pueden comparar con el confort, versatilidad, iluminación y la agudeza visual ofrecida por el microscopio.

Microodontología | Capítulo 1

Aunque la magnificación hace la cirugía posible existen algunos inconvenientes:

- Área de visión restringida y pérdida en la profundidad de campo.
- Pérdida de puntos de referencia, lo que hace impracticable cirugías de implantes.
- Aumento del tiempo de trabajo necesario en un principio, "al final el tiempo se reduce".
- Se necesita tiempo para desarrollar un equipo de trabajo, practicar y evitar errores.
- Aumento del temblor que debe ser controlado en los movimientos más finos.
- Necesidad de instrumental específico para microodontología.
- Gran curva de aprendizaje. Diferentes magnificaciones son apropiadas para cada escalón del desarrollo de las habilidades. Es importante usar la menor magnificación posible que nos permita realizar el tratamiento, por ejemplo, para pasar la aguja por el tejido usaremos magnificaciones grandes y para tirar de la aguja usaremos magnificaciones menores para poder ver el extremo que no se salga y controlar el anudado.
- Equipamientos costosos

El microscopio ofrece tres ventajas al dentista, iluminación, magnificación y aumento en la precisión de las habilidades quirúrgica como sinergia o efectividad de la iluminación y el aumento en la precisión de la visión.

Las lupas ofrecen un aumento limitado por su diseño óptico y por la ergonomía necesaria de su trabajo. El peso de las lupas que produce una verdadera ampliación de tres a cuatro aumentos es tolerable para la mayoría, sin embargo, el peso necesario para ampliaciones más allá de este nivel pueden llegar a ser incómodo.

En segundo lugar, mantener un campo de visión estable con lupas es más difícil cuanto mayores de 3 ó 4 sean los aumentos porque los movimientos intrínsecos de la cabeza y los músculos del cuello afectan a la estabilidad del campo de visión. Por lo tanto, unas lupas efectivas sólo pueden proporcionar un número limitado de aumentos de la agudeza visual y en periodoncia, el rango de aumento ideal debería variar entre 5x y 12x.

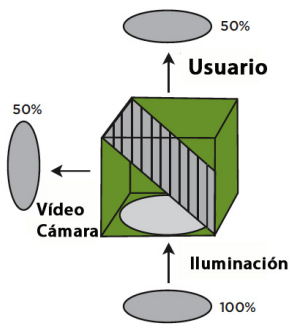
Documentación con el microscopio

La documentación a través del microscopio facilita y mejora enormemente esta labor. Puede tener diferentes fines como publicaciones, diagnósticos, planes de tratamiento, documentación legal, documentación forense, documentación de seguros, educación del paciente, marketing, comunicación con el laboratorio, equipo u otros colegas.⁽⁶⁾

Partes del equipo de documentación

Divisor Óptico

Este dispositivo es insertado entre los binoculares y el selector de aumento. Su función es dividir el rayo de luz en dos direcciones a través de un prisma. Un haz irá dirigido hacia el observador a través los binoculares y otro porcentaje de luz irá hacia los accesorios que se inserten a este divisor.



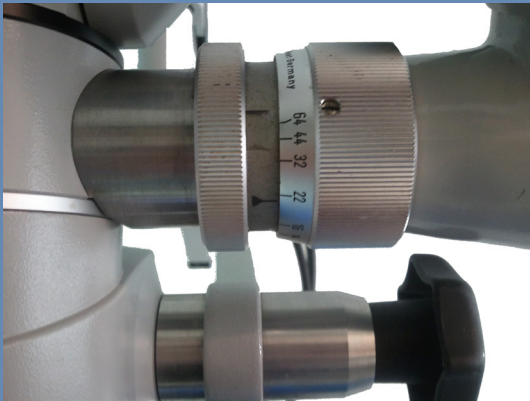
Funcionamiento de un divisor de luz, mediante prismas

Diferentes accesorios pueden ser insertados para la documentación como adaptadores de video, adaptadores fotográficos y tubos de coobservación para el auxiliar.

Podemos encontrarnos diferentes tipos de divisores ópticos según el porcentaje de luz que dividan. Así podremos encontrarnos divisores 50-50, 20-80 y 3.5-96.5

Debemos pensar que nuestros microscopios quirúrgicos tienen dos microscopios completos para cada ojo; así es fácil entender que un divisor 50-50 no significa que el 50% de la luz se divida hacia la división izquierda y el otro 50% hacia la derecha, pues cada ojo funciona con independencia. Disponer de un divisor 50-50 significará que el 50% de la luz irá hacia el dentista y el otro 50% hacia el accesorio. Aunque podemos tener dos salidas en nuestro divisor cada una corresponde a la visión de uno de nuestros ojos y no existe relación entre la salida izquierda y la derecha.

Podemos encontrar también diferentes divisores en función de la forma que tenga, encontrándonos divisores rectos o en codo. Estos últimos, inclinados 45° alejan los binoculares del microscopio y los acerca al dentista, actuando a su vez como un prolongador de binoculares y mejorando la ergonomía.



Codo adaptador para cámara réflex. Funciona como objetivo de la cámara y posibilita controlar la apertura del diafragma.



Sistema completo de documentación con beam splitter, codo adaptador y cámara SLR.

Adaptadores

Los adaptadores unen el divisor con otros accesorios. Podemos encontrarlos para cámaras fotográficas y para cámaras de video. El adaptador fotográfico debe tener la misma distancia focal que en el microscopio para poder tener el mismo aumento y el mismo campo de visión si montamos esta sin objetivos. Estos adaptadores los podemos encontrar rectos o acodados y con control de diafragma o sin él.

La fotografía es el proceso de capturar imágenes y fijarlas en un medio material sensible a la luz, por esto la luz es determinante en cada disparo. Las cámaras digitales modernas pueden ser más sensibles a la luz y pueden tomarse incluso fotos con luz halógena, pero no se debe olvidar que al aumentar la magnificación, se disminuye la luz y la profundidad de campo, así que el mínimo movimiento del paciente, la respiración profunda, o simplemente apretar el disparo de la cámara puede desenfocar el objeto. Si además perdemos luz con la magnificación y no queremos perder más profundidad de campo para poder mantener nuestro objeto enfocado debemos cerrar el obturador de nuestra cámara todo lo que podamos, así la situación será más difícil todavía. Cuanto más cerrado esté nuestro diafragma, menos paso de luz tendremos. Por todo esto, es necesario para realizar buenas fotografías con gran aumento disponer de fuentes de luz xenon, más potentes que las halógenas tradicionales o bien equipar al microscopio con un flash anular adaptado mediante un anillo en el objetivo de nuestro microscopio.

Algunos codos (adaptadores fotográficos) no traen la posibilidad de modificar la apertura del diafragma. Cada fotografía se disparara con la máxima apertura, consiguiendo mucha luminosidad, pero ningún control sobre la profundidad de campo; esto nos hace perder el control en nuestras tomas. Para solventar estos problemas existen aditamentos colocados entre el selector de aumentos y nuestro divisor, que posibilitan limitar la apertura en nuestras tomas fotográficas.

Tubo de coobservación

Adaptados directamente al divisor, permiten al auxiliar introducirse visualmente en el campo quirúrgico motivando y facilitando las tareas de retracción y aspiración. Disponemos de tubos estereoscópicos y tubos simples con un solo ocular.



Tubo estereoscópico de coobservación montado sobre divisor óptico.

Esto es una rutina en otras áreas de la medicina con auxiliares bien entrenados donde los pacientes, como en el caso de la neurocirugía, están bajo anestesia general pero en nuestro campo, el paciente está consciente y los pequeños movimientos nos obligaran a reenfocar el campo. En estas situaciones el tubo de coobservación podría ocasionar más dificultades que ayudas.

Dónde colocar los dispositivos de grabación

Ya que el binocular tiene dos vías ópticas, los divisores poseen dos salidas, una a la izquierda y otra a la derecha del microscopio. Si disponemos de las dos salidas libres, ¿dónde colocaríamos nuestro dispositivo de grabación? Aunque no es algo determinante, sí deberíamos tener preferencia a colocar nuestros dispositivos de grabación en uno de nuestros lados. Esto se puede explicar con el concepto de "El ojo dominante" que es el ojo con el que una persona "mira". Dado que el ámbito es binocular, con cada vía tendremos una vista ligeramente diferente. Idealmente, la cámara debe estar en el ojo del lado dominante de aplicación. De esta manera, el operador "ve" por el mismo camino óptico que la cámara utiliza y así el encuadre será más preciso e intuitivo.

Determinar el ojo dominante

El ojo dominante se establece estirando los dos brazos, haciendo un anillo con los dedos de ambas manos y mirando a través de él a un objeto distante con los dos ojos abiertos. A continuación, cierre un ojo y luego el otro, manteniendo siempre uno de los dos abierto. El ojo que ve el objeto es el ojo dominante. Si este no está en el mismo lado de la cámara, el operador debe cerrar el ojo justo antes de la exposición para comprobar el encuadre.

Ergonomía con el microscopio

Se debe considerar la posibilidad de que el trabajo con una postura de la cabeza hacia delante de sólo 20 grados o más durante el 70% del tiempo de trabajo, se ha asociado con dolor cervical. La mayoría de los dentistas e higienistas, trabajan con una postura de la cabeza hacia adelante por lo menos de 30 grados el 85 por ciento de su tiempo durante la operatoria, así que no debería ser ninguna sorpresa que la prevalencia de dolor cervical entre los dentistas se cierna en torno al 70%.⁽²¹⁾



El dentista debe usar asientos con soporte para los brazos, esto aporta descanso a la musculatura y precisión en la cirugía.

El microscopio ayuda a mantener una buena higiene postural, aunque se deberá aprender a adoptar posiciones de trabajo confortables que permitan la visualización. Solo la experiencia y el tiempo nos harán sentirnos cómodos con nuestros equipos llegando a desarrollar estas posturas inconscientemente.

Posición del dentista

El operador debe ajustar su posición de trabajo para que las caderas estén a 90° con el suelo, las rodillas en 90° con las caderas y los antebrazos 90° a la parte superior del brazo.⁽²⁵⁾

La posición de operador correcta para casi todos los procedimientos está directamente detrás del paciente, a las 11:00 ó 12:00 en punto. Posiciones distintas de las 11:00 ó 12:00 en punto (por ejemplo, a las 9:00 en punto) puede parecer más cómodo cuando se está aprendiendo a usar un microscopio, pero a medida que se adquiere mayor destreza, cambiar a otras posiciones raras veces tiene razón de ser. En cirugía nos vemos obligados en algunos casos a adoptar posiciones ligeramente más adelantadas respecto a la posición del paciente, pudiendo incluso tener la necesidad de colocarnos a las 7:00 en punto (excepcionalmente para conseguir ver los ápices del sector antero-inferior).

La espalda debe estar en una posición neutral, erguida y perpendicular al suelo, con la lordosis natural de la espalda y con el apoyo del soporte lumbar de la silla. El ocular está inclinado de manera que la cabeza y el cuello se llevan a cabo en un ángulo que puede ser cómodamente sostenido. Esta posición se mantiene independientemente del arco o sector que se está trabajando. Se debe mover al paciente para acomodarse a esta posición y no acomodar la postura de trabajo a la posición del paciente.

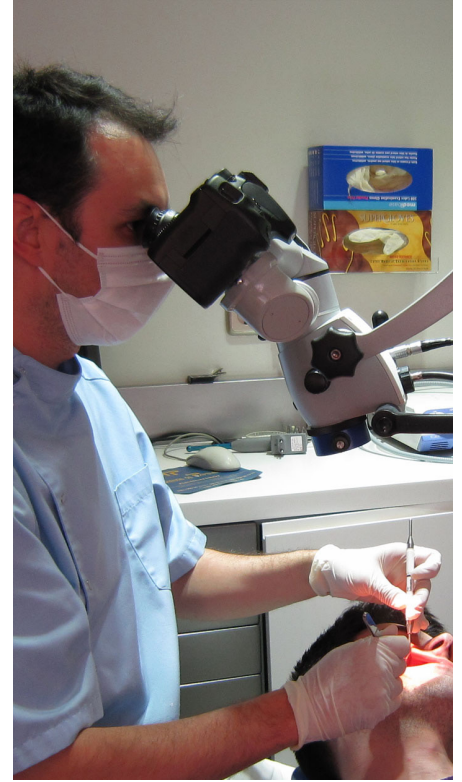
Microodontología | Capítulo 1

Una vez que la posición ideal es establecida, el operador coloca el microscopio en uno de los aumentos más bajos para localizar la zona de trabajo dándole la orientación y la angulación apropiada. Ahora se puede aumentar la magnificación para obtener el enfoque.

¿Que magnificación es la ergonomicamente correcta?

Según nuestra experiencia, la magnificación correcta que a su vez debe ir acompañada de una postura del paciente adecuada es aquella que nos permite trabajar con una doble visión directa e indirecta al mismo tiempo.

Esto supone que nuestra magnificación de trabajo va a ser relativamente baja, limitada la mayor parte del tiempo a 4 y 5 aumentos aproximadamente, exceptuando la necesidad de algunos tratamientos de mayor precisión y serán durante un tiempo limitado.



- 1) Obsérvese la posición del paciente recostado sobre su lado derecho para obtener acceso hacia los ápices del tercer cuadrante.
- 2) Acceso maxilar, con paciente sentado de frente.
- 3) El paciente gira solamente la cabeza para trabajar con los molares en la zona superior.

Aumentos mayores de 15x y 20x limitan el campo visual y la profundidad de campo dificultando el manejo. Serán necesarias estas magnificaciones en tareas como, retirada de fragmentos rotos, recuperar conductos no permeables, o durante breves periodos de tiempo para explorar la cámara pulpar y localizar conductos.

En endodoncia debemos ser capaces de tener un acceso indirecto a toda la cámara pulpar y con esta misma magnificación sin variar el campo de visión poder tener una visión directa sobre las cúspides que van a ser referencia de nuestras longitudes de trabajo.

Posición del paciente

El paciente debe reposar con el cuerpo recto sobre el sillón y solamente ligeros movimientos de la cabeza deben ser necesarios para trabajar en operatoria y endodoncia, pero se deben considerar algunas posiciones diferentes cuando hablemos de microcirugía.

Se deberán adoptar algunas posturas diferentes del dentista y del paciente en los siguientes casos :

- Cirugías del sector posterior del tercer cuadrante: El paciente debe tumbarse en el sillón sobre su lado derecho. Aunque en principio no es una posición convencional, esta postura nos permite un más fácil acceso y mantener nuestro microscopio perpendicular al plano coronal del diente.
- Cirugías del sector anterior e inferior: El dentista se colocara en una posición por delante del paciente, donde el campo operatorio estará tan elevado como el plano del microscopio.

		Anterior	Izquierdo	Derecho
Maxilar	Paciente	Mirada al frente	Ligera rotación a la derecha en cirugía de los premolares y completa en los molares	Ligera rotación a la izquierda en la cirugía de premolares y completa en los molares
	Dentista	10:00	10:30	10:30
Mandíbula	Paciente	mirada al frente	Acostado sobre el lado derecho con cabeza levemente inclinada	Cabeza del paciente levemente inclinada
	Dentista	7:00 Opcional suturas 12:00	11:00	9:00

Bibliografía

1. Dohlman GF. Carl Olof Nylen and the birth of the otomicroscope and microsurgery. *Arch Otolaryngol* 1969;90:813–817.
2. Barraquer JI. The history of the microscope in ocular surgery. *J Microsurg* 1980;1:288–299.
3. Apotheker H, Jako GJ. A microscope for use in dentistry. *J Microsurg* 1981;3:7–10.
4. Carr GB. Magnification and Illumination in Endodontics. *Clarks Clinical Dentistry* 1998;4:1-14.
5. Baldissara S, Scotti R. Reliability of tactile perception using sharp and dull explorers in marginal opening identification. *Int. Journal of Prosth.* 1998 Nov-Dec;11(6):591-594.
6. Glenn A, Van As, BSc, DMD. Digital documentation and the dental operating microscope: What you see is what you get. *Int J Microdent* 2009;1:30-41.
7. Johnson & Johnson Company. Ethicon. Wound Closure Manual. Somerville, NJ: 1994:15.
8. Daniel RK. Microsurgery: Through the looking glass. *N Engl J Med* 1979;300:1251–1257.
9. Tibbetts LS, Shanellec D. Periodontal microsurgery. *Dent Clin North Am* 1998; 42:339–359.
10. Shanellec DA. Optical principles of loupes. *Calif Dent Assoc J* 1992; 20:25-32.
11. Shanellec DA, Tibbetts LS. Periodontal microsurgery. *Periodontal Insights* 1994; 1:4-7.
12. Tibbetts LS, Shanellec DA. An overview of periodontal microsurgery. *Curr Opin Periodontol* 1994, 2:187-193.
13. Shanellec DA, Tibbetts LS. A perspective on the future of periodontal microsurgery. *Periodontal 2000* 1996, 11: 58-64.
14. Tibbetts LS, Shanellec D. Current status of periodontal microsurgery. *Curr Opin W Periodontol* 1994; 2:187-193.
15. Van Hattam A, James J. A model for the study of epithelial migration in wound healing. *Virchows Arch B (Cell Pathol) Incl Mol Pathol* 1979; 30 : 221-230.

16. Burkhardt T, Hürzeler MB. Comparison between macro and microsurgical techniques with fluorescence angiography. January 2000.
17. Rino Burkhardt and Niklaus P. Lang Coverage of localized gingival recessions: comparison of micro and macrosurgical techniques. *J Clin Periodontol* 2005; 32: 287–293.
18. Branson BG, Bray KK, Gadbury-Amyot C, Holt LA, Keselyak NT et al. Effect of magnification lenses on student operator posture. *J Dent Educ.* 2004;68(3):384-9.
19. Rundcrantz B, Johnsson B, Moritz U. Cervical pain and discomfort among dentists. Epidemiological, clinical and therapeutic aspects. *Swed Dent J* 1990;14:71-80.
20. Lehto TU, Helenius HY, Alaranta HT. Musculoskeletal symptoms of dentists assessed by a multidisciplinary approach. *Community Dent Oral Epidemiol* 1991;19:38-44.
21. Ariens G, Bongers P, Douwes M, et al. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 2001; 58:200-207.
22. Gordon J. Christensen. Magnification in dentistry. Useful tool or another gimmick? *JADA*, Vol. 4, December 2003.
23. Valachi B, Valachi K. Mechanisms Leading to Musculoskeletal Disorders in Dentistry. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(3):278.
24. Valachi B, Valachi K. Preventing Musculoskeletal Disorders in Clinical Dentistry: Strategies to Address the Mechanisms Leading to Musculoskeletal Disorders. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(3):278.
25. Michaelides PL. Use of the operating microscope in dentistry. *J Calif Dent Assoc* 1996;24(6):45–50.