



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS BIOMEDICAS

MAESTRIA EN CIENCIAS BIOMEDICAS
AREA OPTOMETRIA

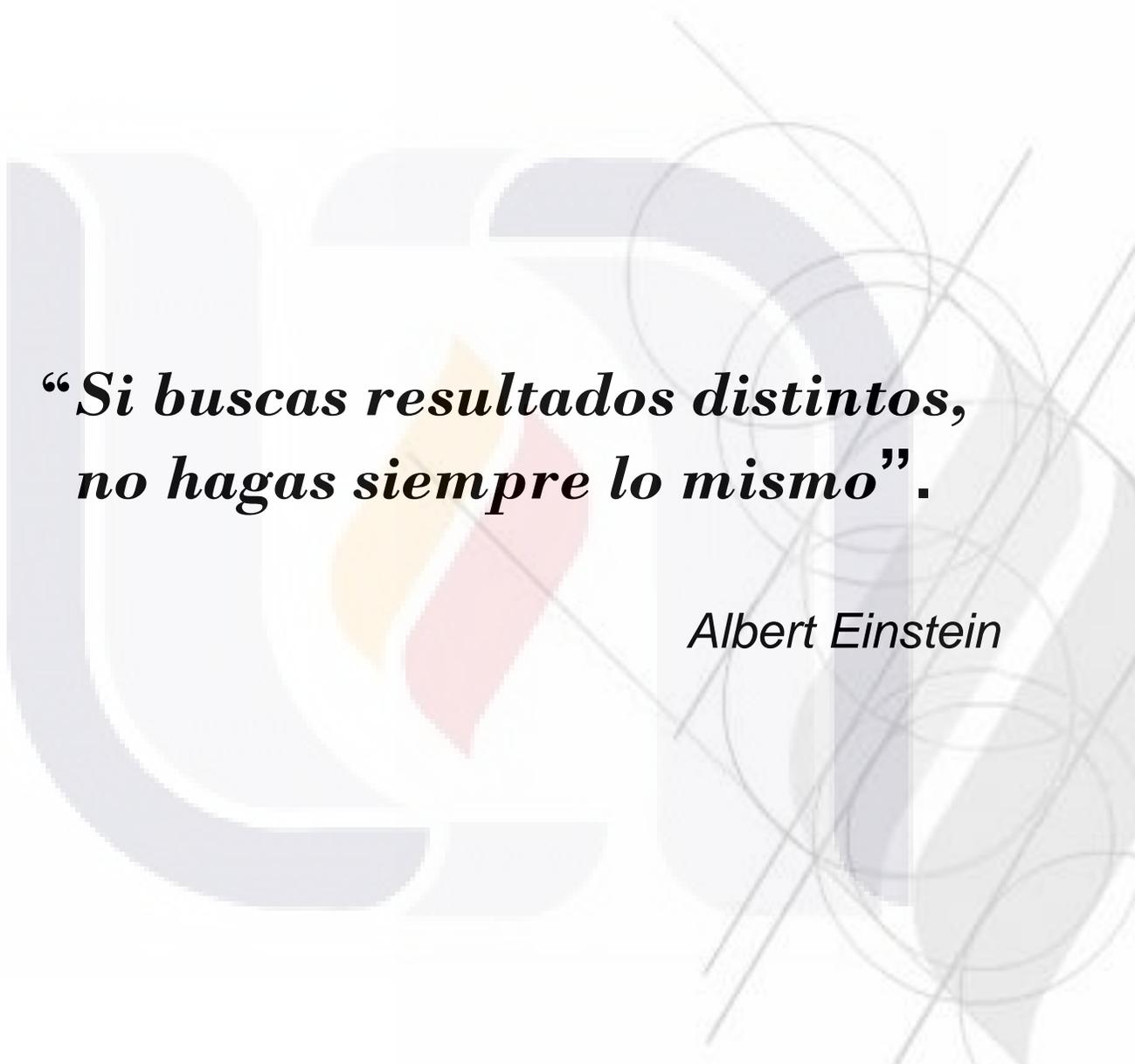
TITULO DE LA TESIS:
***“VARIACION EN LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA ACOMODATIVA A
TRAVES DE DIFERENTES TECNICAS DE RETINOSCOPIA DINAMICA”***

AUTOR:
STEWAR SAUCEDO SALCEDO

GRADO:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOMEDICAS

ASESOR:
MCO. RAFAEL GARCIA GUERRERO

AGUASCALIENTES, AGS. MEXICO, A ENERO DE 2009



***“Si buscas resultados distintos,
no hagas siempre lo mismo”.***

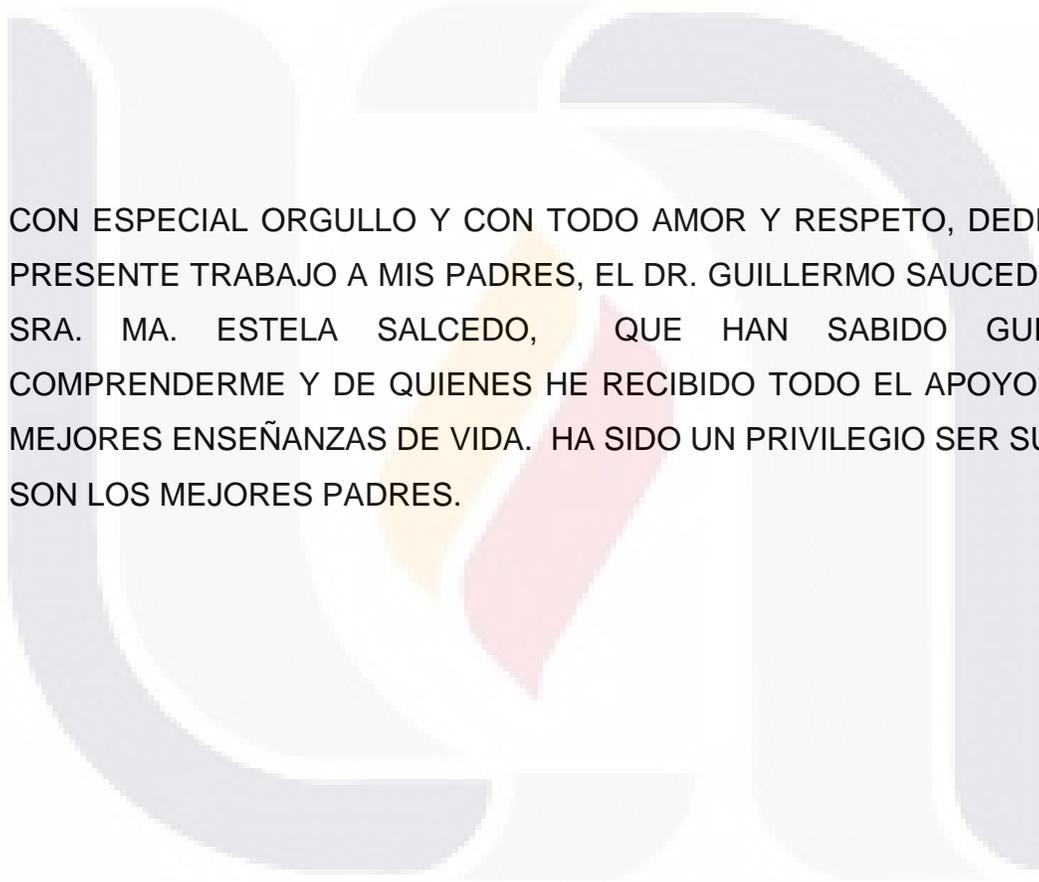
Albert Einstein

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



DEDICATORIA

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



CON ESPECIAL ORGULLO Y CON TODO AMOR Y RESPETO, DEDICO EL PRESENTE TRABAJO A MIS PADRES, EL DR. GUILLERMO SAUCEDO Y LA SRA. MA. ESTELA SALCEDO, QUE HAN SABIDO GUIARME, COMPRENDERME Y DE QUIENES HE RECIBIDO TODO EL APOYO Y LAS MEJORES ENSEÑANZAS DE VIDA. HA SIDO UN PRIVILEGIO SER SU HIJO, SON LOS MEJORES PADRES.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



AGRADECIMIENTOS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

A DIOS POR PERMITIRME TERMINAR Y DARME LA OPORTUNIDAD Y FORTUNA DE TENER A MI LADO A MI FAMILIA Y AMIGOS.

A MIS PADRES POR CREER SIEMPRE EN MI Y POR APOYARME EN TODOS MIS SUEÑOS.

A MIS HERMANOS GUILLERMO, RICARDO Y OMAR POR MOTIVARME Y AYUDARME A SEGUIR ADELANTE.

A MI ESPOSA WENDY POR EL TIEMPO ARREBATADO EN LA REALIZACION DE ESTE PROYECTO.

A MI HIJO GAEL POR SER MI MAYOR MOTIVACION Y ALEGRIA DURANTE ESTE PROCESO.

A MIS MAESTROS Y AMIGOS POR ORIENTARME Y COMPARTIR CONMIGO SUS CONOCIMIENTOS.

UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL A MI TUTOR EL MCO RAFAEL GARCIA GUERRERO POR BRINDARME SU APOYO Y ORIENTACION EN EL TRABAJO.

A DIOS POR PERMITIRME TERMINAR Y DARME LA OPORTUNIDAD Y FORTUNA DE TENER A MI LADO A MI FAMILIA Y AMIGOS.

¡ A TODOS GRACIAS ¡

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



VOTOS APROBATORIOS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES

STEWAR SAUCEDO SALCEDO.
ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOMEDICAS.
AREA OPTOMETRIA.
P R E S E N T E

En el ejercicio de la facultad que confiere el Capítulo XVI artículo 173-I del Reglamento General de Docencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y una vez valorada la propuesta de trabajo tesis titulado:

"VARIACIÓN EN LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA ACOMODATIVA A TRAVÉS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RETINOSCOPIA DINÁMICA."

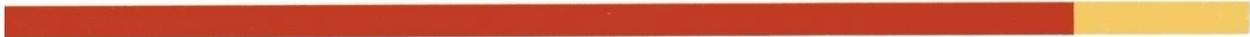
Se le informa que ha sido **APROBADO** para su desarrollo, por lo que lo exhorto a que con la asesoría de su tutor y/o comité tutorial se dé estricto cumplimiento a lo estipulado en el Reglamento en relación a su titulación para obtener el grado de Maestría.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"SE LUMEN PROFERRE"
Aguascalientes, Ags. 5 de Diciembre 2007.

DR. ARMANDO SANTACRUZ TORRES
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

ccp. Mtra. Elizabeth Casillas Casillas/ Secretaria de Inv.y Posgrado CC. Biomédicas.
ccp. MCO. Sergio Ramírez González/ Secretario Técnico de la Maestría en Ciencias Biomédicas
ccp. MCO. Rafael García Guerrero./Tutor del alumno.
ccp. Archivo.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS
Departamento de Optometría

DR. ARMANDO SANTACRUZ TORRES
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BIOMEDICAS
PRESENTE

Con fundamento en el artículo 105-G, Fracción VII del Reglamento General de Docencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, hago constar que el trabajo de Tesis denominado "**Variación en la Magnitud de la Respuesta Acomodativa a través de Diferentes Técnicas de Retinoscopia Dinámica**" desarrollado por el C. Stewar Saucedo Salcedo cumple satisfactoriamente con los requisitos vigentes para que sea presentado y defendido en el examen de grado de Maestría en Ciencias Biomédicas área Optometría.

Sin otro particular quedo de usted como su seguro servidor

ATENTAMENTE
"SE LUMEN PROFERRE"
Ciudad Universitaria, a 8 de diciembre de 2008.

M.C.O. RAFAEL GARCIA GUERRERO
TUTOR DE TESIS

c.c.p. MCO. Elizabeth Casillas Casillas, Secretaria de Investigación y Postgrado del CCB



**DR. ARMANDO SANTACRUZ TORRES
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS
P R E S E N T E**

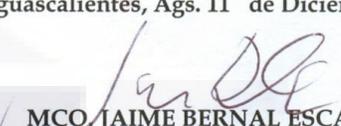
Por medio de la presente le comunico que ha sido evaluado el trabajo de tesis titulado:

“VARIACIÓN EN LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA ACOMODATIVA A TRAVÉS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RETINOSCOPIA DINÁMICA.”

Que presenta el pasante Stewar Saucedo Salcedo, para obtener el grado de Maestría en Ciencias Biomédicas Área Optometría, se informa que el trabajo cumple con los requisitos solicitados, por lo que por parte del consejo académico no existe inconveniente para continuar con los trámites de titulación.

Sin otro particular por el momento me despido enviando a usted un cordial saludo.

**ATENTAMENTE
“SE LUMEN PROFERRE”
Aguascalientes, Ags. 11 de Diciembre 2008.**


**MCO JAIME BERNAL ESCALANTE
SECRETARIO TÉCNICO DEL CONSEJO ACADÉMICO
DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOMEDICAS**

ccp. Opt. Stewar Saucedo Salcedo / Pasante de la Maestría en Ciencias Biomédicas
ccp. MCO. Rafael García Guerrero / Tutor de Trabajo de Tesis
ccp. Archivo.



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES



STEWAR SAUCEDO SALCEDO
PASANTE DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS
AREA OPTOMETRÍA
PRESENTE

Por medio de la presente se le informa que una vez que su trabajo de tesis titulado:

"VARIACIÓN EN LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA ACOMODATIVA A TRAVÉS DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RETINOSCOPIA DINÁMICA"

Ha sido revisado y aprobado por su tutor y consejo académico, se autoriza continuar con los trámites de titulación para obtener el grado de Maestría en Ciencias Biomédicas.

Sin otro particular por el momento me despido enviando a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"SE LUMEN PROFERRE"
Aguascalientes, Ags. 11 de Diciembre 2008.

DR. ARMANDO SANTACRUZ TORRES
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

ccp. C.P. Ma. Esther Rangel Jiménez/ Jefe de Departamento de Control Escolar
ccp. MCO. Rafael García Guerrero / Tutor de trabajo de tesis.
ccp. Archivo.

CENTRO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



RESUMEN

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

El objetivo del estudio fue determinar el grado de variación en la magnitud de la respuesta acomodativa a través de 4 diferentes técnicas de retinoscopia dinámica (MEM, NOTT, BELL y CROSS), mediante la comparación del promedio de la variación en los resultados de 2 evaluaciones para cada paciente, de una muestra poblacional de la comunidad de San Luis Potosí, México. **Metodología:** se evaluaron 53 personas (106 ojos) con edades entre los 6 y 37 años de edad, a los cuales se les realizó las cuatro diferentes técnicas de retinoscopia dinámica en un par de ocasiones con una separación de por lo menos 1 día de separación entre una y otra. **Resultados:** la variación promedio de las técnicas evaluadas fue de 0.1768 (DE=0.1545), la de la retinoscopia de Nott fue de 0.0919 (DE=0.1259), la de la retinoscopia de Cross fue 0.1933 (DE=0.1475), la del MEM fue de 0.2099 (DE=0.1548) y la de la retinoscopia de Bell fue de 0.2122 (DE=0.157330607). La técnica que tuvo mayor promedio en cuanto al valor absoluto de las variaciones fue la de retinoscopia de BELL con un promedio de 0.2122 en tanto que la que obtuvo un menor promedio fue la técnica de NOTT con un valor de 0.09198. Existió una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de las diferencias entre las técnicas de Bell y Nott (IC=0,99); entre MEM y Nott (IC=0,99); entre Cross y Nott (IC=0,99); no existió una diferencia significativa entre las técnicas de Bell y Cross (IC=0,63); entre Cross y MEM (IC=0,57) y entre Bell y MEM (IC=0,08). **Conclusiones:** se encontró que existe una variación estadísticamente significativa entre las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica. La técnica de retinoscopia dinámica con los resultados más estables es la de retinoscopia de Nott, ya que muestra una menor variación con respecto al promedio de las cuatro técnicas evaluadas.

Palabras clave: Retinoscopia dinámica, Respuesta acomodativa, MEM, NOTT, BELL, CROSS, LAG, LEAD.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



INDICE DE CONTENIDO

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

EPÍGRAFE	i
DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
VOTOS APROBATORIOS	vi
RESUMEN.....	xi
INDICE DE CONTENIDO.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE TABLAS.....	xix
ABREVIATURAS.....	xxi
1. INTRODUCCION.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Justificación.....	6
1.4 Hipótesis.....	7
1.5 Objetivo general.....	8
1.6 Objetivos específicos.....	9
2. RETINOSCOPIA.....	10
2.1 Retinoscopia.....	11
2.2 Origen del reflejo retinoscópico.....	11
2.3 Principios ópticos.....	13
2.4 Sistema de iluminación.....	14
2.5 Sistema de observación.....	15
2.6 Instrumental Moderno.....	17
2.6.1 Espejo cóncavo.....	17
2.6.2 Retinoscopio de franja.....	18
2.7 Eficacia de la retinoscopia.....	18
2.8 Técnica de la retinoscopia estática.....	21
2.9 Técnica de retinoscopia dinámica.....	22
2.9.1 Orígenes de la retinoscopia dinámica.....	24
2.9.2 Técnicas de retinoscopia dinámica.....	25
2.9.2.1 Método de Estimación Monocular (MEM).....	25
2.9.2.2 Retinoscopia de Nott.....	28

2.9.2.3 Retinoscopia de Bell.....	31
2.9.2.4 Retinoscopia de Cross.....	33
3 ACOMODACION.....	36
3.1 Acomodación.....	37
3.2 Definición.....	39
3.3 Profundidad de campo y profundidad de foco.....	40
3.4 Acomodación física y fisiológica.....	41
3.5 Cambios durante la acomodación.....	42
3.6 Teorías acomodativas.....	44
3.7 Mecanismo de la acomodación.....	44
3.8 Actuación del sistema nervioso sobre la acomodación.....	47
3.9 Estímulos de la acomodación.....	47
3.10 Tiempo de reacción.....	48
3.11 Acomodación y refracción.....	48
3.12 Relación entre la acomodación y la convergencia.....	48
3.13 Componentes de la acomodación.....	49
3.13.1 Acomodación tónica.....	49
3.13.2 Acomodación refleja.....	49
3.13.3 Acomodación proximal.....	50
3.13.4 Acomodación de vergencia.....	50
3.13.5 Acomodación voluntaria.....	51
3.14 Aspectos a evaluar en la acomodación.....	51
3.14.1 Amplitud de Acomodación.....	51
3.14.1.1 Presbicia.....	53
3.14.2 Flexibilidad de acomodación.....	53
3.14.3 Respuesta acomodativa.....	54
3.14.3.1 Medición de la respuesta acomodativa.....	55
3.14.3.2 Valores de referencia de respuesta acomodativa... ..	58
4. METODOLOGÍA.....	60
4.1 Tipo de estudio.....	61
4.2 Lugar.....	61

4.3 Población de estudio.....	61
4.4 Muestra de estudio.....	61
4.5 Periodo de Inclusión.....	61
4.6 Criterios de inclusión.....	61
4.7 Criterios de exclusión.....	62
4.8 Criterios de eliminación.....	62
4.9 Material.....	62
4.10 Mediciones.....	62
4.10.1 Mediciones en la primera revisión.....	63
4.10.2 Mediciones en la segunda revisión.....	63
4.11 Análisis estadístico.....	64
5. RESULTADOS	65
5.1 Estadísticas descriptivas de los sujetos de estudio.....	66
5.2 Análisis descriptivos de los datos.....	70
5.3 Estadística inferencial.....	72
5.3.1 Análisis de varianza (ANOVA).....	72
5.3.2 Variación de los resultados en las diferentes técnicas.....	77
5.3.3 Comparación entre técnicas (Prueba t de Student).....	77
6. DISCUSIÓN.....	80
7. CONCLUSIONES.....	84
ANEXOS.....	86
GLOSARIO.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	96

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



LISTA DE FIGURAS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

NUMERO	NOMBRE	PÁGINA
1. 1	Reflejo retinoscópico secundario de la retina	11
1. 2	Sombras Directas.	12
1. 3	Sistema de iluminación del retinoscopio	14
1. 4	Espejo Plano	16
1. 5	Espejo Cóncavo	17
1. 6	Zona de duda del punto de inversión.	20
1. 7	Giro del haz para encontrar meridianos principales.	21
1. 8	Examinador sobre el eje visual del ojo examinado.	22
1. 9	Optotipo adherible a cabeza de retinoscopio para realizar el MEM.	25
1.10	Método de estimación monocular (MEM). Introducción de lentes rápidamente.	27
1.11	Método de estimación monocular (MEM). Optotipo sobre el Retinoscopio.	28
1.12	Retinoscopia de Nott. Distancia de optotipo fija y retinoscopio móvil.	31
1.13	Retinoscopia de Bell. Distancia de retinoscopio fija y optotipo móvil.	33
1.14	Retinoscopia de Cross. Retinoscopio y optotipo fijos.	35
2. 1	Punto remoto (PR).	38
2. 2	Punto próximo (PR).	38
2. 3	Acomodación,	40
2. 4	La profundidad de campo y de foco	41
2. 5	Cambios en el segmento anterior del ojo cuando el cristalino cuando permanece relajado y cuando acomoda.	43
2. 6	Mecanismo básico de la acomodación.	46
2. 7	Amplitud de acomodación en función de la edad.	51
5.1	Distribución según la edad	66
5.2	Distribución según el género	67
5.3	Porcentaje de ojos revisados según el diagnostico refractivo	68
5.4	Distribución del diagnóstico refractivo según el género.	69
5.5	Rango de la mediciones en las diferentes tecnicas	70
5.6	Media de los resultados para cada técnica.	71
5.7	Desviación estandar de los resultados para cada técnica	71

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



LISTA DE TABLAS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

**NUMERO
PÁGINA**

NOMBRE

1.1	Equivalencias de centímetros y dioptrías para la retinoscopia de Nott.	30
1.2	Comparación de las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica.	35
2.1	Valores normales de respuesta acomodativa según diferentes autores	59
5.1	Estadística descriptiva de la variable EDAD.	66
5.2	Tabla de frecuencia de la variable sexo.	67
5.3	Tabla de frecuencia del diagnóstico refractivo de la muestra	68
5.4	Frecuencia del diagnostico refractivo respecto al ojo examinado	69
5.5	Frecuencia del diagnostico refractivo respecto al género.	69
5.6	Estadísticas descriptivas de los datos obtenidos en las técnicas de retinoscopia dinámica.	70
5.7	Análisis de varianza (ANOVA) para las diferentes técnicas de retinoscopia.	73
5.8	Combinaciones de técnicas por pares.	74
5.9	Promedio de valores absolutos de variación en las diferentes técnicas.	77
5.10	Nivel de significancia o intervalo de confianza para cada una de las combinaciones comparativas de las diferentes técnicas.	77

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



ABREVIATURAS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

AA: amplitud de acomodación
AC/A: convergencia acomodativa/acomodación
AD: adición
AO: ambos ojos
ARN: acomodación relativa negativa
ARP: acomodación relativa positiva
AST: astigmatismo
AV: agudeza visual
CIL.: cilindro
CM: centímetros
DIP: distancia interpupilar
D.: dioptrías
ESF.: esfera
ET AL.: y otros
HPM: hipermetropía
LAG: retraso acomodativo
LEAD: adelanto acomodativo
M: metros
MEM: método de estimación monocular
MP: miopía
OD: ojo derecho
OI: ojo izquierdo
PP: punto próximo
PPA: punto próximo de acomodación
PPC: punto próximo de convergencia
PR: punto remoto
RX: prescripción retinoscópica

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



1. INTRODUCCIÓN

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

1.1 INTRODUCCION

La retinoscopia consiste en la medición objetiva del estado refractivo, se proyecta un haz luminoso en forma de un punto, cilindro o franja sobre el ojo y la luz que penetra en el ojo se refleja en la retina y se mueve en función del tipo de ametropía. En el momento en que el examinador pueda determinar si los rayos emergentes de la retina del ojo estático son neutros, divergentes o convergentes y medir el grado de vergencia, podrá luego corregir el error refractivo.

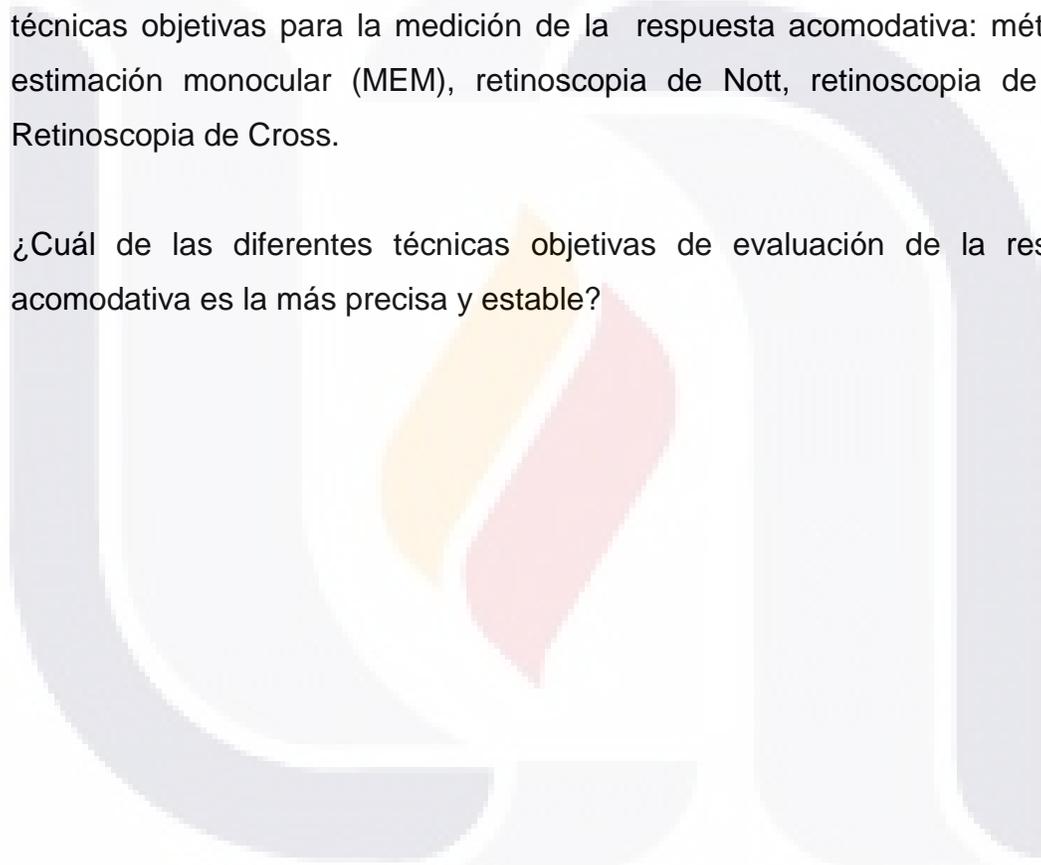
En la retinoscopia estática, el estado refractivo se determina mientras el paciente mantiene la vista fija sobre un optotipo situado a una distancia de 6 m. Cuando se realiza la retinoscopia en visión próxima con presencia del estímulo acomodativo, esta recibe el nombre de **retinoscopia dinámica**. En la retinoscopia dinámica, el estado refractivo es determinado mientras el paciente fija la vista sobre un objeto situado a una distancia algo más cercana (40 cm), generalmente en un optotipo (texto o figuras) cerca del plano del retinoscopio. Esta técnica objetiva es útil para determinar la **“respuesta acomodativa”**. La retinoscopia dinámica ofrece información sobre el balance acomodativo entre los dos ojos, errores en la refracción de lejos (estática) y alteraciones de la visión binocular. En pacientes presbitas la retinoscopia de cerca también puede utilizarse para calcular la adición necesaria para la lectura.

La medida de la respuesta acomodativa se realiza mediante diferentes técnicas objetivas y subjetivas, obteniéndose diferentes resultados. Comparando los valores de la respuesta acomodativa proporcionados por las técnicas clínicas habituales, con los valores medios asumidos como normales en la bibliografía (+0.50/+1.00) podemos extraer conclusiones para un correcto diagnóstico. La retinoscopia dinámica es la medida objetiva de la respuesta acomodativa que más a menudo se utiliza en la práctica optométrica, aunque por alguna razón, la

mayoría de los profesionales de la salud visual de nuestro país hacen omisión en la búsqueda del retraso acomodativo conformándose solamente con la evaluación de la retinoscopia de lejos y aplicando otros métodos o técnicas para diagnosticar el balance acomodativo, problemas de visión binocular y/o adicción necesaria en caso de los présbitas.

Estudios previos han demostrado diferencias en el grado de reproducibilidad de dichos métodos, por lo que en el presente estudio se pretende comparar cuatro técnicas objetivas para la medición de la respuesta acomodativa: método de estimación monocular (MEM), retinoscopia de Nott, retinoscopia de Bell y Retinoscopia de Cross.

¿Cuál de las diferentes técnicas objetivas de evaluación de la respuesta acomodativa es la más precisa y estable?



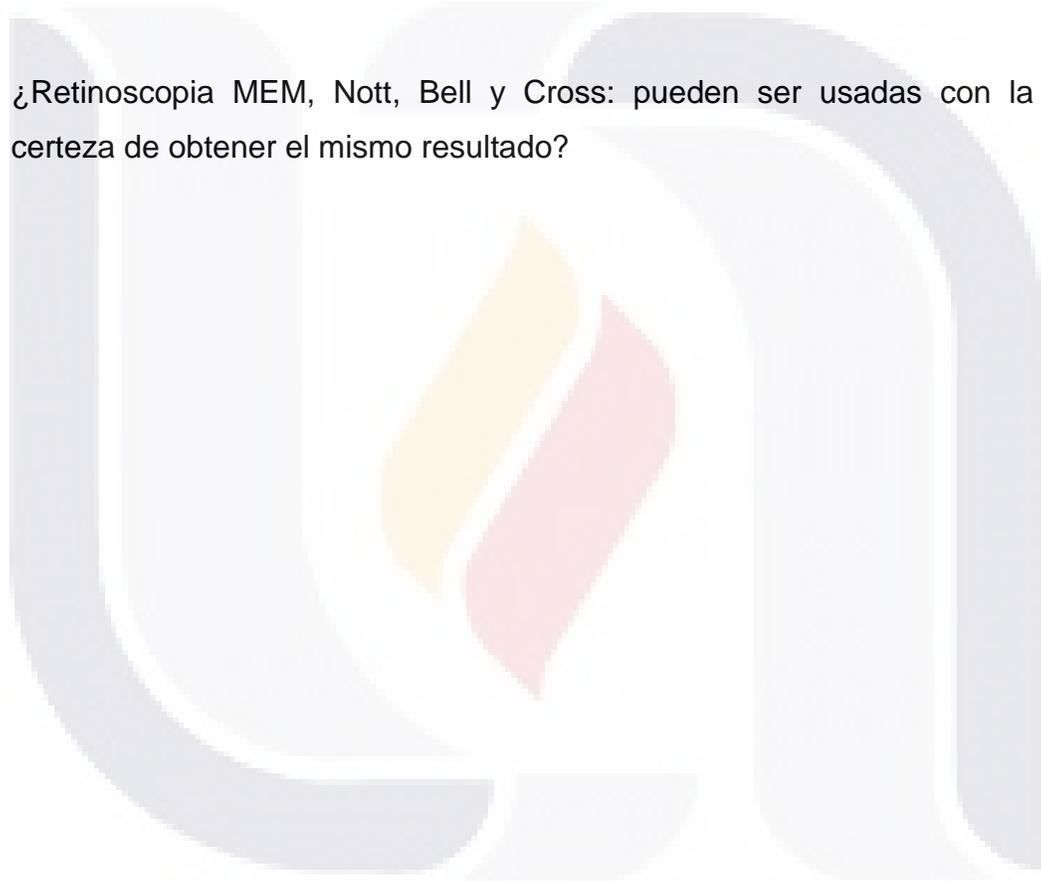
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De manera general, el principio de la retinoscopia dinámica consiste en la neutralización del reflejo observado en la pupila del ojo examinado cuando el estímulo cercano es conjugado de la retina y coincide con el plano del retinoscopio. La exactitud de estas técnicas, así como de la de lejos (estática), suele ser difícil de valorar, porque las variaciones principales derivan de las condiciones ambientales, físicas y del examinador. Naturalmente, el ojo examinado también interviene en la precisión de la técnica, al igual que la colaboración del paciente; sin embargo, en estas situaciones, una técnica depurada, es decir, controlada por parte del examinador y cómoda para el examinado debe llegar a un resultado más confiable que otra. Existen muy pocos estudios sobre la fiabilidad y precisión de la retinoscopia dinámica.

No existe estudio alguno en el que se haya investigado la repetibilidad de la retinoscopia dinámica, y probablemente, dentro del campo de la retinoscopia estática, los estudios más citados y mejor controlados son los que realizó Safir y su grupo de colaboradores a comienzos de los años 70 (Safir, Hyams y Philpot, 1970; Hyams, Safir y Philpot, 1971). En este estudio participaron 5 oftalmólogos y 10 adultos jóvenes colaboradores con defectos de refracción menores a 3.00 D y una agudeza visual y respuestas pupilares normales. Por lo que se refiere a la fiabilidad del método, las pruebas estadísticas demostraron que la probabilidad de encontrar una diferencia de 0,40 D en dos medidas consecutivas de la potencia esférica era del 50 %. Asimismo, se observó que la fiabilidad podía ser hasta tres veces mayor con técnicas controladas y con los examinadores más expertos. Así pues, la fiabilidad del método retinoscópico no fue buena. Para medir la precisión habría que hacer un estudio en el que se conociera el verdadero estado acomodativo del ojo examinado y luego se compararan con los hallazgos de la retinoscopia. Este tipo de estudio es muy complejo: la medida de la respuesta acomodativa por métodos subjetivos no tiene ninguna utilidad como referencia, ya que los factores que influyen en el resultado son múltiples, aparte del sistema acomodativo. El equipo instrumental

(refractómetro computarizado de mirada abierta) posee también una utilidad limitada, ya que obliga a presuponer algún método para valorar el instrumento. Entonces, no se conoce ninguna alternativa sencilla para superar este problema y lo único que puede hacerse es considerar la exactitud de la retinoscopia de cerca (dinámica) en términos de **repetitividad**. En el presente estudio se investigará cual de las cuatro pruebas de retinoscopia dinámica es la más estable en la magnitud de sus resultados mediante la repetición de las mediciones.

¿Retinoscopia MEM, Nott, Bell y Cross: pueden ser usadas con la misma certeza de obtener el mismo resultado?



1.3 JUSTIFICACION.

Las retinoscopia MEM, Nott, Bell y Cross son técnicas muy similares y no existe un acuerdo en la consideración de la técnica más adecuada. Rouse y colaboradores (Rouse et al., 1982) apoyan la validez del MEM en un estudio donde solo utilizan dicha técnica para hacer sus evaluaciones. Rosenfield y colaboradores (Rosenfield, et al., 1996) sugieren la técnica Nott como el método óptimo para la medida de la respuesta acomodativa. Cacho y cols. (Cacho M.P., et al., 1999), en su estudio comparativo entre MEM y Nott con sujetos sin anomalías generales binoculares, también sugieren la técnica Nott como la mejor opción, al considerar que las lentes suplementarias usadas en MEM podrían contaminar el resultado de la medida, dando resultados más positivos. García & Cacho (García A., Cacho P., 2002), realizan otro estudio comparativo entre MEM y Nott, en sujetos con anomalías generales binoculares y concluyen que aunque se ha demostrado que ambas técnicas están estrechamente relacionadas, al estudiar los límites de concordancia de ambas técnicas, la técnica Nott sigue siendo la más recomendada. Más recientemente McClelland & Saunders (McClelland J.F., Saunders K.J., 2003) han confirmado la validez del método Nott al comparar sus resultados con los de otra técnica objetiva automatizada (Autorefractómetro de campo abierto).

El propósito de la investigación será conocer cuál de las técnicas de retinoscopia dinámica más difundidas hoy en día en la práctica optométrica es la que tiene el menor grado de variación en sus resultados a través de aplicarla en individuos que acuden a consulta particular del Centro de Optometría Integral en la ciudad de San Luís Potosí, S. L. P., la técnica se aplicó un par de ocasiones con diferencia de tiempo de por lo menos un día de separación entre una y otra.

1.4 Hipótesis

Existe una variación considerable en la magnitud de la respuesta acomodativa a través de las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica que se revisaran en esta investigación.

1.5 Objetivo General

Determinar el grado de variación en la magnitud de la respuesta acomodativa utilizando diferentes métodos de retinoscopia dinámica.

1.6 Objetivos Específicos

- a) Comparar los resultados que se obtengan en la evaluación de las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica.

- b) Sugerir la prueba con resultados más estables para la medición de la respuesta acomodativa durante la práctica optométrica.



2. RETINOSCOPIA

2. 1 Retinoscopia

La retinoscopia es una técnica objetiva para la valoración y el diagnóstico de los defectos de refracción y acomodación ocular. En principio, aunque se conocen dos métodos generales de retinoscopia, la primera, estática, en el que se suprime la acomodación, y la segunda, de tipo dinámica, en el que se permite la acomodación, los principios ópticos básicos son idénticos. En esencia, se proyecta un haz luminoso en forma de un punto, cilindro o franja sobre el ojo. La luz que penetra en el ojo se refleja en la retina que actúa como fuente secundaria de luz (Figura 1.1). Precisamente este manantial secundario de la retina es la que aprovecha el examinador para valorar el estado de refracción del ojo examinado. El reflejo de luz que emerge de la pupila pueden converger o divergir, moviéndose en función del tipo de ametropía.



Fig. 1.1 Reflejo retinoscópico secundario de la retina

2.2 Origen del reflejo retinoscópico.

La invención del retinoscopio se produjo por casualidad cuando se observó que el espejo plano empleado en oftalmoscopia, al desplazarse de un lado a otro, causaba un movimiento de luz y sombra dentro del plano pupilar. Como indica Millodot (1973), Sir William Bowman detectó este efecto luz-sombra en 1859. El oftalmólogo francés Cuihnet señaló, en 1873, que el movimiento del espejo del oftalmoscopio conllevaba la presencia de una disposición caleidoscópica de la luz dentro de la pupila del paciente. No obstante, Cuignet atribuyó equivocadamente este fenómeno a la cornea. Parent (1880) atribuyó

las luces y sombras a la retina, y surgió primero el término *retinoscopia* y más tarde es de *esquiascopia*. (Figura 1.2).



Fig. 1.2 Sombras Directas. Al desplazar el retinoscopio hacia la derecha, su luz se desplaza hacia la derecha mientras que el reflejo procedente de la retina (situado en la pupila) también se desplaza hacia la derecha. **Sombras Inversas.** Al desplazar el retinoscopio hacia la derecha, su luz se desplaza hacia la derecha mientras que el reflejo se desplaza hacia la izquierda.

La posición exacta de la superficie reflectante dentro del ojo que es responsable del reflejo retinoscópico es controvertida. Una posibilidad es que la interfaz entre el vítreo y la retina sea responsable del reflejo. Dado que está superficie está situada delante de la capa receptora (y ya que la refracción subjetiva se base en la posición de dicha capa), es de esperar que los datos retinoscópicos sean más hipermetrópicos que los obtenidos con la prueba subjetiva. Otras posibilidades apuntan a que la superficie reflectante sea el epitelio pigmentario de la retina o la membrana de Bruch justo por debajo del epitelio pigmentario. Cualquiera de estas posibilidades significaría que los datos retinoscópicos serían ligeramente más miópicos que los datos de la prueba subjetiva. Sin embargo, la posibilidad de que la membrana de Bruch sea la superficie reflectante parece remota, debido a que buena parte de la luz ya ha sido absorbida por el epitelio pigmentario antes de que llegue a dicha membrana.

Millodot y O'Leary (1978) recopilaron datos de un total de 1078 ojos procedentes de consultas optométricas. Observaron que la relación entre los datos de la retinoscopia y los datos de la prueba subjetiva estaba en función de la edad: los datos retinoscópicos eran más hipermetrópicos que en la prueba subjetiva en pacientes por debajo de los 55 años de edad y menos

hipermetrópicos que en la prueba subjetiva en paciente mayores de esa edad. El aumento de la hipermetropía observado con retinoscopia en comparación con la refracción subjetiva variaba desde una media de 0.35 D. a edades comprendidas entre 5 y 15 años, hasta una media de 0.05 D. entre los 46 y 55 años. Los autores explicaron esos datos sugiriendo que la superficie reflectante responsable del reflejo retinoscópico es la interfaz entre la retina y el vítreo. Propusieron que, a medida que aumenta la edad, existe un incremento del índice de refracción del vítreo (concebiblemente alcanzando el índice de la retina), de manera que la luz reflejada desde la membrana de Bruch o desde epitelio pigmentario de la retina constituiría la superficie reflectante principal, dando lugar a una aparente miopía.

2.3 Principios ópticos

El propósito de la retinoscopia es obtener una medición objetiva del estado refractivo del paciente. La retinoscopia se basa en el estudio del movimiento del “reflejo de la retina” por el examinador, es decir, la iluminación de la pupila del ojo examinado como consecuencia del manantial luminoso secundario que emana de la retina del paciente. El objetivo del examinador consiste en neutralizar el movimiento observado hasta llegar a un punto de inversión que aparece únicamente cuando el punto remoto del ojo examinado corresponde con el punto nodal del examinador. El movimiento del reflejo se produce inclinando el espejo con el que se proyecta la luz al ojo examinado; de esta manera aparece también un movimiento de la fuente luminosa secundaria de la retina. La dirección del movimiento del reflejo dependerá del estado refractivo del ojo, de la distancia a la que se situó el examinador y de la vergencia de la luz que salga del espejo. La neutralización del movimiento se consigue alterando la distancia de exploración o la vergencia de la luz reflejada por el espejo o bien utilizando lentes de prueba suplementarias colocadas entre el examinador y el ojo examinado a lo largo del eje visual. En general, la técnica más aceptada es aquella en la que se suele utilizar un retinoscopio con un haz

ligeramente divergente y se colocan las lentes suplementarias a lo largo del eje visual, en la proximidad del ojo examinado.

En la retinoscopia estática, el estado refractivo se determina mientras el paciente mantiene la vista fija sobre un optotipo situado a una distancia de 6 m. En la retinoscopia dinámica, el estado refractivo es determinado mientras el paciente fija la vista sobre un objeto situado a una distancia algo más cercana (40 cm), generalmente en un optotipo (texto o figuras) cerca del plano del propio retinoscopio (cartillas especiales).

Como ocurre con muchos instrumentos ópticos, el retinoscopio está compuesto de un sistema de iluminación y un sistema de observación. La forma más simple del retinoscopio moderno es el retinoscopio de punto con un espejo plano. La explicación inicial de los principios ópticos implicados en la retinoscopia se realiza en términos de este instrumento, relativamente sencillo.

2.4 Sistema de iluminación

El sistema de iluminación del retinoscopio de punto consiste en un manantial luminoso focal brillante y un espejo simiplateado que refleja la luz del manantial en el ojo del paciente. (Figura 1.3)

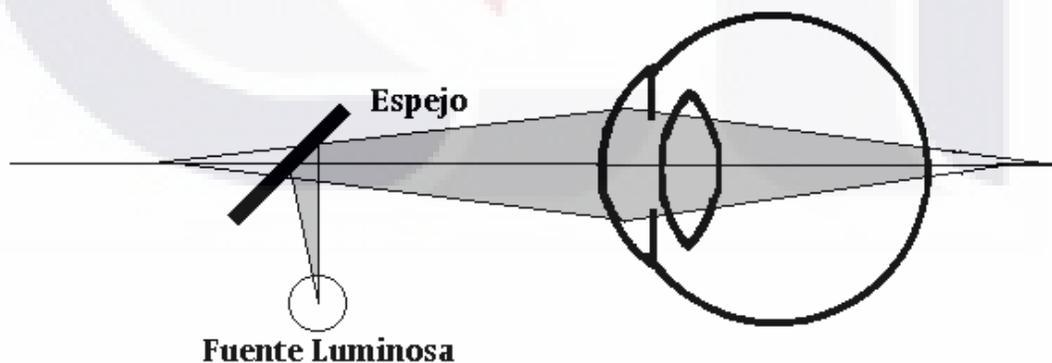


Fig. 1.3 Sistema de iluminación del retinoscopio

Nuestro interés en el caso del retinoscopio de punto, es el reflejo de luz sobre la retina del paciente en relación con la inclinación del espejo. Cuando se hace girar el espejo hacia arriba, el reflejo de luz se mueve también hacia arriba sobre la retina del paciente, o en la misma dirección que el punto de luz que se desplaza a través de la cara del paciente. Esto puede explicarse a partir de la relación entre el campo visual y la retina. La imagen de un objeto que está debajo de la línea foveal de la mirada (el manantial efectivo, situado detrás del espejo en este caso) se formara encima de la fovea, mientras que la imagen de un objeto en el campo visual localizado por encima de la línea foveal de la mirada se formara por debajo de la fovea. De la misma manera, un objeto en el campo visual localizado temporalmente a la línea foveal de la mirada se formara sobre la retina nasal. El punto de luz sobre la retina del paciente se desplaza en la misma dirección que la luz que se desplaza a través de la cara del paciente, independientemente si el paciente es miope, emétrope o hipermétrope.

2.5 Sistema de observación

Debe comprenderse que, contrariamente a lo que ocurre en la oftalmoscopia, el estado de la refracción del ojo examinador no participa en el proceso de retinoscopia. Como señala Emsley (1963), basta con que el examinador vea nítidamente lo que está ocurriendo en la pupila del paciente. Hallak (1976) calculó que, considerando una distancia de 25 mm entre la apertura del retinoscopio y el primer plano principal del ojo del examinador, el error refractivo tendría que ser por lo menos de 35 D. de miopía para que el efecto sobre el resultado de la retinoscopia del paciente llegue a ser como mucho, de 0.12 D.

El principio básico del sistema de observación es que, si se relaja la acomodación del paciente, el movimiento neutral del reflejo visto dentro de la pupila del paciente se produce cuando la apertura del retinoscopio este conjugada con la retina del paciente. Para un ojo miope, el movimiento neutral será observado, sin ninguna lente delante del ojo. Para un miope de 2 D., el movimiento neutral se observara cuando la apertura del retinoscopio se halle a

50 cm. del plano focal objeto del ojo del paciente; para un miope de 1.50 D., el movimiento neutral será observado cuando la apertura del retinoscopio quede a 66 cm. del plano focal objeto del ojo.

Recordemos que solamente un ojo miope tiene el punto remoto de acomodación localizado a una distancia finita delante del ojo. El punto remoto de acomodación de un ojo emétrepe está situado en el infinito, mientras que el punto remoto de acomodación de un hipermetrópe está situado en algún punto detrás del plano focal objeto del ojo. Por lo tanto, aunque la retinoscopia podría ser practicada en cualquier ojo miope simplemente encontrando la posición requerida de la apertura del retinoscopio para el movimiento neutral del reflejo, para realizar la retinoscopia en un ojo emétrepe o hipermetrópe es necesario usar lentes positivas (convexas).

En la práctica, el retinoscopio se sitúa a 50 o 66 cm., del plano focal objeto del ojo del paciente. El punto de neutralización se determina para cada meridiano principal del ojo mediante la introducción de lentes apropiadas en el foroceptor o gafa de prueba. Antes de anotar los resultados obtenidos, a la potencia total utilizada en el foroceptor o gafa de prueba se le resta la potencia de la distancia de trabajo (2.00 ó 1.50 D.).

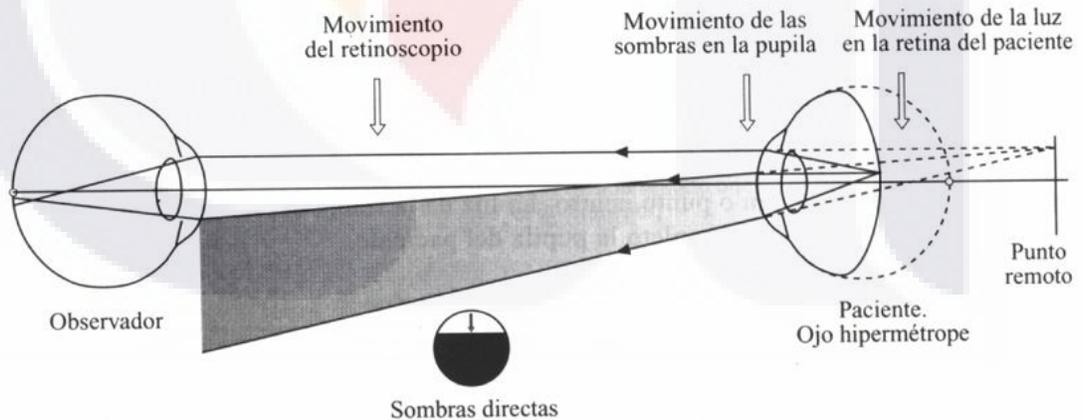


Fig. 1. 4 Espejo Plano

En la posición de efecto de espejo plano, la luz emitida por el retinoscopio es divergente y la presencia de sombras directas significa miopías menores de 1.50 D. para una distancia de trabajo de 66 cm aproximadamente, emetropía o hipermetropías. Dicho de otra manera el punto remoto del paciente se sitúa por detrás del paciente (punto virtual) o del observador

Mientras que sombras inversas significan miopías superiores a 1.50 D., es decir, el punto remoto del paciente se sitúa por delante del observador.

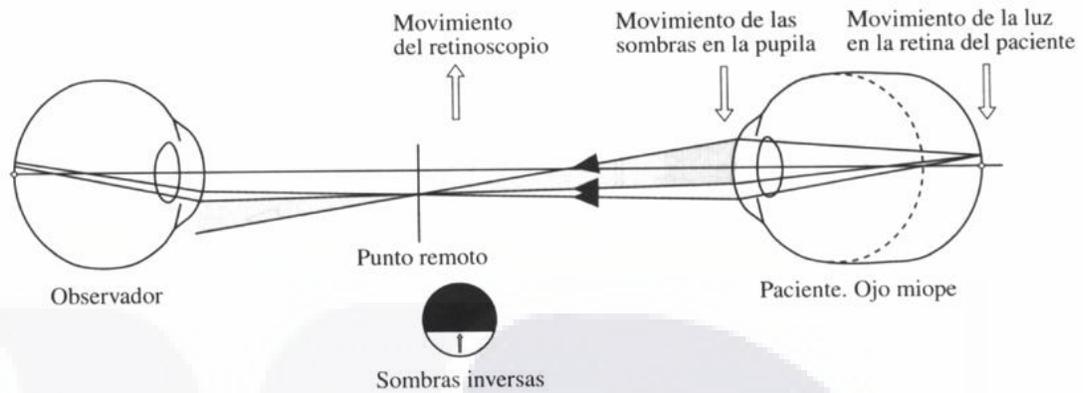


Fig. 1.5 Espejo Cóncavo

En el caso de la posición de efecto de espejo cóncavo, la luz emitida por el retinoscopio es convergente (aproximadamente a 35 cm) y por tanto, el significado del movimiento de las sombras es el contrario del aplicado en la posición de espejo plano. Así, sombras directas significan miopías superiores a 1.50 D. y sombras inversas, miopías menores de 1.50 D., para una distancia de trabajo de 66 cm aproximadamente, emetropía o hipermetropías.

2.6 Instrumental Moderno

El retinoscopio moderno es diferente al instrumento sencillo antes descrito en dos aspectos: a) incorpora un espejo cóncavo además del espejo plano y b) la fuente de luz tiene forma de franja en lugar de un punto.

2.6.1 Espejo cóncavo

El retinoscopio moderno incorpora tanto el espejo plano como el espejo cóncavo (aunque se utiliza el término espejo cóncavo, el efecto de espejo cóncavo se consigue generalmente mediante el desplazamiento del manantial luminoso con respecto al espejo). El efecto del espejo cóncavo consiste en colocar la fuente de luz efectiva ligeramente delante (en lugar de atrás) del plano del espejo, de forma que, cuando se incline el instrumento, la iluminación sobre la cara del paciente (y sobre la retina) se desplazará en la dirección opuesta a la del espejo. Como resultado, cuando se utiliza el espejo cóncavo, la miopía (con respecto al plano de apertura del retinoscopio) dará lugar a un movimiento <directo> y la hipermetropía a un movimiento <inverso>. La ventaja

del espejo cóncavo es que el examinador puede confirmar el tipo de movimiento presente intercambiando la posición del espejo. Por ejemplo, si el examinador está utilizando el espejo plano y observa un movimiento directo, dicha observación se verá confirmada si, al cambiar a espejo cóncavo, se observa un movimiento inverso.

2.6.2 Retinoscopio de franja

La bombilla del retinoscopio de franja está fabricada de tal manera que proporciona un haz en forma de franja en lugar de un punto redondo (Figura. 1). El instrumento está provisto de un mecanismo (generalmente un anillo moleteado) que hace posible la rotación de la franja a cualquier meridiano que desee. La orientación de la franja a través de la cara del paciente siempre es perpendicular al meridiano que se está explorando. Así, cuando se explora el meridiano vertical, el examinador desplaza el instrumento verticalmente, con la franja orientada en sentido horizontal. Al explorar el meridiano horizontal, el instrumento se desplaza horizontalmente, mientras la franja se orienta verticalmente (Figura 1).

Además del mecanismo de rotación de la franja, el retinoscopio de franja también dispone de un mecanismo para variar el ancho de la misma. Este mecanismo también permite al examinador cambiar rápidamente de espejo plano a espejo cóncavo y viceversa.

2.7 Eficacia de la retinoscopia.

En 1977, Richards revisó un gran número de estudios que comparaban la retinoscopia con los procedimientos de refracción subjetiva y no observo que la retinoscopia proporcionase mejores o peores resultados. Teniendo en cuenta que un dato retinoscopico es un valor obtenido monocularmente y que debería compararse con otros datos determinados de forma monocular y no binocular, la experiencia indica que existen muchas causas posibles de la ineficacia de la retinoscopia, incluyéndose las siguientes:

1.- Distancia de trabajo incorrecta.

Una distancia incorrecta puede producir un error considerable en los resultados retinoscópicos. Si el examinador trabaja a una distancia demasiado cercana, los datos serán erróneos porque resultarán demasiado positivos o muy poco negativos, mientras que si se trabaja a una distancia demasiado grande, ello dará lugar a un error en la dirección opuesta. Por ejemplo, si un examinador cree que está trabajando a una distancia de 50 cm. (que requiere una lente de distancia de trabajo de 2 D.) pero en realidad está trabajando a 40 cm. (que requerirá una lente de distancia de trabajo de 2.5 D.), los datos de la retinoscopia tendrán un error de 0.50 D. más positivo o menos negativo. El examinador debe comprobar la distancia de trabajo de vez en cuando, empleando una cinta métrica o la varilla de lectura acoplada al foroptor.

2.- Exploración fuera del eje visual del paciente.

Siempre que el examinador trabaje dentro de 2 o 3 grados del eje visual del paciente, es poco probable que se produzca un error significativo. Sin embargo, si el examinador es ambliope en un ojo y por lo tanto se forzado a observar ambos ojos del paciente con el ojo derecho o con el izquierdo, estará trabajando algo más de 5 grados fuera del eje visual del paciente (cuando realiza la retinoscopia del ojo derecho del paciente con su ojo izquierdo o del ojo izquierdo con su ojo derecho). Si esto ocurre, se cometerán errores de 0.25 D. o más en la potencia esférica o cilíndrica, así como pequeños errores en el eje del cilindro.

3.- Fallo del paciente en la fijación del optotipo de lejos.

A veces, un paciente (generalmente niño) fijará y acomodará sobre el manantial de luz del retinoscopio en lugar de hacerlo sobre el optotipo de lejos, haciendo que el dato retinoscópico sea erróneo en 1 o 2 D. en el sentido de la excesiva miopía o muy poca hipermetropía. Esto puede evitarse recordando continuamente al paciente que debe mirar el optotipo y que debe decir si la cabeza del examinador no obstruye su mirada. A algunos pacientes les da pena

decir al examinador que desplace la cabeza porque le impide ver el optotipo (letra o figura). Es útil para el examinador situar la cabeza erróneamente para evaluar la respuesta del paciente.

4.- Fallo en la obtención del punto de inversión.

Los examinadores inexpertos a veces fallan en la detección de un astigmatismo con la regla moderado durante la retinoscopia. Esto se debe generalmente al fallo en la obtención del punto de inversión en el meridiano vertical (al no adicionar suficiente potencia negativa para invertir el movimiento inverso) después de haber neutralizado el meridiano horizontal. (Figura 6)

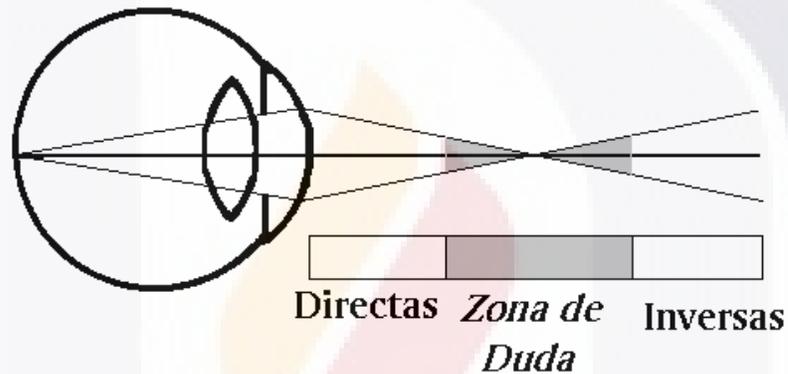


Fig. 1.6 Zona de duda del punto de inversión.

5.- Fallo en la localización de los meridianos principales.

Esto puede ocurrir si el examinador espera encontrar los dos meridianos principales en o cerca de 180 o 90 grados y, por lo tanto, no lleva a cabo el giro del haz para mirar los meridianos en los que el reflejo sigue mas aproximadamente el plano en el que es rotado el instrumento. Si por rutina se hace la queratometría antes de la retinoscopia, pueden utilizarse los meridianos obtenidos en la queratometría como punto de partida de la retinoscopia. (Figura 7)

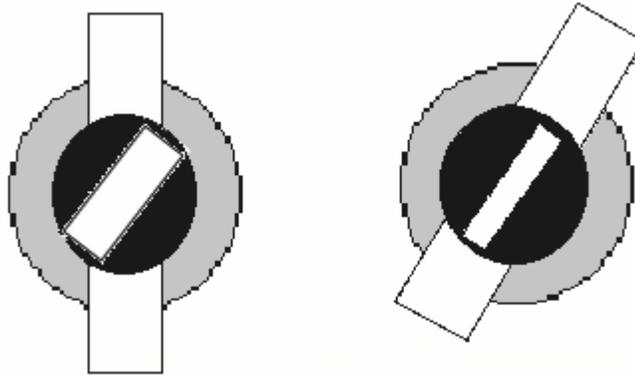


Fig. 1.7 Giro del haz para encontrar meridianos principales.

6.- Fallo en reconocer el movimiento “en tijeras”.

Si la pupila es razonablemente grande, puede existir aberración esférica y se producirá un movimiento “en tijeras”. La banda central del reflejo parecerá desplazarse en una dirección y la porción periférica en otra. Cuando esto ocurre, el examinador basará su interpretación en la banda central brillante y no en la porción periférica más oscura del reflejo.

2.8 Técnica de la retinoscopia estática

La retinoscopia estática o de lejos, suele efectuarse a una distancia que permite ver claramente el reflejo y acceder a las lentes suplementarias para modificar su potencia; esta distancia debe también impedirlos errores debidos a los cambios de la distancia de trabajo. En general, estas condiciones obligan a trabajar a la distancia aproximada de brazo (50-66 cm). De todos modos, esta distancia es puramente convencional y no hay ninguna razón para ajustarla en un determinado caso, siempre que se conozcan las implicaciones de tales cambios. La distancia de trabajo afecta a la corrección final hallada y debe ser tomada en cuenta para su cálculo. Cuando se trabaja a una distancia de 66cm, la tolerancia es de 1.50 D., es decir, el valor inverso de la distancia de trabajo en dioptrías.

Normalmente, para examinar el ojo derecho del paciente el examinador debe utilizar su mano y el ojo derechos. Ello se debe a dos razones fundamentales: el examinador debe trabajar en el eje visual del ojo examinado sin bloquear la imagen del optotipo u objetivo de fijación de lejos, y en segundo lugar, no conviene que el examinador y el examinado respiren uno frente al otro. (Figura 8)

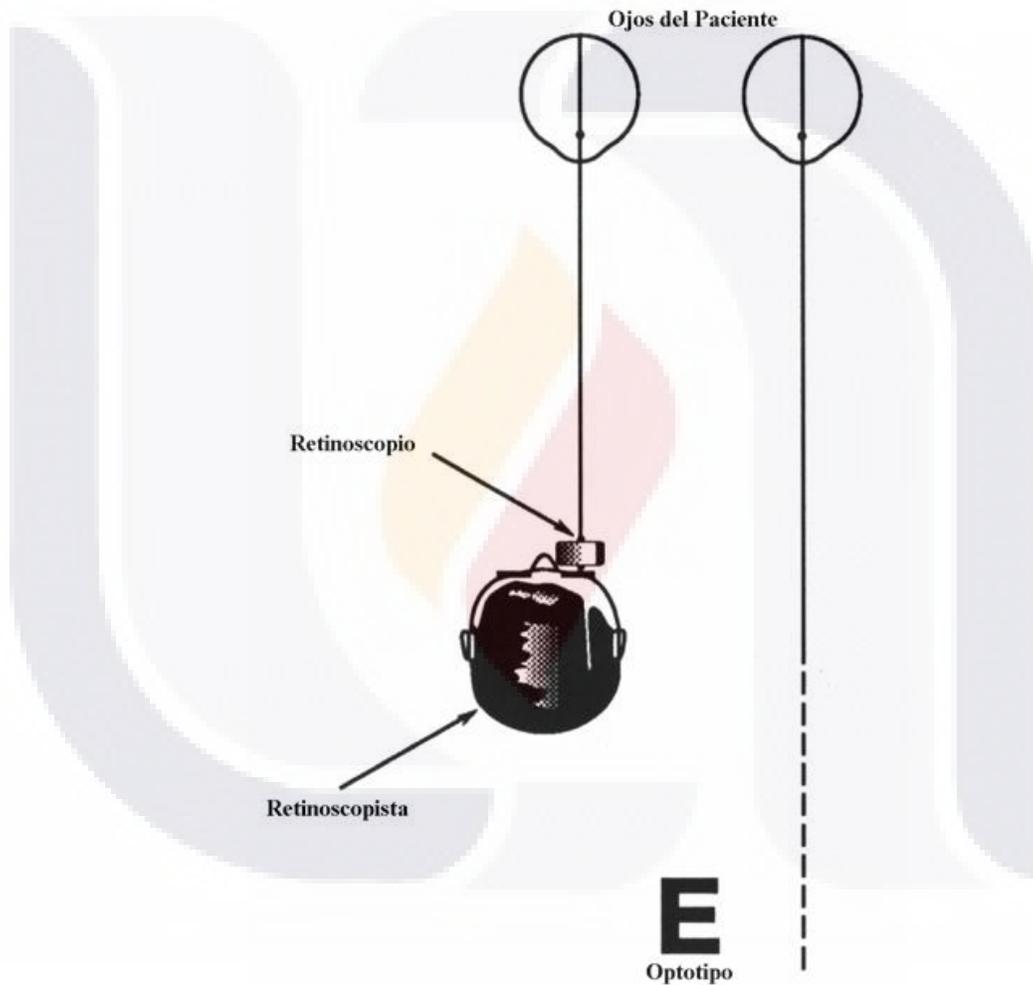


Fig. 1.8 Examinador sobre el eje visual del ojo examinado.

2.9 Técnica de retinoscopia dinámica

En la retinoscopia estática hacemos que el paciente fije en un optotipo en el infinito óptico para relajar la acomodación. En la retinoscopia dinámica se pide

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

al paciente que mantenga la fijación sobre un optotipo de cerca (letra, grupo de letras o figuras) situado en o detrás del plano del retinoscopio en vez de hacerlo a la distancia. El término *dinámico* se utiliza porque la acomodación del paciente esta activa. Al resultado obtenido no se le sustrae ni se le adiciona ninguna lente por la distancia de trabajo.

Se pide al paciente que fije la vista sobre la letra u otro objeto, y el examinador neutraliza el movimiento del reflejo. Si el paciente estuviera totalmente acomodando para la distancia del optotipo, el dato dinámico sería el mismo que el de la retinoscopia estática (esto es, no se tendría que adicionar ninguna lente positiva o negativa al dato de la retinoscopia estática para obtener neutralización). El grado de potencia positiva que debe adicionarse representa la Respuesta Acomodativa o retraso acomodativo (LAG) del paciente.

Esta técnica se basa en la valoración de dos características del sistema óptico en la visión de cerca: punto neutro bajo (denominado a veces, latencia o retraso objetivo) y el punto neutro alto (también denominado punto neutro dinámico)

Punto neutro bajo.

Generalmente se admite que cuando un observador dirige su atención hacia un objeto, este es fijado antes de ser enfocado por el sistema visual. Normalmente se produce un retraso de la acomodación posterior a la convergencia, debido a que casi nunca se requiere un enfoque preciso para la mayoría de las labores cotidianas y posiblemente al efecto de los cambios de la aberración cromática del ojo acomodado. Este retraso varia entre 0.50 y 0.75 D. a una distancia de observación de 40 cm. y se conoce como “punto neutro bajo”. Representa la cantidad de potencia esférica necesaria por encima y más allá de la corrección de lejos para producir la neutralización del reflejo por primera vez. Este es el punto que estaremos tomando en cuenta para realizar la presente investigación.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Punto neutro alto.

Se conoce también como punto neutro dinámico y representa la potencia positiva que puede añadirse al punto neutro bajo antes de que aparezca un movimiento inverso. Se ha afirmado que el punto neutro alto representa la acomodación relativa negativa, es decir, la amplitud de acomodación que puede relajarse mientras se mantiene fija la convergencia; en los sujetos normales, este valor es de aproximadamente 1.25 D. a 40 cm., pero se reduce con la edad.

2.9.1 Orígenes de la retinoscopia dinámica.

El pionero en el campo de la retinoscopia dinámica (que él denominó esquiascopia dinámica) fue un optometrista de Nueva York, Andrew J. Cross. En su obra *Dynamic Skiametry in Theory and Practice* (1911), Cross recomendó su procedimiento como una alternativa a la refracción cicloplégica en la hipermetropía latente, y también para determinar la corrección en casos de astigmatismo, presbicia y acomodación subnormal en pacientes jóvenes. El procedimiento de Cross consistía en empezar con el dato de la retinoscopia estática después de retirar las lentes de la distancia de trabajo (por lo tanto, trabajando con un movimiento directo del reflejo) y adicionar lentes positivas hasta el punto justamente por encima del punto neutro, hasta alcanzar un punto de inversión. En sus comentarios sobre la hipermetropía latente, a la que se refería como “espasmo ciliar”, razonó que, aunque es improbable que un paciente con espasmo ciliar relaje totalmente la acomodación cuando se le hace un examen refractivo a 6 m. sin un ciclopléjico, cuando ese mismo paciente se le practica el examen de la refracción con retinoscopia dinámica, el mayor esfuerzo muscular requerido producirá una relajación más normal entre la acomodación y la convergencia, lo que sacará a relucir el grado total de hipermetropía. Cross recomendó la prescripción en el examen de la retinoscopia dinámica.

2.9.2 Técnicas de retinoscopia dinámica

El objetivo principal de la técnica de retinoscopia dinámica es la de evaluar objetivamente la magnitud lineal de respuesta acomodativa del sistema de acomodación del paciente. La realización de este examen es imprescindible para valorar correctamente el estado acomodativo, en el diagnóstico de anomalías binoculares y cuando se contempla la posibilidad de realizar una adición para cerca en un paciente no presbíta. A continuación se detalla paso a paso el procedimiento para la realización de las técnicas utilizadas en esta investigación.

2.9.2.1 Método de Estimación Monocular (MEM).

Equipo:

- Gafa de prueba con el valor de su Rx subjetiva en visión lejana (ametropía).
- No se utiliza el foroceptor.
- Retinoscopio (espejo plano).
- Optotipo específico con letras o texto sobre el cabezal del retinoscopio. (Figura 1.9).
- Iluminación ambiental que permita la lectura del texto.



Fig. 1.9 Optotipo adherible a cabeza de retinoscopio para realizar el MEM.

Instrucciones al paciente:

Vea las letras (manteniéndola claras), sin hacer mucho caso a la luz (retinoscopio). En niños es aconsejable hacerlos leer en voz alta.

Procedimiento:

- 1.- Ajustar la DIP para visión cercana.
- 2.- El paciente fija binocularmente las letras de optotipo.
- 3.- Situar el retinoscopio con el optotipo a 40 cm.
- 4.- Observar el reflejo retinoscópico del meridiano principal más plano de OD y estimar la cuantía del retraso acomodativo. El reflejo debe ser observado en el centro de la pupila.
- 5.- Confirmar la estimación anterior anteponiendo rápidamente lentes esféricas con el poder necesario para neutralizar el reflejo retiniano, si la potencia es correcta se observará neutralidad.
- 6.- Repetir el procedimiento para el OI.
- 7.- Anotar los resultados obtenidos por cada ojo. La cantidad de dioptrías que se adicione sobre la Rx inicial.

Posibles Respuestas:

- Si se observa movimiento directo (respuesta esperada): existe un retraso de acomodación (Lag). Adicionar lentes positivas hasta neutralizar.
- Si se observa punto neutro en el reflejo: no existe retraso acomodativo y el enfoque acomodativo coincide con el plano de la convergencia binocular.
- Si se observa movimiento inverso: existe una hiperacomodación (Lead). Adicionar lentes negativas hasta neutralizar

Observaciones:

- Las lentes de confirmación no deberían anteponerse por más de 0.5 seg, ya que no deseamos que se altere el estímulo ni la respuesta acomodativa.
- Se recomienda utilizar las lentes sobre un flipper para mayor rapidez en la evaluación, en vez de utilizar lentes sueltas. (Figura 1.10)



Fig. 1.10 Método de estimación monocular (MEM). Introducción de lentes rápidamente.

Anotación:

Anotar el valor de la lente con la que se consiguió la neutralización en cada ojo y el método empleado.

Ejemplo:

MEM: OD +0.50
 OI +0.50



Fig. 1.11 Método de estimación monocular (MEM). Optotipo sobre el retinoscopio

2.9.2.2 Retinoscopia de Nott.

Equipo:

- Foroptor en convergencia con el valor de su Rx subjetiva en visión lejana.
- Regla métrica ajustable a foroptor (regla de Prentice).
- Retinoscopio (espejo plano).
- Optotipo específico con letras o texto.
- Iluminación ambiental que permita la lectura del texto.

Instrucciones al paciente:

Vea las letras (manteniéndola claras), sin hacer mucho caso a la luz (retinoscopio). En niños es aconsejable hacerlos leer en voz alta.

Procedimiento;

- 1.- Ajustar la DIP para visión cercana.
- 2.- El paciente fija binocularmente las letras de optotipo.
- 3.- Situar el optotipo y el retinoscopio a 40 cm.
- 4.- Observar el reflejo retinoscópico del meridiano principal más plano de OD, si no se observa punto neutro a 40 cm. habrá que variar la distancia de trabajo del

retinoscopio, si se observa movimiento directo, alejar el retinoscopio del paciente y si se observa movimiento inverso, acercar el retinoscopio hacia el paciente hasta que se produzca la neutralización.

5.- Anotar la distancia entre el optotipo y el retinoscopio.

6.- Repetir el procedimiento para el OI.

7.- Calcular la diferencia en dioptrías entre el optotipo y el retinoscopio

8.- Anotar los resultados obtenidos por cada ojo.

Posibles Respuestas:

- Si se observa movimiento directo (respuesta esperada): existe un retraso de acomodación (Lag). Alejar el retinoscopio del paciente hasta apreciar el punto neutro.

- Si se observa punto neutro en el reflejo: no existe retraso acomodativo y el enfoque acomodativo coincide con el plano de la convergencia binocular.

- Si se observa movimiento inverso: existe una hiperacomodación (Lead). Acercar el retinoscopio hacia el paciente hasta apreciar el punto neutro.

Observaciones:

- Es conveniente utilizar una tabla que relacione las diferentes distancias en centímetros convertidas en dioptrías para facilitar la anotación de los resultados. (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Equivalencias de centímetros y dioptrías para la retinoscopia de Nott.

TABLA EQUIVALENCIAS	
CM	D
0	0.00
2	0.12
4	0.23
6	0.33
8	0.42
10	0.50
14	0.65
18	0.78
22	0.89
26	0.98
30	1.07
35	1.16
40	1.25
45	1.32
50	1.39
55	1.45
60	1.50

Anotación:

Se anota la técnica y la diferencia dióptrica que existe entre la equivalencia de la posición del paciente al optotipo (40 cm) y la equivalencia de la posición del paciente al retinoscopio para cada ojo.

Ejemplo:

Nott: OD +0.25
 OI +0.25

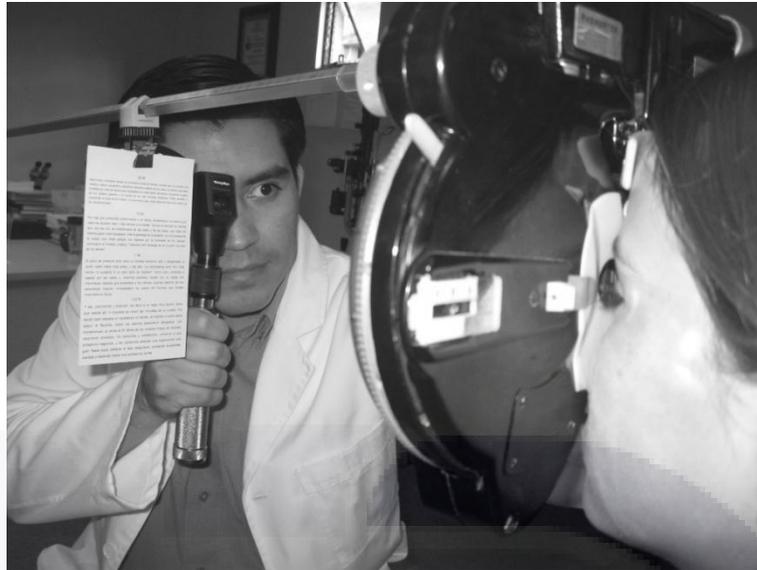


Fig. 1.12 Retinoscopia de Nott. Distancia de optotipo fija y retinoscopio móvil.

2.9.2.3 Retinoscopia de Bell.

Equipo:

- Foroptor en convergencia con el valor de su Rx subjetiva en visión lejana.
- Regla métrica ajustable a foroptor (regla de Prentice).
- Retinoscopio (espejo plano).
- Optotipo específico con letras o texto.
- Iluminación ambiental que permita la lectura del texto.

Instrucciones al paciente:

Vea las letras (manteniéndola claras), sin hacer mucho caso a la luz (retinoscopio). En niños es aconsejable hacerlos leer en voz alta.

Procedimiento;

- 1.- Ajustar la DIP para visión cercana.
- 2.- El paciente fija binocularmente las letras de optotipo.
- 3.- Situar el optotipo y el retinoscopio a 40 cm.
- 4.- Observar el reflejo retinoscópico del meridiano principal más plano de OD, si no se observa punto neutro a 40 cm. habrá que variar la distancia del optotipo, si se observa movimiento directo, acercar el optotipo hacia el paciente y si se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

observa movimiento inverso, alejar el optotipo del paciente hasta que se produzca la neutralización. El retinoscopio debe permanecer a la misma distancia (40cm).

5.- Anotar la distancia entre el optotipo y el retinoscopio.

6.- Repetir el procedimiento para el OI.

7.- Calcular la diferencia en dioptrías entre el optotipo y el retinoscopio

8.- Anotar los resultados obtenidos por cada ojo.

Posibles Respuestas:

- Si se observa movimiento directo (respuesta esperada): existe un retraso de acomodación (Lag). Acercar el optotipo hacia el paciente hasta apreciar el punto neutro.

- Si se observa punto neutro en el reflejo: no existe retraso acomodativo y el enfoque acomodativo coincide con el plano de la convergencia binocular.

- Si se observa movimiento inverso: existe una hiperacomodación (Lead). Alejar el optotipo del paciente hasta apreciar el punto neutro. Opcionalmente, si se observa movimiento inverso, es posible utilizar una lente de +0.50 adicionada a su Rx inicial para relajar la acomodación y obtener un movimiento directo.

Observaciones:

- Es conveniente utilizar una tabla que relacione las diferentes distancias en centímetros convertidas en dioptrías para facilitar la anotación de los resultados.

Anotación:

Se anota la técnica y la diferencia dióptrica que existe entre la equivalencia de la posición del paciente al retinoscopio (40 cm) y la equivalencia de la posición del paciente al optotipo para cada ojo.

Ejemplo:

Bell: OD +0.75 O I +0.50

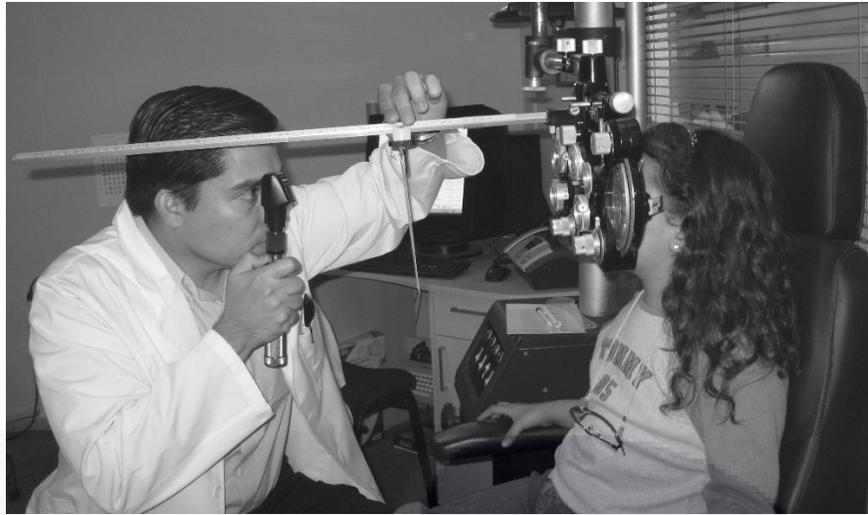


Fig. 1.13 Retinoscopia de Bell. Distancia de retinoscopio fija y optotipo móvil.

2.9.2.4 Retinoscopia de Cross.

Equipo:

- Foroptor en convergencia con el valor de su Rx subjetiva en visión lejana.
- Regla métrica ajustable a foroptor (regla de Prentice).
- Retinoscopio (espejo plano).
- Optotipo específico con letras o texto.
- Iluminación ambiental que permita la lectura del texto.

Instrucciones al paciente:

Vea las letras (manteniéndola claras).

Procedimiento;

- 1.- Ajustar la DIP para visión cercana con el foroptor en convergencia.
- 2.- El paciente fija binocularmente las letras.
- 3.- Situar el optotipo y el retinoscopio a 40 cm.
- 4.- Observar el reflejo retinoscopico del meridiano principal más plano de ambos ojos comenzando por el OD.
- 5.- Realizar los ajustes necesarios en pasos de 0.25 D., alternadamente en cada ojo hasta conseguir la neutralización en ambos ojos. Regularmente se observa un movimiento directo el cual se neutraliza con lentes positivas; se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

adicionan +0.25 D. al OD y después se examina el OI, si también se necesita un +0.25 D. se le adiciona, regresamos al OD y volvemos a valorar el movimiento del reflejo, así alternando un ojo y luego el otro hasta observar el punto neutro en ambos ojos. Al estar alternando se dejan las lentes con las que se consigue la neutralización del reflejo.

6.- Anotar los resultados obtenidos por cada ojo. La cantidad de dioptrías que se adiciono sobre la Rx inicial.

Posibles Respuestas:

- Si se observa movimiento directo (respuesta normal): existe un retraso de acomodación (Lag). Adicionar lentes positivas.
- Si se observa punto neutro en el reflejo: no existe retraso acomodativo y el enfoque acomodativo coincide con el plano de la convergencia binocular.
- Si se observa movimiento inverso: existe una hiperacomodación (Lead). Adicionar lentes negativas.

Anotación:

Anotar el valor de la aceptación de positivos o negativos y el método empleado.

Ejemplo:

Cross: OD +0.75
 OI +0.75

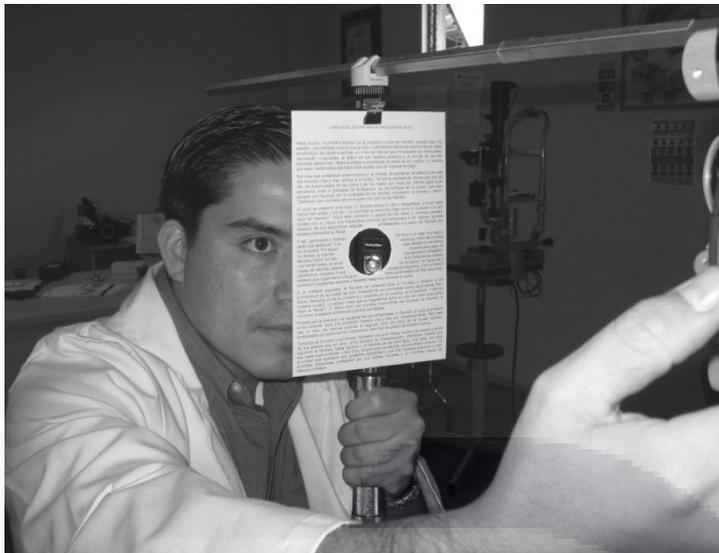


Fig. 1.14 Retinoscopia de Cross. Retinoscopio y optotipo fijos.

Tabla 1.2 Comparación de las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica.

Retinoscopia Dinámica	Estímulo	Distancia del Estimulo	Distancia del Retinoscopio	Neutralización
MEM	Inmóvil (Pegado al retinoscopio)	40 cm	40 cm	Lentes Sueltas o Flippers (dioptrías)
NOTT	Inmóvil (Cartilla de lectura específica)	40 cm	Variable	Distancia entre Retinoscopio y Optotipo en cms. Conversión a dioptrías.
BELL	Móvil (Cartilla de lectura específica)	Variable	40 cm	Distancia entre Estimulo y Retinoscopio en cms. Conversión a dioptrías.
CROSS	Inmóvil (Cartilla de lectura específica)	40 cm	40 cm	Lentes del Foroportor (dioptrías)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



3. ACOMODACION

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

3.1 ACOMODACIÓN

Con el fin de entender el mecanismo de la Acomodación, resulta necesario hacer una breve introducción acerca del sistema óptico del ojo.

En términos generales podría decirse que la luz atraviesa el espacio en línea recta. Es así como vamos a entender que llegan los rayos procedentes del exterior a nuestra retina. Antes de llegar a ella, la luz atraviesa diferentes estructuras que dirigen la trayectoria de estos rayos. Las estructuras en las que la refracción tiene lugar en grado significativo son: la cara anterior de la córnea y las caras anterior y posterior del cristalino.

La integridad y forma de estas estructuras son claves en la calidad y precisión de la formación de imágenes en la retina. A la exactitud en la formación de estas imágenes claramente definidas se denomina *poder de resolución*.

El ojo posee un potencial de acomodación, adaptación, definición y diferenciación retinianas que le hacen único.

En un ojo emétrope, los rayos de luz paralelos procedentes del infinito son llevados a un foco sobre la capa sensible de la retina.

Este tipo de sistema regularmente realiza esta tarea sin esfuerzo y, por consiguiente, los objetos a esta distancia se ven claramente.

Es evidente que para que un ojo funcione de forma adecuada tiene que ser capaz de variar su foco para adaptar su mecanismo refringente y poder ver también los objetos cercanos. Por tanto, se dice que el ojo humano tiene la capacidad de poder ver nítidos objetos situados a diferentes distancias. Es así porque variaciones en ciertas estructuras del ojo inducen cambios en su potencia.

El mecanismo al que se le concede esta propiedad es la *Acomodación*. Que, modificando la estructura del cristalino, permite sea posible enfocar objetos dentro de ciertos límites. Siendo estos límites: el punto remoto (PR) y punto próximo (PP).

(PR): distancia máxima a la que puede estar situado un objeto para verlo enfocado. (Figura 2.1)

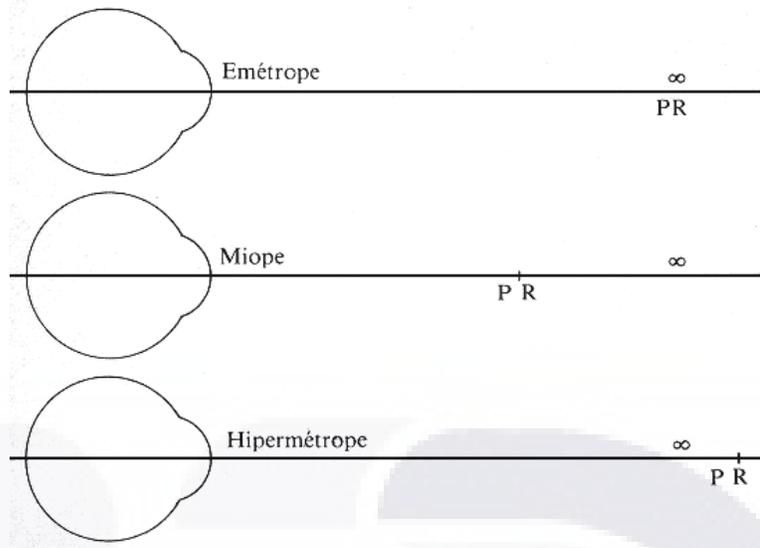


Fig. 2.1 Punto remoto (PR).

(PP): distancia mínima a la que puede estar situado un objeto para verlo enfocado. (Figura 2.2)

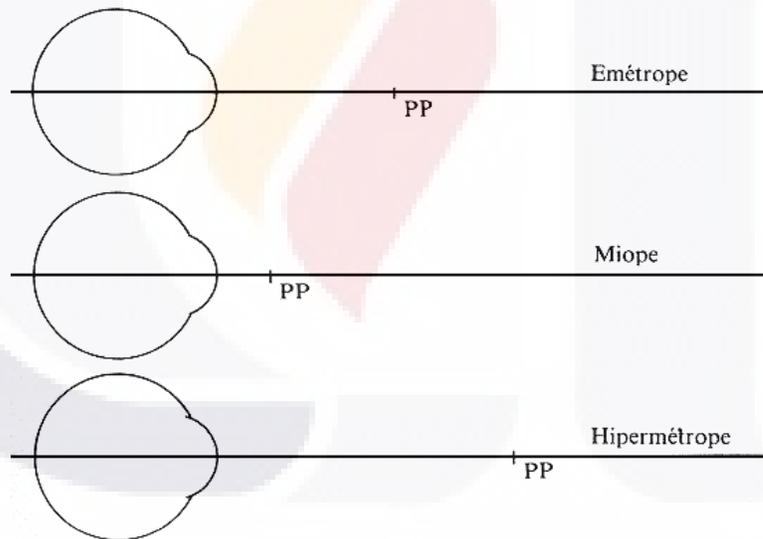


Fig. 2.2 Punto próximo (PP).

Estos valores se miden en dioptrías (inversa de la distancia expresada en metros).

Existe el inconveniente de que no se pueden ver nítidos los objetos de manera simultánea.

Según el estado refractivo:

- En el emétrope el punto remoto está en el infinito.
- En el miope, el punto remoto es real, es decir, está delante del ojo.
- En el hipermétrope, el punto remoto es virtual (situado detrás del cristalino), el ojo no puede enfocar.

Si el ojo está enfocado (acomodado) a una distancia cualquiera (X) se llama acomodación (A) la diferencia de los valores de PR y X.

$$A = PR - X.$$

3.2 Definición

La acomodación es la habilidad dinámica del sistema visual para aumentar y disminuir progresivamente su poder dióptrico y así permitir el enfoque de objetos situados a diferentes distancias.

Con la acomodación normal, el globo ocular tiene la capacidad de enfocar a diferentes distancias, de mantener dicho enfoque por tiempo prolongado y de modificar rápidamente la distancia de enfoque.

El ojo, si no existiese ningún medio de variar la potencia del ojo, sólo recibe enfocadas las imágenes de objetos situados a lo lejos, en el punto remoto.. En el caso de un emétrope los objetos situados en el infinito, es decir a partir de cinco metros aproximadamente, los rayos entran paralelos, formándose la imagen en retina.

Sabemos que somos capaces de enfocar objetos situados a distancias más próximas, a esta capacidad de aumentar el poder de refracción para enfocar objetos más cerca del punto próximo, se le llama acomodación (Figura 2.3).

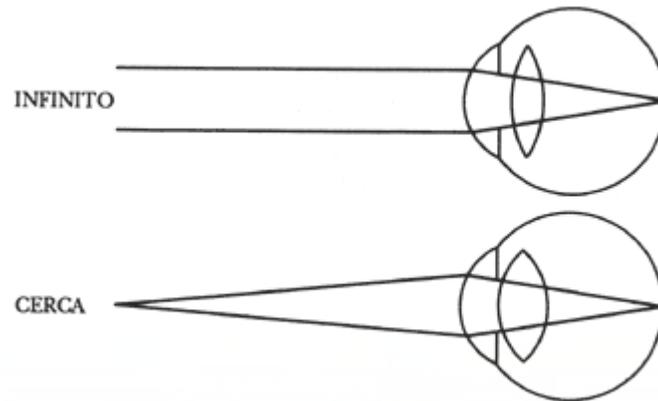


Fig. 2.3 Acomodación, nótese que el cristalino se ha abombad para enfocar un objeto cercano

La capacidad que tiene el ojo de modificar su poder de refracción es limitada, la distancia máxima a que puede estar situado un objeto para verlo enfocado es el punto remoto y la distancia mínima el punto próximo, esta distancia que separa al punto remoto del próximo se llama recorrido de acomodación, esto expresado en dioptrías se refiere a la amplitud de acomodación. $AA= PR-PP$

3.3 Profundidad de campo y profundidad de foco.

La profundidad de campo es el intervalo en el cual un objeto se puede acercar o alejar del ojo sin que se produzca un cambio perceptible en la borrosidad o el enfoque de la imagen. La profundidad de foco es el error de enfoque que se puede tolerar sin que aparezca una disminución apreciable en la agudeza visual o tenga lugar un cambio en la borrosidad o el enfoque de la imagen en la retina. Para cualquier situación dada de acomodación, existe un intervalo de distancias dentro del cual el objeto se percibe como enfocado. Esta distancia es la profundidad de foco y depende del tamaño de la pupila. Una pupila pequeña da lugar a una profundidad de foco relativamente grande mientras que una pupila grande da lugar a una profundidad de foco relativamente pequeña. (Figura 2.4).

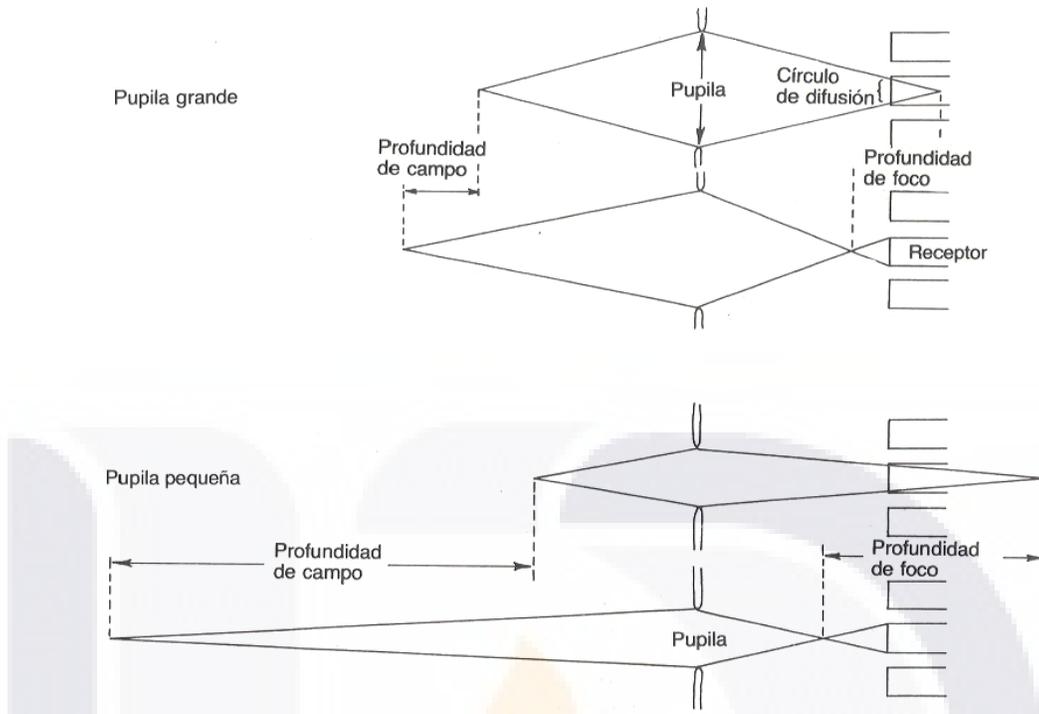


Fig. 2.4 La profundidad de campo y de foco están marcadamente influidas por el diámetro de la pupila.

La profundidad de foco de un ojo también depende del nivel de iluminación. Para un objeto iluminado de forma brillante, el tamaño de la pupila disminuye y la profundidad de foco aumenta. Cuando la acomodación se determina mediante métodos subjetivo, como el de acercamiento, la profundidad de foco da lugar a una estimación excesiva de la amplitud real de acomodación.

3.4 Acomodación física y fisiológica.

En la eficacia del acto de la acomodación intervienen dos factores:

La capacidad del cristalino para variar su forma (elasticidad) y la potencia del músculo ciliar.

Si la sustancia del cristalino se hace inelástica, como ocurre al envejecer y ya no puede cambiar de forma, la acomodación no puede efectuarse aunque el músculo ciliar se contraiga enérgicamente.

Por otro lado, un músculo ciliar débil o paralizado no podrá inducir variaciones ni siquiera en un cristalino de elasticidad normal.

De ahí que algunos autores hayan diferenciado *acomodación física* y *acomodación fisiológica*.

- *La acomodación física* expresa la deformación física real del cristalino (bien por un aumento en su curvatura, bien por un cambio en su índice de refracción) y se mide en *dioptrías*.

- *La acomodación fisiológica* tiene como unidad la dioptría, que se toma como el poder contráctil del músculo ciliar necesario para aumentar el poder de refracción del cristalino en 1 D.

Estos dos elementos son en esencia distintos, y aunque normalmente son concordantes durante la primera mitad de la vida, pueden dissociarse y, cuando lo hacen, acarrear diversos efectos patológicos.

La acomodación física falla más tarde, cuando el cristalino se endurece en el proceso conocido como *Presbiopía* o *presbicia*.

3.5 Cambios durante la acomodación.

Todos los investigadores coinciden en que durante la acomodación se producen en el ojo los siguientes cambios:

- La pupila se contrae durante la acomodación para la visión de cerca y se dilata para la visión de lejos, este hecho es un fenómeno asociado al proceso acomodativo y está asociado a la sincinesia acomodación y convergencia, no es un verdadero reflejo, ya que su aparición no depende solo de la acomodación o solo de la convergencia. Si se evita la convergencia por medio de la interposición de prismas apropiados frente a cada ojo, la contracción de la pupila tendrá lugar durante la acomodación sola. Si se evita la acomodación colocando un lente positivo apropiado frente a cada ojo y la persona converge hacia el punto máximo, la pupila también se contraerá.

- El borde pupilar del iris y la cara anterior del cristalino se desplazan hacia delante, lo que hace que la cámara anterior se vuelva más superficial o estrecha en el centro a medida que el polo anterior del cristalino se acerca a la

superficie posterior de la cornea. El polo posterior no cambia su posición en lo absoluto.

- Como el cristalino avanza por el centro de la cámara anterior, la periferia del iris es desplazada hacia atrás, ya que el volumen de la cámara anterior no debe variar.

- La superficie anterior del cristalino aumenta de convexidad.

- La cara posterior aumenta ligeramente de curvatura, pero el polo posterior no se desplaza.

- El cristalino acomodado para cerca aumenta el espesor y disminuye el diámetro ecuatorial.

- La zónula se relaja y los procesos ciliares se aproximan al eje anteroposterior de ojo.

- el cristalino se deprime en la dirección de la gravedad. Hess fue el primero en describir este hecho observando el desplazamiento aparentemente hacia arriba de la imagen entóptica de una opacidad de su propio cristalino cuando efectuaba la acomodación voluntaria.

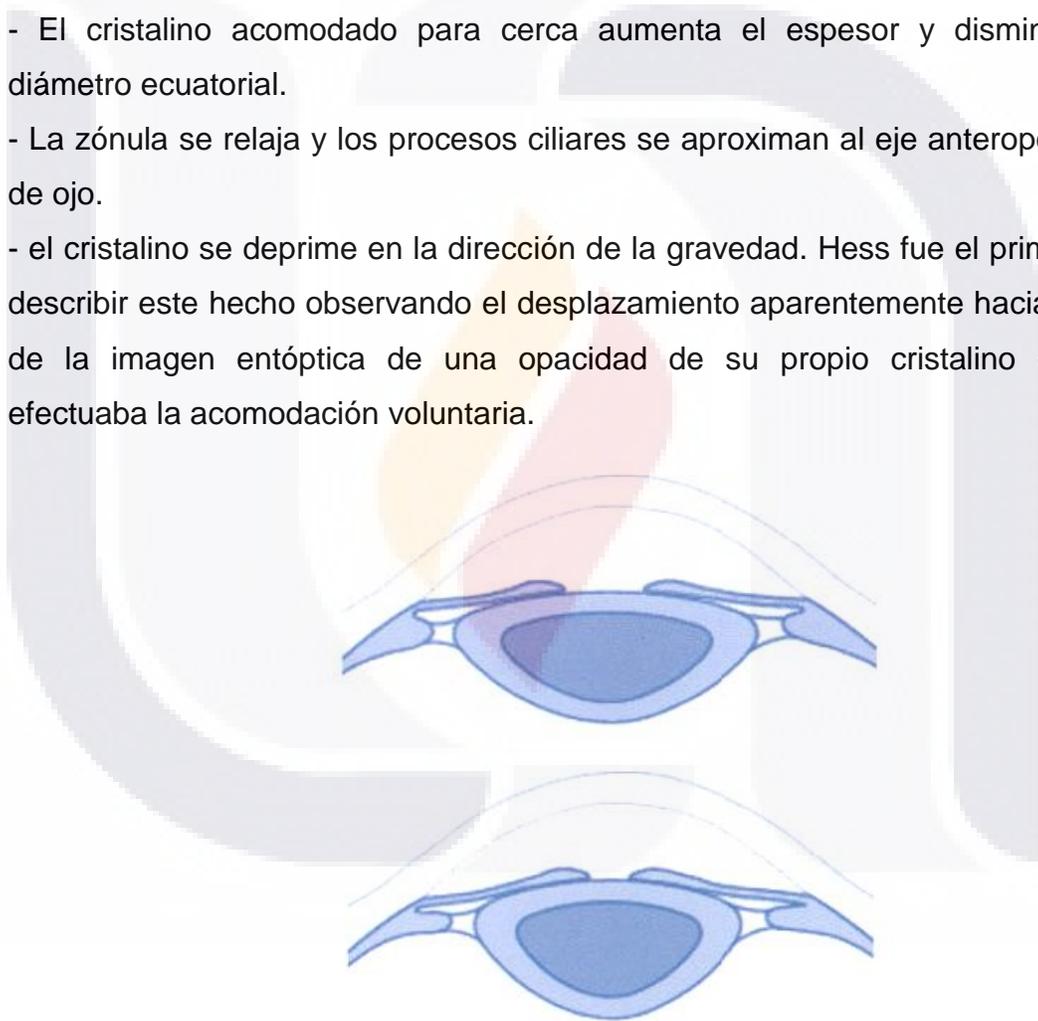


Fig. 2.5 Cambios en el segmento anterior del ojo cuando el cristalino permanece relajado (arriba) y cuando acomoda (abajo).

Los cambios dentro de la sustancia del cristalino crean un cambio en su poder de refracción, además de los cambios que se producen en la curvatura de la superficie cuando se contrae el musculo ciliar.

Estos cambios internos son producidos por los cambios en la curvatura de diversas porciones del cristalino que poseen diferentes índices de refracción. Se ha descubierto que el poder dióptrico total del cristalino es, durante el punto máximo de la acomodación, mayor de lo que podría calcularse sobre la base de los cambios en la curvatura de la superficie.

3.6 Teorías acomodativas

Podemos diferenciar cuatro formas de conseguir la acomodación:

- El alargamiento del ojo para que la retina se desplace hasta el foco conjugado del objeto próximo, como ocurre en caso de la cámara fotográfica. Thomas Young demostró que en el ojo humano no ocurre así.
- Aumento de la curvatura corneal, como ocurre en algunos pájaros, pero no es el caso en los humanos. Thomas Young lo demostró sustituyendo la refracción corneal por una lente convexa y observó que la acomodación no se alteraba.
- Variar la posición del cristalino desplazándolo hacia delante, como ocurre en los peces, pero para eso seria necesario un avance de 10mm y esto no es posible, ya que la profundidad de la cámara anterior es de 2.6 mm.
- Aumento de la refractividad del cristalino.

3.7 Mecanismo de la acomodación

El cristalino joven es un material blando, fácilmente moldeado, contenido en una capsula elástica. La capsula del cristalino tiende a moldearlo dándole una forma semiesférica, pero enfrenta la oposición de la tensión de las fibras zonulares que mantienen suspendido al cristalino del cuerpo ciliar. La tracción que la zónula ejerce sobre la capsula del cristalino aplanan a este ultimo. El cuerpo ciliar es extendido hacia atrás y afuera a lo largo de la esclerótica por la coroides elástica. La contracción del musculo ciliar arrastra a la coroides hacia adelante y a la unión ciliar de la zónula hacia adentro y hacia el cristalino,

reduciendo la tensión de la zónula y permitiendo que el cristalino aumente su convexidad. Como el índice de refracción del cristalino (aproximadamente de 1.390) es mayor que los índices de los humores acuoso y vítreo (1.334), el aumento de la convexidad del cristalino aumenta su poder dióptrico y permite que la imagen de los objetos próximos llegue nítidamente a la retina.

Esta explicación del mecanismo básico de la acomodación puede ser atribuida principalmente a Helmholtz (1962). Posteriormente Fincham enfatizó la importancia de la capsula del cristalino (Fincham, 1937).

Actualmente aún se discute el mecanismo exacto de la acomodación, el rasgo fundamental es un aumento de la curvatura del cristalino que afecta sobre todo a la cara anterior. En estado de reposo el radio de curvatura de la cara anterior es de 11 mm, mientras que durante la acomodación disminuye a 6mm, esto hace que aumente el poder de convergencia y el foco pueda desplazarse en la medida necesaria.

En el acto de acomodación. A la contracción del músculo ciliar disminuye el círculo formado por los procesos ciliares, relajando el ligamento, el cristalino adopta una forma más esférica, incrementando el espesor y disminuyendo el diámetro, mostrando una prominencia hacia delante en el centro y un aplanamiento en la periferia (Figura 2.6).

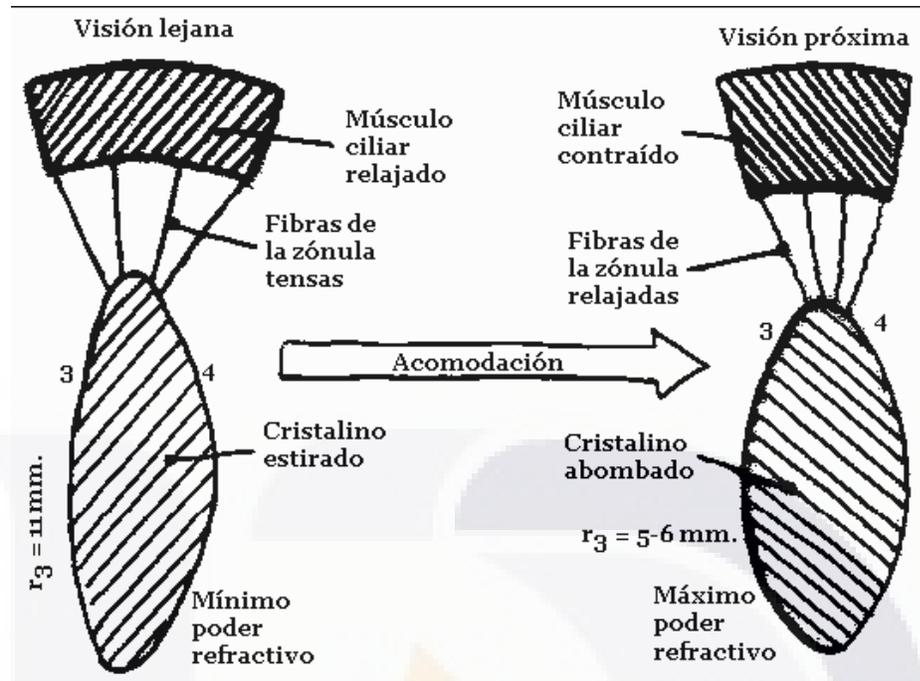


Fig. 2.6 Mecanismo básico de la acomodación.

El cristalino puede variar su forma al relajar los procesos ciliares, porque la sustancia que contiene es verdaderamente elástica, lo que determina la forma del conjunto es la interacción de la elasticidad de la cápsula y de la sustancia de la lente.

En el declive natural de la acomodación con la edad existe una debilidad progresiva de la capacidad de la cápsula para deformar la sustancia del cristalino. Helmholtz sostiene que durante la acomodación se contrae el músculo ciliar, se relaja el ligamento suspensorio y la cápsula elástica del cristalino puede deformar sin impedimento alguno la sustancia del cristalino para darle una forma acomodativa más esférica, quizá conoidea, a la que se resiste su elasticidad natural. Con el aumento de la edad, y aunque esté intacta la potencia del músculo ciliar, las alteraciones de la cápsula del cristalino disminuyen su capacidad para deformar la masa de la sustancia de ésta, cada vez más resistente.

El mecanismo de la acomodación puede ser dividido en dos partes: contracción activa del músculo ciliar y alteración pasiva de la forma del cristalino.

3.8 Actuación del sistema nervioso sobre la acomodación

El sistema parasimpático participa en la acomodación para la visión próxima con una contracción de las fibras circulares del músculo ciliar, por lo contrario la acomodación activa para la visión lejana se realiza por medio de una contracción de las fibras meridionales de dicho músculo de Bücke, que tienen una acción antagonista para las fibras circulares y están mediadas por el simpático.

Parece que en la acomodación existe una actividad mutua antagonista, un mecanismo simpático para enfoque de la visión lejana y uno parasimpático para la visión próxima. Esta teoría sitúa a la acomodación en paralelismo con la actividad pupilar, que muestra en la dilatación y una contracción recíproca, activas ambas en las que el mecanismo parasimpático de miosis predomina sobre el componente simpático de midriasis.

3.9 Estímulos de la acomodación

El estímulo que provoca la acomodación podría estar relacionado con la aberración cromática de difusión o con la conciencia de la proximidad. En situaciones experimentales en las cuales la proximidad aparente del objeto visto es constante, variando sólo la vergencia de los rayos luminosos que penetran en el ojo (y eliminando los indicios binoculares por medio de la oclusión de un ojo), una imagen borrosa sobre la retina estimula un cambio en la acomodación. Stark y Takahashi descubrieron que la alteración inicial de la acomodación era apropiada sólo para la mitad de los sujetos sometidos a las pruebas e inapropiada para la mitad restante, sugiriendo que el ajuste inicial en la acomodación está basado en la prueba y error (Stark L. y Takahashi, 1965). Estos autores tuvieron la precaución de eliminar los indicios relacionados con la distancia del objeto observado, como por ejemplo, los producidos por el tamaño del objeto, la traslación a través del campo visual y la visión binocular.

3.10 Tiempo de reacción

Después de la presentación de un estímulo acomodativo se produce una respuesta acomodativa que tiene un tiempo medio de reacción aproximado a los 0.36 seg. Si la respuesta se lleva a cabo un solo movimiento, el tiempo requerido para la adaptación es independiente de la amplitud de éste y promedia los 0.64 seg. en la acomodación de lejos a cerca y los 0.54 seg. En la acomodación cerca-lejos (Campbell *et al*).

3.11 Acomodación y refracción

Se ha propuesto que la acomodación puede ser mantenida inactiva cuando se está efectuando una refracción manifiesta en paciente de edad pre-presbótica por medio de emborronamiento (insertando lentes positivas). Esto, en efecto, lleva el foco conjugado de las letras del optotipo exactamente al frente a la retina, por lo que cualquier esfuerzo acomodativo aumentaría la borrosidad en la visión del paciente. Sin embargo, se han obtenido pruebas que evidencian que éste no es siempre el caso y que el emborronamiento puede estimular la acomodación en lugar de relajarla al máximo o permitir que permanezca pasiva. (Flom M., 1955).

Una vez que el ojo ha acomodado sobre un objeto, tienen lugar pequeñas fluctuaciones en la acomodación. Esto no es sorprendente, ya que la mayoría de los sistemas motores muestran variaciones tónicas similares. De este modo, la pupila presenta fluctuaciones de la acomodación constantes en tamaño aunque sea la iluminación constante, y el globo ocular presenta un micronistagmo constante durante la fijación firme. Las fluctuaciones de la acomodación desaparecen cuando el sujeto mira hacia un objeto en el infinito o cuando se instila una droga ciclopléjica dentro del ojo, paralizando así la acomodación (Campbell f. *et al*, 1959).

3.12 Relación entre la acomodación y la convergencia

En condiciones normales, la acomodación y la convergencia operan al unísono en la visión binocular. El estímulo principal de la acomodación es un

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

cambio en la vergencia de la luz que llega a la retina. Si un objeto distante es enfocado por las dos foveas, a medida que se aproxima a los ojos, los rayos que penetran en las pupilas se hacen más divergentes, esto estimula la acomodación. Si el objeto se aproxima al individuo siguiendo una línea media entre ambos ojos, la imagen se aleja de cada fovea en dirección temporal. Este desplazamiento temporal mutuo de las imágenes de la retina constituye el estímulo para la convergencia de los ejes visuales. Por lo tanto, los estímulos básicos que provocan el ajuste binocular para la visión cercana son: 1) Un cambio en la vergencia de la luz que llega a la fovea y 2) la disparidad temporal de ambas imágenes en relación con las dos foveas. La relación de estas dos funciones no es estrictamente fija, aunque en condiciones normales la alteración de una unidad en una, es acompañada por la alteración de una unidad en la otra. Es así como 1 D. de acomodación es, por lo común, acompañada por un ángulo métrico de convergencia.

3.13 Componentes de la acomodación

3.13.1. Acomodación tónica

Es aquella parte de la acomodación presente incluso en ausencia de estímulo. Se refiere al estado refractivo del ojo cuando la retroalimentación visual se ha vuelto inefectiva. Se valora normalmente en absoluta oscuridad, bajo condiciones sin contraste o con el uso de agujero estenopéico en condiciones normales de visión monocular. Está directamente relacionada con la miopía nocturna o la miopía de campo oscuro (miopía espacial). Representa el estado de reposo de la acomodación y es consecuencia del tono del músculo ciliar.

3.13.2 Acomodación refleja

Es el componente más importante, es una respuesta involuntaria, se refiere al ajuste automático del estado refractivo del ojo en respuesta a la borrosidad, lo cual probablemente provoca cambios en el gradiente de contrastes de la imagen retinal. La acomodación refleja es sensible a cantidades menores de borrosidad, hasta 2 dioptrías. aprox. ópticamente está condicionada por la

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

profundidad de foco ocular. La acomodación refleja representa la mayor parte de la acomodación que se modifica según las características del estímulo.

3.13.3 Acomodación proximal

Es provocada por la sensación o mediante el conocimiento de la proximidad de un objeto. Normalmente se mide bajo condiciones especiales, libres de emborronamiento, en las cuales un individuo se da cuenta de la proximidad de un objeto y de los alrededores cercanos. Aunque la imagen del test se encuentre enfocada en el infinito óptico, el hecho psicológico de saber que en realidad el objeto está cercano provoca una respuesta acomodativa refleja que varía de uno a otro individuo.

La miopía instrumental es una manifestación de la acomodación proximal. Se produce generalmente al utilizar instrumentos como el microscopio, el telescopio, etc. También puede ser evocada hasta cierto punto mediante imágenes mentales.

3.13.4 Acomodación de vergencia

Debido a la conexión neural de la vergencia fusional con el sistema acomodativo, todos los movimientos de vergencia están acompañados por el correspondiente cambio acomodativo, la magnitud del cambio depende de la relación convergencia acomodativa-acomodación o AC/A del individuo. Por lo tanto la acomodación de vergencia se refiere a la cantidad de acomodación producida por el acto de vergencia, siendo este último estimulado por la disparidad retinal. Esta relación representa la cantidad de acomodación estimulada por dioptría prismática que se aumenta el estímulo de convergencia. Se determina provocando, mediante prismas, una variación en la convergencia y comprobando por retinoscopia de visión próxima como esta afecta a la acomodación.

3.13.5 Acomodación voluntaria

Es independiente de cualquier estímulo. La mayoría de las personas no poseen la capacidad de modificar la respuesta acomodativa de forma voluntaria sin entrenamiento previo. Aunque es fácilmente entrenable, algunos autores creen que se trata más bien de la manifestación de la tríada proximal.

3.14 Aspectos a evaluar en la acomodación.

Para una correcta valoración de la función acomodativa y en su caso, detectar disfunciones en esta área, se requiere valorar diferentes aspectos, tales como la amplitud de acomodación, la flexibilidad de acomodación y la respuesta o *retraso de la acomodación*, puesto que no existe un único examen diagnóstico.

3.14.1 Amplitud de Acomodación

La medida en que el ojo puede alterar su refracción es máxima durante la niñez y disminuye lentamente hasta perderse en la edad mediana.

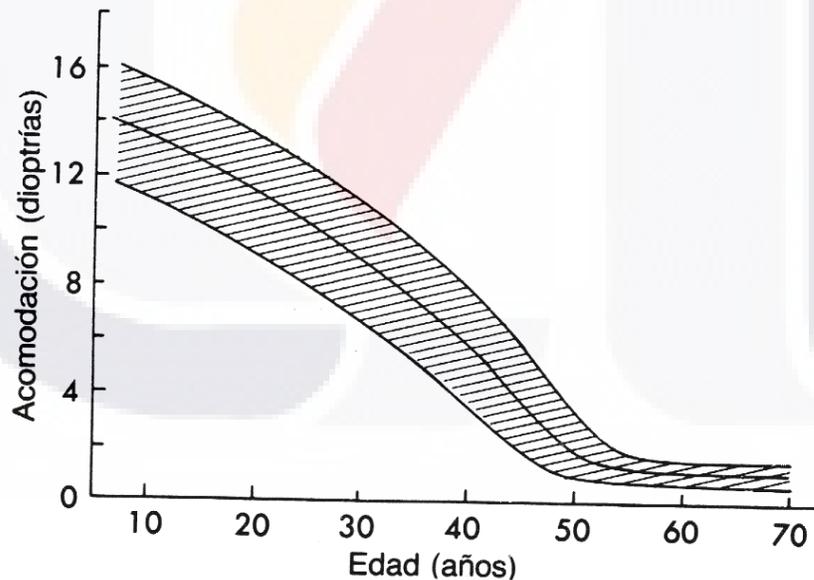


Fig. 2.7 Amplitud de acomodación en función de la edad. (tomado de Duane, A. : Arch Ophthalmol. 54: 568, 1925)

La evaluación de la amplitud de acomodación determina la capacidad máxima de acomodación para mantener la imagen nítida de un objeto. Se evalúa de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

forma monocular, puesto que una valoración binocular deja de ser diagnóstica de la función acomodativa por la influencia de la convergencia.

El método de Donders o de aproximación consiste en acercar al paciente un optotipo, de su máxima agudeza visual, hasta que indique ver borroso. La distancia que separa el test del plano de las gafas, o del plano corneal si no utiliza gafas, convertido en dioptrías, es el valor de la amplitud de acomodación.

El método de Sheard o de las lentes negativas consiste en añadir lentes negativas mientras el paciente observa un test de su máxima agudeza visual situado a 40 cm., hasta que indica ver borrosas las letras. El valor de las lentes negativas añadidas más el valor de la cantidad de acomodación estimulada, 2.50 dioptrías, representa el valor de la amplitud de acomodación.

Los resultados obtenidos tanto con el método de Donders como el de Sheard se comparan con las tablas de normalidad, propias de cada método, que proporcionan la amplitud de acomodación que debe tener un paciente en función de su edad.

La *técnica modificada de retinoscopia dinámica* es la única prueba clínica objetiva que existe para valorar la capacidad de acomodación. Consiste en acercar un optotipo de letras (pegado al retinoscopio) al paciente mientras el examinador observa el reflejo retinoscópico. Cuando el reflejo retinoscópico varía de forma brusca, momento en el que el reflejo retinoscópico parece el de una elevada ametropía por haberse relajado totalmente la acomodación, indica el límite de la amplitud de acomodación. La distancia desde el retinoscopio al plano de las gafas o al plano corneal del paciente, transformada en dioptrías, indica la amplitud de acomodación.

No existen tablas de normalidad para la amplitud de acomodación determinada por retinoscopia dinámica. Estudios realizados al respecto sugieren que los valores determinados dependen en gran medida de la subjetividad del observador al interpretar el momento del cambio del reflejo retinoscópico.

Cualquier método seleccionado para determinar la amplitud de acomodación se realiza con la refracción de visión lejana, para asegurar que un error refractivo no está enmascarando los resultados y poder determinar de forma precisa toda

la capacidad de acomodación del paciente. En el caso de que el individuo utilice una adición se debe restar este valor al resultado de la amplitud de acomodación.

La amplitud de acomodación depende en cierta medida de otros factores, como la iluminación del fondo sobre el cual se observa el objeto de la prueba. A medida que disminuye el nivel de iluminación, disminuye también la amplitud de la acomodación (Alpern, 1958). Esto no está en modo alguno relacionado con los cambios en la proporción convergencia acomodativa/acomodación (CA/A), que no sufre modificaciones significativas con la disminución de la iluminación retiniana (Alpern, 1960).

3.14.1.1 Presbicia

La amplitud de acomodación disminuye gradualmente con la edad. A la edad de 8 años el poder dióptrico del ojo puede ser elevado por la acomodación en aproximadamente 14 D.; a la edad de 20 años éste ha disminuido a 11 D.; a los 30 años desciende a 9 D. y a los 50 años es inferior a 2 D. El punto más cercano al que el ojo puede acomodar de modo que pueda formarse una imagen nítida sobre la retina es denominado punto próximo de acomodación. Si el ojo es emétrepe o se produce artificialmente su emetropía por medio de lentes correctivo adecuados, el punto próximo de acomodación variará con la edad de la persona. Razón por la cual se estimó un criterio de exclusión para las personas mayores de 38 años en este estudio. El PPA está más cercano al ojo en las personas jóvenes y retrocede gradualmente hasta aproximadamente la edad de 40 años en que se produce un retroceso mucho más rápido. La pérdida del poder de acomodación con el retroceso del punto próximo de acomodación continua hasta aproximadamente la edad de 60 años, época en la cual se ha perdido la acomodación en forma completa.

3.14.2 Flexibilidad de acomodación

La flexibilidad acomodativa se valora mediante una prueba cualitativa que permite valorar la habilidad que tiene el sistema visual para realizar

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

cambios dióptricos bruscos de forma precisa y cómoda. Es decir, se valora la capacidad visual para variar de forma brusca la acomodación, enfocando rápidamente objetos a distintas distancias.

El examen de la flexibilidad de acomodación se realiza tanto en visión lejana como próxima y de forma mono y binocular. En el examen en visión lejana se utilizan unas lentes de -2.00 dioptrías. Mientras el paciente observa un optotipo se le antepone una lente de -2.00 dioptrías, indicándole que avise cuando perciba nuevamente la imagen nítida; a continuación se retira la lente. Repetir el proceso durante un minuto. El resultado se cuantifica en ciclos por minuto, determinando el número de fijaciones que el paciente es capaz de realizar en un tiempo limitado de un minuto; cada dos fijaciones se considera un ciclo. Para el examen en VP se utilizan unas lentes de +2.00 D. Y -2.00 D. El procedimiento es similar al descrito para lejos, alternando la lente positiva y la negativa.

3.14.3 Respuesta acomodativa.

La respuesta acomodativa, como indica su nombre, es la respuesta dióptrica del sistema acomodativo ocular en relación al estímulo dióptrico acomodativo demandado. Así pues, un retraso acomodativo o "Lag" consiste en una escasa respuesta acomodativa en relación a ese estímulo, es decir, el sistema acomodativo enfoca menos de lo que realmente debería y un exceso acomodativo o "Lead" sería una respuesta dióptrica excesiva en relación al estímulo de acomodación, o lo que es lo mismo, el sistema acomoda más de lo que le corresponde.

Se define como la diferencia entre el estímulo acomodativo y la respuesta acomodativa. Principalmente es debido a la miosis inducida al enfocar en visión próxima que permite una mayor profundidad de foco. Manifiesta el grado de libertad que existe entre convergencia y acomodación en visión próxima. Se ha comprobado que la respuesta acomodativa es menor que el estímulo, del orden de 0.50 D. a 0.75 D. (Rouse et al), en pacientes no presbítas. Es decir, cuando se observa un objeto (texto) en visión próxima que induce un determinado

estímulo acomodativo, nuestro sistema visual responde con una cantidad menor de acomodación, indicando una condición relajada y normal de la acomodación. Clínicamente indica el comportamiento acomodativo del sistema visual de cerca y permite determinar la aceptación de lentes positivas por parte del paciente.

Para su determinación existen métodos objetivos y subjetivos. Los métodos objetivos se basan en la retinoscopia dinámica en visión próxima; los más ampliamente utilizados son las técnicas que estaremos comparando en este proyecto: MEM, retinoscopia de Nott, retinoscopia de Bell y retinoscopia de Cross. Todas ellas se basan en la observación del reflejo retinoscópico de un paciente que fija su atención a un texto o letras que se encuentran a 40 cms. Si con el retinoscopio también situado a 40 cm., y utilizando un espejo plano, se observa movimiento directo, ello indica que la respuesta acomodativa es inferior a 2.50 D. (presencia de retraso). Si por el contrario se observa movimiento inverso, ello indica que existe una hiperacomodación del sistema visual, característicos en casos de exceso de acomodación. Cuando se observa un punto neutro, se detecta una respuesta igual al estímulo, respuesta no deseada que muestra una excesiva rigidez del sistema visual. La cuantificación del retardo acomodativo está en función del método que se utilice.

En condiciones normales, la profundidad de foco hace que la respuesta normal de un individuo a la estimulación acomodativa sea menor que la que demanda la posición del estímulo, siendo conveniente realizar este test bajo condiciones binoculares, aunque a veces los resultados con el sistema fusional anulado ayudan al diagnóstico.

3.14.3.1 Medición de la respuesta acomodativa

La medida de la respuesta acomodativa puede realizarse mediante diferentes técnicas objetivas y subjetivas, obteniéndose diferentes resultados. La retinoscopia dinámica es la medida objetiva de la respuesta acomodativa que más a menudo se utiliza en la práctica optométrica. De manera general, el principio de la retinoscopia dinámica consiste en la neutralización del reflejo observado en la pupila del ojo examinado cuando el estímulo cercano es

conjugado con la retina y coincide con el plano del retinoscopio. De esta manera, se determina si existe un retraso (LAG) o adelanto (LEAD) acomodativo en relación al estímulo enfocado, que en la mayoría de los casos está situado sobre o a un lado del retinoscopio.

Cuando existe un retraso acomodativo se observa un movimiento directo del reflejo y eso significa que el punto de enfoque del paciente se halla detrás del plano del estímulo. Un movimiento inverso indica un adelanto, es decir, una respuesta excesiva en la acomodación, en el cual el punto de enfoque del sujeto está por delante del estímulo.

La evaluación de la respuesta acomodativa es importante para confirmar la sospecha de problemas acomodativos o de las vergencias. Debido a que la respuesta acomodativa está ligada a la función de las vergencias, muchas veces, un paciente con una insuficiencia de vergencias suple esta deficiencia con la vergencia acomodativa. También nos da información sobre la hipo o hipercorrección refractiva de un paciente.

- Un “lag” mayor de lo normal puede ser indicativo de una insuficiencia acomodativa, presbicia, endoforia significativa, o de una hipocorrección en positivos o hipercorrección en negativos en uno de los ojos.
- Por otro lado, a veces, la postura acomodativa es mayor que el estímulo, denominándose en este caso “lead” de acomodación, dando valores de la respuesta acomodativa disminuidos, pudiendo ser esto indicativo de un espasmo acomodativo, exoforia significativa, o una hipercorrección en positivos o una hipocorrección en negativos.

La respuesta o postura acomodativa se puede determinar por diferentes técnicas, objetivas tales como el método Cross, retinoscopia de Bell, retinoscopia de Nott y el método de estimación monocular (MEM) entre otras; y técnicas subjetivas como los cilindros cruzados fusionados y la cuerda de Brock.

A pesar de ser métodos muy generalizados en su uso, no existe un acuerdo en la consideración de la técnica más adecuada. Rosenfield et al. sugieren la técnica Nott como el método óptimo para la medida de la respuesta

acomodativa. Cacho et al. en sujetos sin anomalías generales binoculares, también sugieren la técnica Nott como la mejor opción, al considerar que las lentes suplementarias usadas en MEM podrían contaminar el resultado de la medida, dando resultados más positivos. García & Cacho realizan otro estudio comparativo en sujetos con anomalías generales binoculares, y concluyen que aunque se ha demostrado que ambas técnicas están estrechamente relacionadas, al estudiar los límites de concordancia de ambas técnicas la técnica Nott sigue siendo la más recomendada. Más recientemente McClelland & Saunders han confirmado la validez del método Nott al comparar sus resultados con los de otra técnica objetiva automatizada (Autorefractor).

La importancia de su medida radica en su estrecha relación con la función acomodativa y binocular, así como con el origen y progresión del error refractivo miópico, respecto a los cuales, varios investigadores han propuesto que un desequilibrio del sistema nervioso autónomo (simpático y parasimpático) que puede dar lugar a respuestas de acomodación anómalas durante o después de un trabajo prolongado de cerca. Así pues, un lag acomodativo relativamente grande ($>1,00D$) es un desenfoque continuo sobre retina relacionado con una inexacta acomodación y a pesar de usar la profundidad de foco del ojo, el enfoque no se consigue exactamente sobre la retina y bajo estas condiciones, la miopía podría representar una adaptación fisiológica a este desenfoque, es decir, la nitidez de la imagen podría conseguirse por un incremento en la longitud axial. Recientemente Mutti et al. en una población de 1107 escolares, observaron que probablemente el Lag acomodativo no es una posible causa o factor de predicción del comienzo de la miopía, sino más bien una consecuencia de la misma. Por el contrario, un exceso acomodativo prolongado en el tiempo puede dar lugar a un espasmo acomodativo, que se traduce en una visión borrosa temporal de lejos (miopía funcional) o hacerse permanente en el tiempo y convertirse en miopía estructural. Como indican Drexler et al., durante la acomodación, el músculo ciliar se contrae y arrastra a la coroides hacia delante y hacia dentro, disminuyendo por tanto la circunferencia de la esclera a la vez que se incrementa la longitud axial.

3.14.3.2 Valores de referencia de respuesta acomodativa

Han sido numerosos los trabajos que aportan valores de normalidad de la respuesta acomodativa en niños utilizando diferentes metodologías, tanto retinoscopia dinámica MEM, retinoscopia dinámica Nott o métodos automatizados. Ellos se reflejan en la tabla 2.1. A pesar de la diferente metodología utilizada, así como del intervalo de edad y número de individuos estudiados, la mayoría de los trabajos coinciden en la no existencia de diferencias significativas en el valor de la respuesta acomodativa respecto a la edad. Rouse et al., usando la retinoscopia dinámica MEM en escolares de 4-12 años de edad, encontraron que la mayoría de los niños mostraban un retraso o lag acomodativo, y señalaron que un valor de lag entre 0 y +0.75 D puede ser normal, puesto que la profundidad de foco del ojo tiende a compensarlo. Jackson & Goss mediante retinoscopia MEM también encuentran como normal la presencia de un Lag acomodativo en niños de 8 a 15 años de edad, al igual que Jiménez et al. sobre una gran población escolar no clínica (1045 niños), que obtiene un valor medio de retraso acomodativo de +0.39 D, valor situado entre los valores esperados como normales (+0.25 y +0.50) dados por Scheiman & Wick. Usando retinoscopia modificada Nott, Leat & Gargon en una población no exclusivamente pediátrica (3-35 años) estudiaron la respuesta acomodativa sobre una variedad de estímulos acomodativos, y observaron que la tendencia general entre la edad de 3-10 años es que la respuesta acomodativa sea al menos 0.50 D y en sujetos mayores de 10 años se muestra retraso acomodativo que se incrementa con la demanda del estímulo acomodativo. McClelland & Saunders, con esta misma técnica, obtuvieron en 128 niños un valor medio de retraso acomodativo de +0.30 D para un estímulo acomodativo situado a 25 cm, el cual se incrementa significativamente también con la demanda del estímulo acomodativo, pero no con la edad. Utilizando métodos objetivos automatizados como autorrefractores, Gwiazda et al. obtuvieron un retraso acomodativo para niños emétopes de 5-17 años de edad, aunque no se describe en su trabajo si hubo diferencias significativas respecto a la edad. Chen & ÓLeary utilizando esta técnica, obtienen resultados muy

similares, concluyendo que no existe diferencia en el valor de la respuesta acomodativa.

Tabla 2.1 Valores normales de respuesta acomodativa según diferentes autores (N= número de sujetos; D= Dioptrías)

	N	Edad	Método	Media±SD (cpm)
Rouse et al. (1984)	721	4-12	MEM 35 cm	OD 0.33 OI 0.35
Jackson & Goss (1991)	244	7.9-15.9	MEM 40 cm	0.23±0.29
Leat & Gargon (1996)	55	3-35	Nott modificada	0.30±0.80
Chen & ÓLeary (2002)	118	3-14	Autorefractor	Estable con la edad Media
Jiménez et al (2003)	1045	6-12	MEM 40 cm	0.39±0.45
McClelland & Saunders (2004)	128	4-15	Nott modificada	0.30±0.39

Una respuesta acomodativa anómala ha sido considerada como uno de las principales causas que podrían explicar la tendencia miópica de las generaciones más jóvenes, sujetas a elevados niveles de estrés visual durante la escolarización y vida laboral. Un hecho que prueba también la asociación de la progresión de la miopía con el estrés visual en visión próxima es la mayor prevalencia de la miopía en poblaciones urbanas en relación a poblaciones rurales, en sociedades civilizadas frente a poblaciones indígenas o en ciertos colectivos ocupacionales. De hecho, diversas investigaciones han confirmado que durante la acomodación, el ojo sufre un cierto grado de compresión en su diámetro ecuatorial, produciendo un crecimiento posterior de la cámara vítrea. Algunos autores consideran al retraso acomodativo como un precursor de la progresión de la miopía. No obstante, los resultados más recientes apuntan a que el retraso acomodativo es una consecuencia más que una causa de la aparición de la miopía en los niños.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



4. METODOLOGÍA

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

4. METODOLOGIA

4.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y de corte longitudinal de tipo prospectivo durante un periodo de 6 meses.

4.2 Lugar

La revisión se llevo a cabo en el Centro de Optometría Integral (Calle Arista 830, Col. Moderna, Ciudad de San Luís Potosí, S. L. P., México.)

4.3 Población de estudio

Habitantes de la ciudad de San Luís Potosí, S. L. P. y lugares aledaños que acudan al servicio de optometría.

4.4 Muestra de estudio

Se revisaron 53 individuos (106 ojos) jóvenes que acudieron a consulta privada (muestreo no probabilístico).

4.5 Periodo de Inclusión

El periodo de inclusión fue del 07 de marzo al 10 de octubre del 2008.

4.6 Criterios de inclusión

- Individuos mayores de 5 años y menores de 39 años de edad
- Individuos ambos sexos.
- Sin antecedentes quirúrgicos oculares.
- Sin estrabismo.
- Sin ambliopía.
- Sin patologías sistémicas u oculares presentes.
- Sin medicación reciente.

4.7 Criterios de exclusión

- Individuos menores de 5 años y mayores de 38 años
- Con antecedentes quirúrgicos oculares
- Con Estrabismo.
- Con ambliopía.
- Con patologías sistémicas u oculares presentes
- Con alteraciones neurológicas o mentales presentes
- Con medicación al momento de la evaluación.

4.8 Criterios de eliminación

- No cumplir con las dos revisiones necesarias.
- Presentar alguna patología o enfermedad sistémica después de la primera revisión y antes de la segunda.
- Haber tomado algún fármaco entre revisiones.

4.9 Material

Los medios utilizados para la realización de la investigación fueron:

- Foroptor American Optical Master
- Regla métrica (Prentice) de lectura (montable al foroptor).
- Retinoscopio de franja con espejo plano Welch Allyn Mod. 3.5V
- Cartillas de lectura para MEM adosables a retinoscopio.
- Cartilla de lectura para retinoscopia de Nott con letras de agudeza visual 20/20.
- Cartilla de lectura para retinoscopia de Cross con letras de agudeza visual 20/20.
- Caja de prueba con lentes de plástico
- Armazón de prueba marca Topcon.

4.10 Mediciones

Se realizaron 2 revisiones con una separación en tiempo de por lo menos de un día entre una misma prueba. Todas las revisiones se realizaron por el

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sustentante al grado en un mismo gabinete, con las mismas condiciones físicas y de iluminación y con el mismo instrumental anteriormente descrito. Los datos de las evaluaciones se registraron en la hoja de recolección elaborada exclusivamente para cada participante en esta investigación (ver anexo No. 3).

4.10.1 Mediciones en la primera revisión

Se realizó anamnesis, examen visual y ocular cotidiano para cada paciente que incluye la toma de agudeza visual (AV) tanto de lejos como de cerca sin compensación óptica. Se determinó la retinoscopia estática objetiva y subjetiva, la cual se tomó como punto inicial para realizar las 4 diferentes técnicas de retinoscopia dinámica. Se practicó la prueba de cover test para descartar desviaciones manifiestas y se valoró la salud del segmento anterior con el biomicroscopio y el segmento posterior con oftalmoscopia directa. Se informó sobre el estudio y se firmaron las cartas de consentimiento y autorización (ver anexos).

Se procedió con la aplicación de las cuatro técnicas de retinoscopia dinámica tal y como se describen en el capítulo 3.8.2, comenzando con la prueba MEM seguida por la retinoscopia de Nott, Bell y Cross consecutivamente. Se evaluó el OD en primer lugar y después el OI en cada una de las pruebas.

4.10.2 Mediciones en la segunda revisión

Para la segunda revisión se entrevistó al paciente buscando nuevamente condiciones que pudieran descartar su participación en el estudio, tales como sintomatología patológica y posible medicación reciente. Se valoró la salud ocular de segmento anterior y posterior y se procedió con la aplicación de las cuatro técnicas de retinoscopia dinámica en el mismo orden en que se evaluaron en la primera revisión completando la hoja de recolección de datos para su análisis posterior.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

4.11 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con Microsoft Office Excel 2007. Se utilizó el método de análisis de varianza clásica (ANOVA) para comparar los promedios de las diferencias de las mediciones entre las 4 diferentes técnicas y la prueba t de Student para una diferencia de medias entre 2 técnicas (seis combinaciones).





5. RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 Estadísticas descriptivas de los sujetos de estudio

La muestra de este estudio presentó al momento de realizada la investigación las siguientes características:

La edad promedio de los evaluados en el Centro de Optometría Integral de la ciudad de San Luis Potosí es de alrededor de los 15 años, con una Desviación Estándar de 10 años. El paciente evaluado de menor edad fue de 6 años y el de mayor edad fue de 37 años.

En la tabla 5-1 se muestra las estadísticas descriptivas de la variable EDAD de los pacientes evaluados en este estudio: mínima, máxima, media y desviación estándar.

Tabla 5.1 Estadística descriptiva de la variable EDAD.

EDAD	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIA	DESVIACIÓN
FEMENINO	6	37	13.35	9.37
MASCULINO	7	36	17.42	10.53
TOTAL	6	37	14.81	9.90

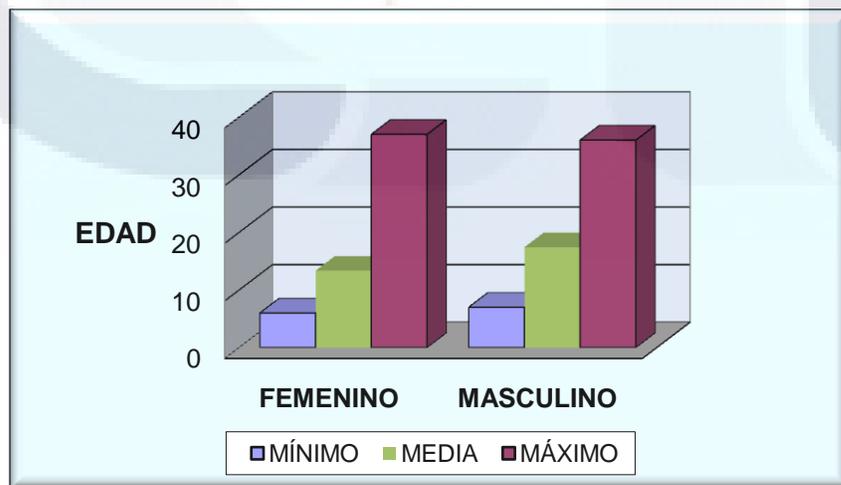
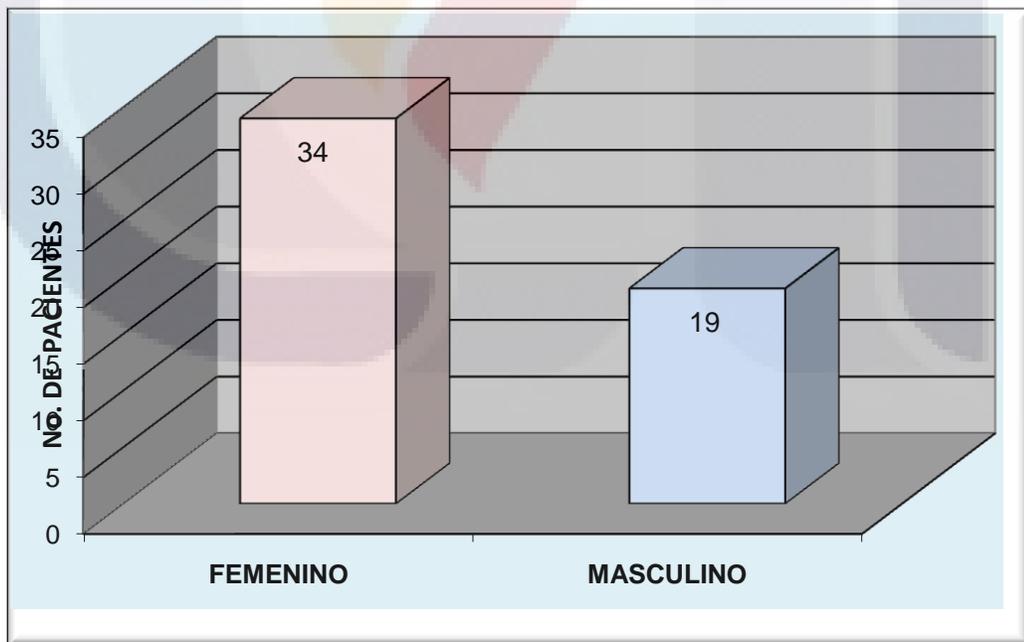


Figura 5.1 Distribución según la Edad

Se revisaron sesenta y seis pacientes (132 ojos) pacientes que acudieron al Centro de Optometría Integral de la ciudad capital de San Luis Potosí. Se eliminó a 13 participantes por no cumplir con las 2 revisiones necesarias para el estudio, quedando una muestra de 53 participantes voluntarios (106 ojos) en la investigación. 34 femeninos (64%) y 19 masculinos (36%).

Tabla 5.2 Tabla de frecuencia de la variable sexo.

SEXO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
FEMENINO	34	64.15%
MASCULINO	19	35.85%
TOTAL	53	100.00%



Grafica 5.2 Distribución según el género.

En cuanto al diagnóstico refractivo, el 34% de los ojos revisados fueron emétopes, 31% con miopía, 16% con hipermetropía, 11% con astigmatismo miópico, 6 % con astigmatismo hipermetrópico y 2% con astigmatismo mixto.

Tabla 5.3 Tabla de frecuencia del diagnóstico refractivo de la muestra

DIAGNÓSTICO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ASTIGMATISMO MIXTO	2	1.89%
ASTIGMATISMO HIPERMETROPICO	6	5.66%
ASTIGMATISMO MIOPICO	12	11.32%
HIPERMETROPIA	17	16.04%
MIOPIA	33	31.13%
EMETROPIA	36	33.96%
TOTAL	106	100.00%

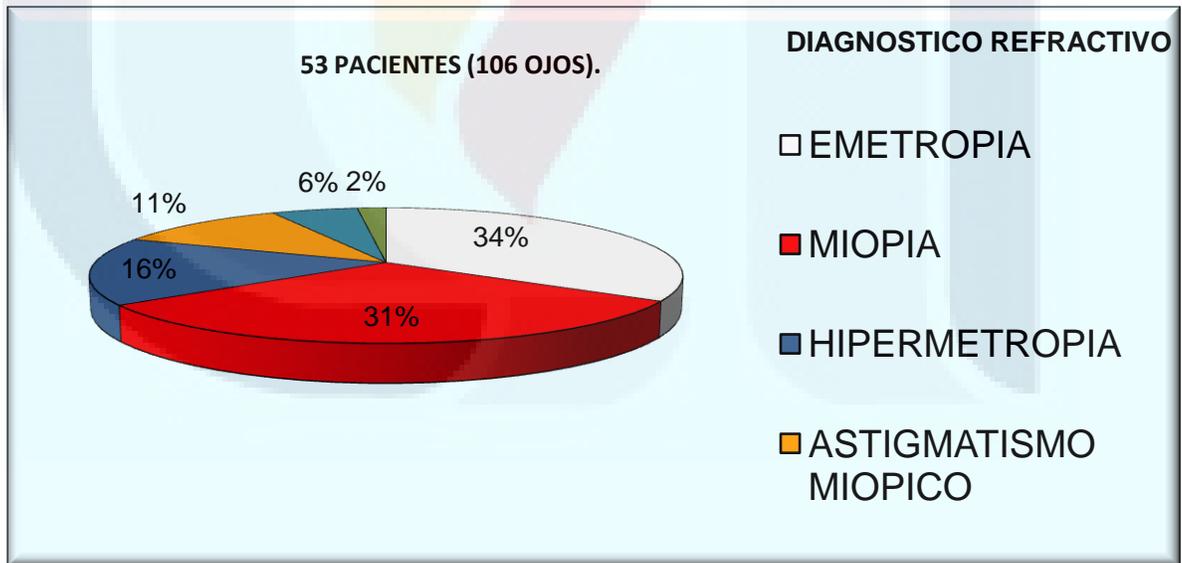


Fig. 5.3 Porcentaje de ojos revisados según el diagnóstico refractivo

Tabla 5.4 Frecuencia del diagnostico refractivo respecto al ojo examinado

OJO	ASTIGMATISMO HIPERMETROPICO	ASTIGMATISMO MIOPICO	ASTIGMATISMO MIXTO	EMETROP IA	HIPERMETRO PIA	MIOPI A
DERECH O	3	6	1	20	6	17
IZQUIER DO	3	6	1	16	11	16
TOTAL	6	12	2	36	17	33

Tabla 5.5 Frecuencia del diagnostico refractivo respecto al género.

DIAGNÓSTICO	ASTIGMATISMO MIXTO	ASTIGMATISMO HIPERMETROPICO	ASTIGMATISMO MIOPICO	HIPERMETROPIA	MIOPIA	EMETROPIA
FEMENINO	2	2	8	9	17	30
MASCULINO	0	4	4	8	16	6
TOTAL	2	6	12	17	33	36

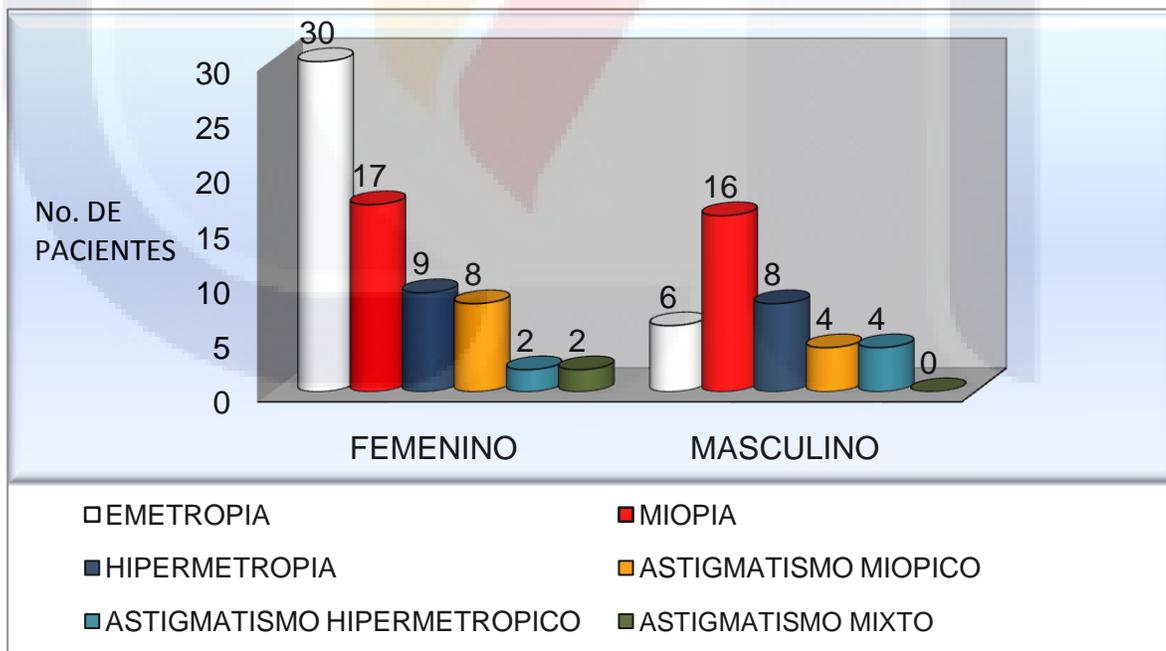


Fig. 5.4 Distribución del diagnóstico refractivo según el género.

5.2 Análisis descriptivo de los datos

En la tabla 5.6 se muestra las estadísticas descriptivas de los resultados de cada una de las técnicas aplicadas en este estudio: mínimo, máximo, media, moda, mediana y desviación estándar.

Tabla 5.6 Estadísticas descriptivas de los datos obtenidos en las técnicas de retinoscopia dinámica.

TECNICA	No.	MINIMO	MAXIMO	MEDIA	MODA	MEDIANA	D.E.	ERROR ESTANDAR
MEM	212	-0.75	1.5	0.7016	0.75	0.75	0.38602312	0.0265
NOTT	212	-0.5	1.5	0.8030	0.75	0.75	0.36649038	0.0251
BELL	212	-0.25	1.5	0.8773	1	1	0.34118084	0.0234
CROSS	212	-0.25	1.75	0.9316	1	1	0.38489399	0.0264

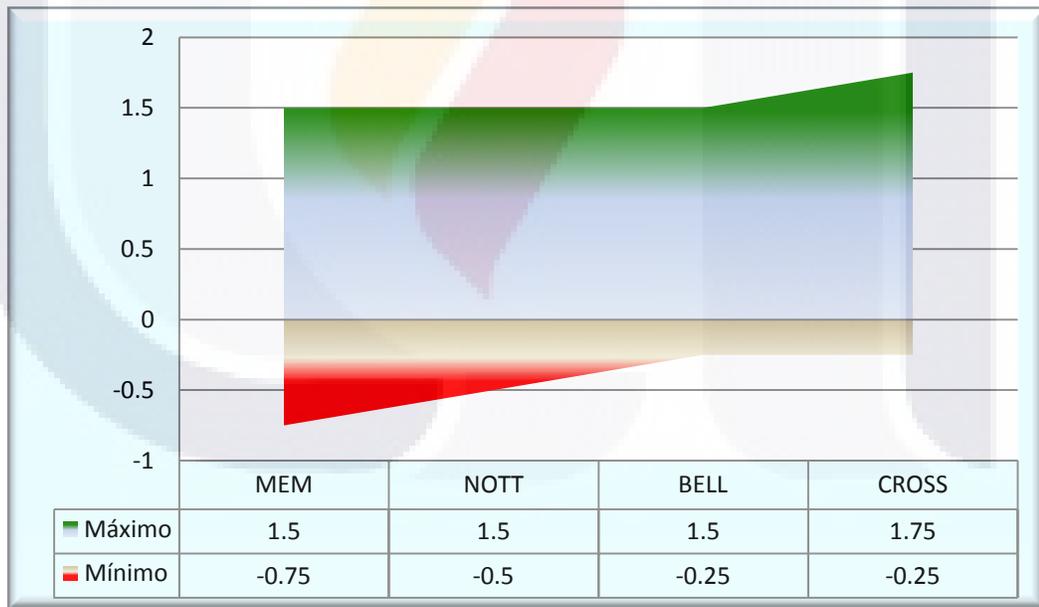


Fig. 5.5 Rango de la mediciones en las diferentes técnicas

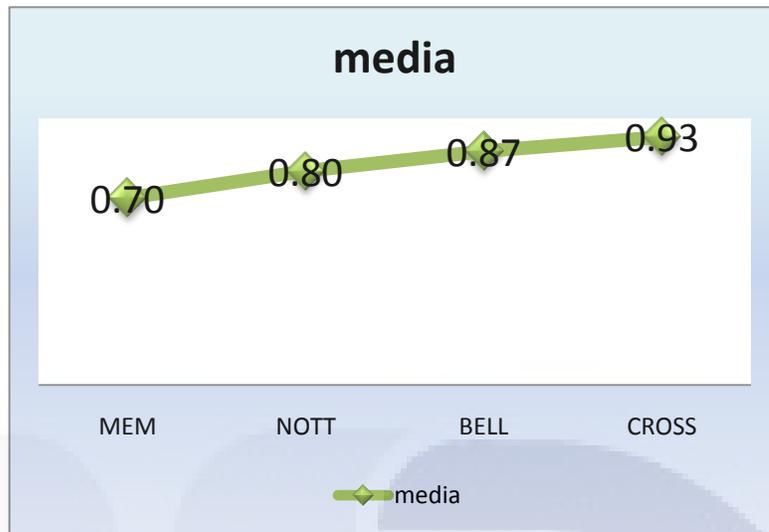


Fig. 5.6 Media de los resultados para cada técnica.

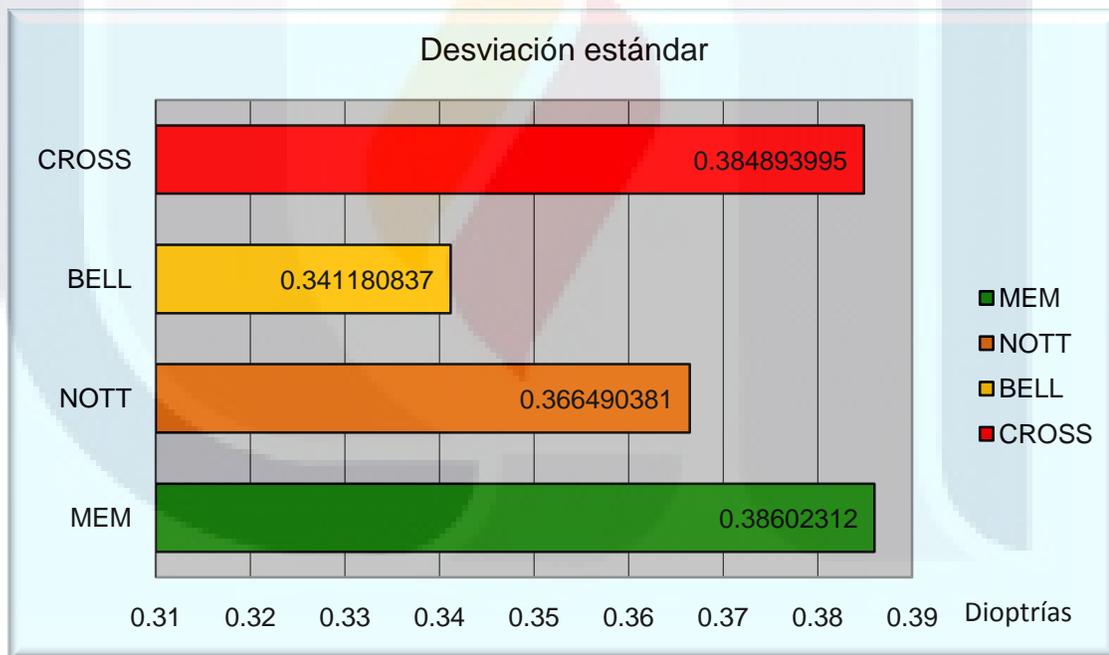


Fig. 5.7 Desviación estandar de los resultados para cada técnica

5.3 Estadística inferencial.

Con el fin de confirmar o descartar la hipótesis planteada de esta investigación se establece que:

H₀ (Hipótesis Nula): los promedios de los valores absolutos de las diferencias de las mediciones de dioptrías usando diferentes técnicas son **iguales** independientemente de la técnica utilizada.

H_a (Hipótesis Alternativa): los promedios de los valores absolutos de las diferencias de las mediciones de dioptrías usando diferentes técnicas son **diferentes** dependiendo de la técnica que se utilice.

5.3.1 Análisis de varianza (ANOVA).

Cuando queremos hacer la comparación de dos promedios, usamos una prueba t de Student para diferencia de medias, pero si lo que tenemos más de dos valores nominales (cuatro este caso, BELL , MEM , CROSS Y NOTT), lo que tenemos que hacer es una prueba de Análisis de varianza el cual tiene una distribución de tipo "F" (distribución F de Snedecor).

El primer paso es ordenar los datos de acuerdo al valor nominal que le corresponde para así obtener:

- El número de datos, el promedio y la desviación estándar de cada uno de los valores nominales.

De la tabla 5.7 obtenemos cuatro valores nominales que toma la variable VALOR, estos cuatro valores son: BELL, MEM, CROSS y NOTT.

El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos (en este caso 4 conjuntos de datos). El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un

grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones.

La tabla 5.7 nos muestra los resultados del análisis de varianza donde se comparan los promedios del valor absoluto de los incrementos de las mediciones (Valor absoluto de la diferencia entre la medición de la fecha posterior menos la medición de la fecha inicial) para las diferentes técnicas.

Tabla 5.7 Análisis de varianza (ANOVA) para las diferentes técnicas de retinoscopia.

2				COMBINACIONES 6	VALORES 4				
g.l. 1	g.l. 2	Alfa (α)	I. C. crit	var num	var nom	F	I. C.		
3	420	6.52973E-10	0.999999999	Abs Incremento	Técnica	16.07751333	95%	valido	

Siendo:

g.l.= grados de libertad, por “*grados de libertad*” entendemos el número efectivo de observaciones que contribuyen a la suma de cuadrados en un ANOVA, es decir, el número total de observaciones menos el número de datos que sean combinación lineal de otros.

var num = (variable numérica) valor absoluto de la diferencia entre la medición de la fecha posterior menos la medición de la fecha inicial.

var nom = (variable nominal) técnica de retinoscopia dinámica, Bell, MEM, Cross y Nott.

F= valor para la prueba F, el análisis de varianza lleva a la realización de pruebas de significación estadística, usando la denominada distribución F de Snedecor.

Tomados por pares, de los cuatro valores tenemos 6 combinaciones (tabla 5.8).

Tabla 5.8 Combinaciones de técnicas por pares.

BELL	NOTT
MEM	NOTT
CROSS	NOTT
BELL	CROSS
CROSS	MEM
BELL	MEM

La prueba del análisis de varianza nos dio los siguientes valores

Grados de libertad 1 = 3

Grados de libertad 2 = 420

F = 16.07751333

Con los valores anteriores de la distribución “F”, encontramos un valor de alfa

$\alpha = 6.52973E-10$, esto es:

$\alpha = 6.52973 \times 10^{-10}$ ó $\alpha = \mathbf{0.000000000652973}$

El significado de alfa (α) y su interpretación:

El método de análisis de varianza para comparación de promedios parte del supuesto inicial de que no existe diferencia entre los promedios y que los resultados de la muestra son producto exclusivamente del azar.

A este supuesto inicial se le conoce como la hipótesis nula y se le designa con H_0 .

Dada esta suposición el valor de α es la probabilidad de que se obtenga una muestra como la que se obtuvo sin que exista al menos una diferencia entre los promedios, si el valor de α es muy pequeño, entonces tenemos dos opciones:

1.- Se obtuvo una muestra muy extraña y con escasas probabilidades de ocurrir.

2.- La hipótesis nula (H_0) de que no hay diferencia entre los promedios es falsa siendo que los valores observados ocurrieron no por azar sino porque existe al menos una pareja de valores nominales cuyos promedios son diferentes, a esta opción se le conoce como la hipótesis alternativa y se le denomina H_a .

Si el valor de α es muy pequeño, se opta por la segunda opción pues es una explicación más plausible que las variables estén correlacionadas a que haya ocurrido un hecho rarísimo.

Para nuestro ejemplo tenemos que:

$$\alpha = 0.000000000652973$$

Esto significa que la probabilidad sería mucho menor del 1% para que ocurra una muestra como la que se obtuvo.

También tenemos lo que es el nivel de significancia o intervalo de confianza (I.C).

$$\text{I.C.} = 1 - \alpha$$

$$\text{I.C.} = 1 - 0.000000000652973$$

$$\text{I.C.} = 0.999999999347027$$

$$\text{I.C.} = 99.99 \%$$

Tenemos entonces para nuestro análisis dos opciones.

1.-) Los resultados de esta muestra son producto exclusivamente del azar y ocurrió algo que ocurre raramente (hipótesis nula H_0).

2.-) No ha ocurrido un hecho extraño con pocas posibilidades de ocurrencia sino que ha ocurrido un hecho común donde existe al menos una pareja de valores nominales cuyos promedios son diferentes (hipótesis alternativa H_a).

¿Cuál es la opción que tomaríamos para este caso?

Se tiene un criterio que es enteramente convencional pues no existe ninguna razón matemática para validarlo; de que con valores de α menores o iguales a 0.05, se opta por la hipótesis alternativa H_a , esto es que al menos una pareja de los valores nominales tienen promedios que son diferentes en tanto que para valores de α mayores de 0.05 se opta por la hipótesis nula H_0 , esto no hay ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de los valores nominales.

Una $\alpha = 0.05$ implica un nivel de significancia de o intervalo de confianza (I.C.) de:

$$\text{I.C.} = 1 - \alpha$$

$$\text{I.C.} = 1 - 0.05$$

$$\text{I.C.} = 0.95$$

$$\text{I.C.} = 95 \%$$

A este criterio se le conoce como un nivel de significancia del 95 %

Si aplicamos este criterio a nuestro ejemplo, tenemos que:

$$\alpha = 0.000000000652973$$

$$0.000000000652973 < 0.05$$

o

$$\text{I.C.} = 99.999 \%$$

$$99.999 \% > 95 \%$$

Lo que implica la hipótesis alternativa H_a estos es existe al menos una pareja de valores (técnicas) nominales cuyos promedios son diferentes.

Por lo tanto, si:

No existe ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de los valores nominales H_0 (hipótesis nula) el problema termina, pero si

consideramos la hipótesis alternativa H_a tenemos que analizar en que pareja o parejas de valores, hay una diferencia estadísticamente significativa en el promedio, en esta investigación, nuestro nivel de significancia o intervalo de confianza rebasa significativamente el criterio del 95 %.

Para analizar cada una de las parejas, se hace una prueba t de Student para comparar si existe o no diferencia entre las dos medias.

5.3.2 Variación de los resultados en las diferentes técnicas

En la tabla 5.9 podemos observar que la técnica que tuvo mayor promedio en cuanto al valor absoluto de las variaciones fue la de retinoscopia de BELL con un promedio de 0.212264151 en tanto que la que obtuvo un menor promedio fue la técnica de NOTT con un valor de 0.091981132

Tabla 5.9 Promedio de valores absolutos de variación en las diferentes técnicas.

n	D.E.	Media	Técnica
106	0.157330607	0.212264151	BELL
106	0.154830139	0.209905666	MEM
106	0.147531348	0.193396226	CROSS
424	0.154587001	0.176886792	TOTALES
106	0.125951009	0.091981132	NOTT

5.3.3 Comparación entre técnicas (Prueba t de Student).

La tabla 5.10 nos muestra el nivel de significancia o intervalo de confianza I. C. en la prueba t de Student para cada una de las combinaciones de los diferentes valores nominales (técnicas de retinoscopia dinámica).

Tabla 5.10 Nivel de significancia o intervalo de confianza para cada una de las combinaciones comparativas de las diferentes técnicas.

TECNICA	TECNICA	ALFA	I. C .	DIFERENCIA
BELL	NOTT	5.50653E-09	0.999999996	0.120283019
MEM	NOTT	3.96434E-09	0.999999994	0.117924528
CROSS	NOTT	1.95532E-07	0.999999804	0.101415094
BELL	CROSS	0.368796745	0.631203255	0.018867925
CROSS	MEM	0.427638565	0.572361435	0.016509434
BELL	MEM	0.912510979	0.087489021	0.002358491

La máxima diferencia se encuentra entre las técnicas **BELL** y **NOTT**, su valor es de 0.120283019

Para cada una de estas seis combinaciones, se realizó una prueba t de Student de diferencia de promedios, en la comparación de los promedios de las técnicas **BELL** y **NOTT** encontramos un valor de alfa = $5.50653E-09$ alfa = 0.000000005506 por lo que:

Existe diferencia ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA entre los promedios del valor absoluto de las diferencias de la medición posterior menos la medición inicial, entre las técnicas **BELL** y **NOTT**, siendo **BELL** la que tuvo una mayor promedio de variación 0.212264151, en tanto que **NOTT** tuvo un promedio de 0.091981132 (ver tabla 5.9).

Tenemos también una diferencia ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA entre las técnicas **MEM** y **NOTT**, su valor es de 0.117924528

En la comparación de los promedios de las técnicas **MEM** y **NOTT** Encontramos un valor de alfa = $3.96434E-09$ alfa = 0.000000003964 por lo que:

Existe diferencia significativa entre los promedios del valor absoluto de las diferencias de la medición posterior menos la medición inicial entre las técnicas **MEM** y **NOTT**, siendo **MEM** la que tuvo una mayor promedio de variación 0.20990566, en tanto que **NOTT** tuvo un promedio de 0.091981132

Tenemos otra diferencia ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA entre las técnicas **CROSS** y **NOTT**, su valor es de 0.101415094

En la comparación de los promedios de las técnicas **CROSS** y **NOTT** Encontramos un valor de alfa = $1.95532E-07$ alfa = 0.0000009553 por lo que:

Existe diferencia significativa entre los promedios del valor absoluto de las diferencias de la medición posterior menos la medición inicial entre las técnicas **CROSS** y **NOTT**, siendo **CROSS** la que tuvo una mayor promedio de variación 0.193396226, en tanto que **NOTT** tuvo un promedio de 0.091981132

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Para las pruebas **BELL** y **CROSS** tenemos una diferencia de **0.018867925** pero que **NO ES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA**, pues su valor de alfa es **0.368796745 (mayor que 0.05)** por lo que no podemos decir que **BELL** tuvo mayor variaciones que **CROSS**

Para las pruebas **CROSS** y **MEM** tenemos una diferencia de **0.016509434** pero que **NO ES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA**, pues su valor de alfa es **0.427638565 (mayor que 0.05)** por lo que no podemos decir que **MEM** tuvo mayor variaciones que **CROSS**

Lo mismo podemos decir para las pruebas **BELL** y **MEM** tenemos una diferencia de **0.002358491** pero que **NO ES ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA**, pues su valor de alfa es **0.912510979 (mayor que 0.05)** por lo que no podemos decir que **MEM** tuvo mayor variaciones que **CROSS**





6. DISCUSION

Existen diferentes métodos o técnicas para evaluar la respuesta acomodativa. El mecanismo de medición es diferente para cada una de las técnicas, en algunas se requiere de la introducción de lentes, en otras el movimiento del optotipo y en otras en movimiento del retinoscopio (examinador), lo cual podría estar causando una variación o inestabilidad en los resultados obtenidos en la evaluación de un mismo paciente. El presente trabajo confirma, de forma parcial, la hipótesis planteada como objetivo principal, la cual mencionaba que existe una variación considerable en la magnitud de la respuesta acomodativa a través de las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica revisadas en esta investigación, pues según los resultados solo existe una diferencia estadísticamente significativa entre algunos de los resultados de las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica estudiadas, entre ellas, todas las comparadas con la retinoscopia de Nott (MEM, Bell y Cross), la cual resultó ser la más estable en el promedio de las variaciones entre la primera y segunda medición. Por lo cual se está de acuerdo con los resultados de Rosenfield y colaboradores (Rosenfield, et al., 1996) que sugieren la técnica Nott como el método óptimo para la medida de la respuesta acomodativa. También se confirman las conclusiones de Cacho y cols. (Cacho M.P., et al., 1999) en donde sugieren la técnica de Nott como la mejor opción en su estudio comparativo entre MEM y Nott, ya que en esta investigación se encontró que el MEM es la segunda técnica con mayor variación en sus resultados y la relación MEM contra Nott es la segunda con mayor diferencia entre sus respectivos resultados. Se concuerda en que las posibles causas sea el estímulo acomodativo que puede estar ocasionando la introducción de lentes durante la realización de Método de estimación Monocular (MEM) a diferencia de la técnica de Nott en la cual no hay introducción de lentes ni movimiento del optotipo donde fija el paciente.

Aunque no hay una verdadera concordancia entre los resultados obtenidos con el MEM en el estudio de Rouse y colaboradores (Rouse et al., 1982) en donde dan validez a la técnica, los resultados de esta investigación

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sugieren que de las cuatro técnicas estudiadas la técnica de MEM es la segunda con mayor variación en sus resultados, no pudiendo descartar su validez, sino solamente mostrar su desventaja contra otras técnicas como son Nott y Cross con menor variabilidad en la medida de la respuesta acomodativa. Cabe mencionar que Rouse et al. solo utilizaron la técnica del MEM para realizar sus evaluaciones y no fue comparada con ninguna otra técnica.

Observando la tabla del promedio de variación de los resultados en las diferentes técnicas (tabla 5.9), se llega a suponer que existe una relación entre la variabilidad de los resultados y el manejo dinámico del instrumental (introducción de lentes, optotipo móvil), aunque según el reciente estudio de McClelland & Saunders (McClelland J.F., Saunders K.J., 2003) en donde comparan la técnica de Nott contra una técnica objetiva automatizada (autorefractómetro), en la cual tampoco hay introducción de lentes ni movimiento del optotipo, también se confirmó la validez de la retinoscopia de Nott al comparar sus resultados. El estudio de la correlación del instrumental con los resultados de las técnicas de retinoscopia dinámica podría ser un buen objetivo para futuras investigaciones.

Analizando cada método y observando la variación entre la primera y segunda evaluación los resultados muestran que en las técnicas de Bell, MEM y Cross hay variaciones superiores a la media de las cuatro técnicas, lo que indica que estas tres técnicas son consideradas clínicamente inestables o poco repetibles para un mismo paciente. Lo anterior se confirma al comparar las diferencias por pares de técnicas, encontrando que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas de Bell, MEM y Cross comparadas con la técnica de Nott, no sucediendo así al compararlas entre estas mismas (Bell, MEM y Cross).

En base a los resultados obtenidos en el análisis estadístico se puede sugerir que si se desea obtener resultados estables en la evaluación de la

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

respuesta acomodativa, se requiere aplicar una técnica en la que se pueda prescindir al máximo del movimiento del optotipo y de la introducción de los diferentes artefactos de instrumental como son la introducción de lentes sueltas o del foroptor entre otras, dando lugar a una medición más natural y con menor intervención del paciente.





7. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se obtienen las siguientes conclusiones:

En lo que respecta a la hipótesis de esta investigación se encontró que existe una variación estadísticamente significativa entre las diferentes técnicas de retinoscopia dinámica, por lo que se puede afirmar que dicha hipótesis ha sido apoyada.

La técnica de retinoscopia dinámica con los resultados más estables es la de retinoscopia de Nott, ya que muestra una menor variación respecto al promedio de las cuatro técnicas evaluadas (MEM, Nott, Bell y Cross).

Aunque no es posible invalidar el resultado de las técnicas de retinoscopia dinámica que se muestran menos estables en este estudio, es preciso que en la práctica optométrica, durante la evaluación de la visión binocular, acomodativa y refractiva, se lleven a cabo técnicas de fácil comprensión para el paciente, utilizando la menor cantidad de instrumentos, con la mínima manipulación de éstos y en condiciones lo más naturalmente posible, pero sobre todo, las que proporcionen los resultados más reproducibles.

Con la finalización del presente proyecto se pretende estimular al clínico y a la comunidad optométrica en general a incluir en su evaluación rutinaria la realización de la retinoscopia dinámica (de cerca), ya que si se desea brindar a los pacientes una visión eficiente y confortable, se debe considerar que entre las alteraciones de la refracción y las anomalías acomodativas existe una relación muy estrecha y que en variadas ocasiones la prescripción de la retinoscopia estática (de lejos) no es suficiente para resolver los problemas específicos para cada paciente en particular.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



ANEXOS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Anexo No. 1

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por medio de la presente se le invita a participar en el proyecto de investigación titulado:

“VARIACION EN LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA ACOMODATIVA A TRAVES DE DIFERENTES TECNICAS DE RETINOSCOPIA DINAMICA”

El objetivo del proyecto es:

Determinar el grado de variación en la magnitud de la respuesta acomodativa a través de diferentes métodos de retinoscopia dinámica.

Usted fue seleccionado porque cumple con los criterios de inclusión para el proyecto, para su participación se requiere de:

- Dos sesiones en el consultorio de evaluación con una duración aproximada de 30 minutos cada una.
- En la primera sesión se obtendrán los datos generales, se cuestionara sobre alguna posible sintomatología y antecedentes y se determinara si se requiere de corrección óptica o bien se revisará la corrección actual.
- Durante cada sesión se realizara la evaluación de la respuesta acomodativa utilizando cuatro técnicas de retinoscopia dinámica diferentes.
- Para obtener la magnitud de la respuesta acomodativa se utilizara el foroceptor (aparato de lentes), lentes sueltas y diferentes cartillas como objeto de fijación.
- La siguiente sesión será realizada por lo menos un día después de ser posible a la misma hora del día. Las mediciones serán las mismas que en la primer sesión con el fin de determinar la variación en la magnitud de la misma.
-

Su participación en este proyecto es completamente voluntaria, lo cual significa que usted no tiene que participar si no lo desea y puede abandonar el proyecto en cualquier momento si así lo decide, sin ningún problema o sanción.

Es importante mencionar que su participación no representa ningún riesgo alguno para su salud visual o general y que la información que nos proporcione y se obtenga en las evaluaciones será absolutamente confidencial.

Si tiene alguna duda o comentario en relación al proyecto favor de comunicarse con:

Lic. En Opt. Stewar Saucedo Salcedo
Centro de Optometría Integral
Tel. (444) 833-72-24
ssaucedos@prodigy.net.mx

Anexo No. 2

CARTA DE AUTORIZACION

Por medio de la presente, otorgo mí consentimiento para participar en el proyecto de investigación titulado:

“VARIACION EN LA MAGNITUD DE LA RESPUESTA ACOMODATIVA A TRAVES DE DIFERENTES TECNICAS DE RETINOSCOPIA DINAMICA”

Así mismo, manifiesto que recibí la información necesaria sobre los objetivos del proyecto y sobre los métodos que serán utilizados.

Nombre del participante:

Firma del participante:

Padre del padre o tutor:

San Luis Potosí, S. L. P., a _____ de _____ de

Anexo No. 3

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre:

No. Exp.

Sexo:

Edad:

FECHA DE PRIMERA EVALUACIÓN:

RETINOSCOPIA ESTÁTICA SUBJETIVA		
	OJO DERECHO	OJO IZQUIERDO
RETINOSCOPIA DINÁMICA		
MEM		
LENTE ADICIONADA		
RESPUESTA		
NOTT		
DISTANCIA RETINOSCOPIO*		
EQUIVALENCIA EN D. *		
RESPUESTA		
BELL		
DISTANCIA OPTOTIPO*		
EQUIVALENCIA EN D. *		
RESPUESTA		
CROSS		
RX FOROPTOR		
RESPUESTA		

TABLA EQUIVALENCIAS	
CM	D
0	0.00
2	0.12
4	0.23
6	0.33
8	0.42
10	0.50
14	0.65
18	0.78
22	0.89
26	0.98
30	1.07
35	1.16
40	1.25
45	1.32
50	1.39
55	1.45
60	1.50

FECHA DE SEGUNDA EVALUACIÓN:

RETINOSCOPIA DINÁMICA		
MEM		
LENTE ADICIONADA		
RESPUESTA		
NOTT		
DISTANCIA RETINOSCOPIO*		
EQUIVALENCIA EN D. *		
RESPUESTA		
BELL		
DISTANCIA OPTOTIPO*		
EQUIVALENCIA EN D. *		
RESPUESTA		
CROSS		
RX FOROPTOR		
RESPUESTA		

* En valor positivo para retraso acomodativo (lag) y en negativo para adelanto acomodativo (lead)

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



GLOSARIO

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Acomodación: habilidad del ojo para enfocar nítidamente objetos a distancias diferentes gracias a los cambios de forma del cristalino.

Acomodación negativa: se refiere a la relajación de la acomodación o a la reducción en la acomodación.

Acomodación relativa negativa: es la relajación o la reducción de la acomodación por debajo de la demanda normal para una distancia de fijación binocular con convergencia. Clínicamente medido por la cantidad máxima de lentes positivos que permita una visión binocular clara y sencilla a una distancia dada, usualmente 40 cm.

Acomodación relativa positiva: es el incremento de la acomodación en exceso de la demanda normal para una distancia de fijación binocular con convergencia. Clínicamente medido por la cantidad máxima de lentes negativos que permita una visión binocular clara y sencilla a una distancia dada, usualmente 40 cm.

Acomodación proximal: enfoque o acomodación inducida por la conciencia de la cercanía aparente del objeto de fijación, independientemente del estímulo dióptrico actual.

Acomodación por vergencia: es la posición de acomodación que se estimula por la convergencia, es decir, la borrosidad de los test de vergencias.

Acomodación refleja: acomodación involuntaria desencadenada por la borrosidad para mantener una imagen nítida en la retina.

Acomodación tónica: está presente en ausencia de estímulo acomodativo, es el estado de reposo de la acomodación. Esta causada por el tono del músculo ciliar.

Acomodación voluntaria: no responde a ningún estímulo, sino que la podemos provocar nosotros voluntariamente. Aunque no todos tienen la capacidad de realizarlo pues normalmente requiere entrenamiento previo.

Adición óptica : potencia óptica de un lente necesario para la visión de cerca que viene como complemento de la visión de lejos

Agudeza visual: poder de discriminación del ojo. La agudeza se divide en décimos: de 1 a 20. Una agudeza de 10/10 corresponde a una visión corriente que permite distinguir un objeto de 7,3 mm a 5 mm

Ametropía: defecto de refracción (miopía, hipermetropía y astigmatismo) que se puede corregir mediante un lente apropiado.

Angulo métrico: es el formado por cada eje visual con una línea perpendicular a la línea interpupilar.

Astigmatismo: error de refracción donde la córnea en condiciones normales es esférica (curvada uniformemente en 360°). El astigmatismo se produce cuando la córnea está más curvada en un eje que en otro, provocando una imagen borrosa tanto de cerca como de lejos. Es un defecto que permanece estable durante toda la vida. Puede aparecer asociada a hipermetropía o a miopía.

Cámara anterior: espacio lleno con humor acuoso limitado por delante por la córnea y por detrás por el iris.

Cámara posterior: espacio lleno de humor acuoso por delante del cristalino y por detrás del iris.

Ciclopléjico: fármaco que pone en reposo de manera temporal a los músculos ciliares, con lo que se paraliza la acomodación.

Cilindro: es la diferencia de potencia refractiva entre los dos meridianos principales de la refracción ocular. Su valor se mide en dioptrías, que es la inversa de la distancia focal de la lente.

Cilindro cruzado: lente esferocilíndrica especializada para medir el astigmatismo y evaluar la respuesta acomodativa de forma subjetiva.

Convergencia: facultad que poseen los ojos para fijar simultáneamente el mismo punto. Regularmente utilizada para la fijación en visión próxima.

Cristalino: es una lente biconvexa que se encuentra en el interior del ojo, tras el iris y delante del humor vítreo, y que es el responsable de la acomodación, esto es, de variar su potencia para enfocar cerca o lejos.

Cuerpo ciliar: esta compuesto por el músculo ciliar y los tejidos circundantes. El músculo ciliar, tiene forma de anillo y la rodea a la cornea mediante unos ligamentos por una estructura aplana o redondea la lente, cambiando su longitud focal.

Dioptría: unidad de refracción de las lentes. Valor de la refracción del ojo. Corresponde al inverso de la distancia focal (en metros) de la lente que se utiliza para compensar un defecto refractivo. Es negativo para la miopía y positivo para la hipermetropía.

Dioptría prismática: unidad de poder del prisma.

Eje: meridiano que especifica la orientación de una lente cilíndrica (astigmatismo).

Emetropía: se opone a la ametropía. Privilegio de las personas que no tienen defecto visual antes de la aparición de la presbicia.

Esfera: es la cantidad de potencia refractiva que le falta a un ojo en todos los meridianos, para lograr que la imagen puntual de un punto situado en el infinito, focalice en la retina en un punto. Su valor se mide en dioptrías, que es la inversa de la distancia focal de la lente. La miopía se indica en valores negativos, porque se corrige con lentes divergentes, y la hipermetropía se indica en valores positivos, porque se corrige con lentes convergentes.

Espasmo Ciliar: contracción violenta del músculo ciliar que produce una acomodación inadecuada.

Espasmo de acomodación: se refiere al espasmo del músculo ciliar, produciendo un exceso de acomodación, frecuentemente causando pseudomiopía.

Et al.: es una abreviatura de la expresión latina *et alii*, que significa "y otros".

Foroptor: también llamado foróptero, es un instrumento que contiene los diversos dispositivos, entre ellos, las lentes compensadoras para realizar las diferentes pruebas refractivas.

Hipermetropía: ametropía contraria a la miopía. En este caso el ojo es más corto de lo normal o la córnea más plana, formándose la imagen detrás de la retina. Este defecto se compensa parcialmente por el cristalino, por lo que al cumplir años se va haciendo más patente. La dificultad para ver bien ocurre primero de cerca y luego en visión intermedia y lejana.

Humor acuoso: líquido claro que llena las cámaras anterior y posterior del segmento anterior del ojo.

Imagen o fenómeno entóptico: se caracteriza por la estimulación visual cuya fuente son los ojos mismos.

Índice de refracción: es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío sobre la velocidad de la luz en el medio considerado.

Iris: diafragma que permite aumentar o disminuir la cantidad de luz que penetra en el ojo, suspendida entre la córnea, justo por delante del cristalino. Su pigmento determina el color del ojo.

LAG de acomodación: respuesta acomodativa también llamada retraso acomodativo, es la cantidad de acomodación libre de convergencia determinada por las técnicas de retinoscopia dinámica o cilindros cruzados.

Lead de acomodación: respuesta excesiva de acomodación, también llamado adelanto acomodativo, es decir, cuando se acomoda más de lo que se debería acomodar para un estímulo dado.

Miopía: ametropía, es el defecto que provoca que los objetos se vean claros de cerca y borrosos de lejos. Es debido a que el ojo es más largo de lo normal o la córnea demasiado curva.

Músculo ciliar: musculatura lisa situada en el cuerpo ciliar cuya acción distiende las fibras zonulares del cristalino.

Pupila: orificio central del iris que se comporta como un diafragma de cámara fotográfica: su diámetro varía en función de la luminosidad.

Presbicia: la presbicia no es un defecto de refracción sino un envejecimiento inevitable del cristalino. Al cabo del tiempo el cristalino pierde su elasticidad y no puede asegurar la acomodación para objetos cercanos. La presbicia se combina con los otros defectos ópticos del ojo.

Prisma: cuña de material transparente que desvía los rayos luminosos sin cambiar de foco.

Presbiopía (Presbicia): condición visual en la que la visión de cerca se encuentra fisiológicamente borrosa y que es evidente poco después de los 40 años de edad a causa de la disminución en el poder de acomodación. Comúnmente llamada "vista cansada".

Punto Próximo (cercano): punto en el cual se enfoca cuando la acomodación está activa al máximo.

Punto Remoto (lejano): punto en el cual se enfoca cuando la acomodación está relajada por completo.

Repetitividad: (de las medidas) -precisión-, es la fidelidad de los valores experimentales de una misma magnitud física medidos bajo idénticas condiciones experimentales. Aquí el concepto idéntico incluye el mismo observador, instrumento de medida, lugar y procedimiento. El concepto de precisión se define muchas veces como repetitividad.

Refracción: 1) desviación de los rayos luminosos al pasar de un medio transparente a otro de densidad (índice de refracción) distinta. 2) determinación de los errores de refracción en el ojo.

Retinoscopia: técnica para determinar el estado refractivo y acomodativo de ojo por medio de un retinoscopio.

Retinoscopia dinámica: retinoscopia realizada mientras el paciente se encuentra acomodando, generalmente sobre letras, frases o figuras situadas a una distancia de 40 o 50 cms.

Retinoscopia estática: retinoscopia con la acomodación relajada (sin acomodación). Se realiza mientras el paciente observa un optotipo de lejos a una distancia de 6 m.

Retinoscopio de franja: retinoscopio cuyo haz es una franja oblongada que puede rotarse en varios meridianos.

Retinoscopio de punto: retinoscopio cuyo haz tiene forma redonda.

Reflejo retiniano: reflejo luminoso que se observa en la pupila del paciente procedente o reflejado por la retina cuando se dirige hacia el paciente el haz luminoso del retinoscopio.

Refracción manifiesta: refracción en la que no se utiliza un agente ciclopléjico.

Refractómetro. instrumento óptico diseñado con el propósito de determinar objetivamente el estado refractivo ocular, basado en el principio del retinoscopio, el oftalmoscopio y el lensómetro. Estos instrumentos son objetivos tanto para el paciente como para el examinador.

Respuesta acomodativa: postura acomodativa, también llamado LAG (retraso acomodativo) o LEAD (adelanto acomodativo).,

Zónula ciliar.- sistema de fibras que se extiende entre el cuerpo ciliar y el ecuador del cristalino y que sostiene a este último en su lugar.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



BIBLIOGRAFIA

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

1.- **Rouse M.W., London R., Allen D.C.** An evaluation of the monocular estimate method of dynamic retinoscopy. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, 59:234-239. 1982.

2.- **Rosenfield, M., Portello, J. K., Blustein, G. H., Jang, C.** Comparison of clinical techniques to assess the near accommodative response. *Optom. Vis. Sci.* 73:382–388. 1996.

3.- **Cacho M.P., García A., García J.R., López A.** Comparison between MEM and Nott dynamic retinoscopy. *Optom. Vis. Sci.* 76:650-655. 1999

4. -**Garcia A., Cacho P.** MEM and Nott dynamic retinoscopy in patients with disorders of vergence and accommodation. *Ophthal. Physiol. Opt.* 22(3):214-20. 2002.

5. - **McClelland J.F., Saunders K.J.** The repeatability and validity of dynamic retinoscopy in assessing the accommodative response. *Ophthal. Physiol. Opt.* 23:243-250. 2003.

6.- **Safir A., Hyams L., Philpot J., Jaegerman, L. S.** Studies in refraction 1. The precision of retinoscopy. *Arch. Ophatmol.*, 84, 49-61. 1970

7.- **Glickstein M. and Millodot M.** Retinoscopy and eye size. *Science.* 168, 605-606. 1970.

8.- **Millodot M. and O'Leary D.** the discrepancy between retinoscopy and subjective measurements; effects of age. *Am. J. Optom Physiol. Opt.*, 55, 309-316. 1978.

9.- **Emsley H.** Visual optics, Vol. 1. London: Hatton press. 1955

10.- **Sheard C.** The comparative value of various methods and practices of skiametry. *Am. J. Physiol. Opt.* 3 177–208. 1922.

11.- **Locke, L. C., Somers, W.** A comparison study of dynamic retinoscopy techniques. *Optom. Vis. Sci.* 66:540–544. 1989

12.- **Nott I.S.** Dynamic skiametry, accommodation, and convergence. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 6:490–503. 1925.

13. - **Haynes H.M.** Clinical observations with dynamic retinoscopy. *Optom. Wkly.* 51:2306-2309. 1960.

14.- **Chen A.H., ÓLeary D.J.** Are there age differences in the accommodative response curve between 3 and 14 years of age? *Ophthal. Physiol. Opt.* 22:119-125. 2002.

15.- **Jackson T. W., Goss, D. A.** Variation and correlation of clinical tests of accommodative function in a sample of school-age children. *J. Am. Optom. Assoc.* 62: 857–866. 1991.

16.- **McClelland J.F., Saunders K.J.** Accommodative lag using dynamic retinoscopy: Age norms for school-age children. *Optom. Vis. Sci.* 81:929-933. 2004.

17.- **Tait, E.F.** A quantitative system of dynamic retinoscopy. *Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom.* 6:669.1929

18. - **Pomeranz R. B.** The use of bell retinoscopy to determine the near-point Rxcited. In: *Anomalies of Binocular Vision: Diagnosis and Management* (eds R. P. Rutstein, K. M. Daum), Mosby, St Louis, pp. 65–66. 1964.

19.- **Gilmartin B., Hogan, R.E.** The relationship between tonic accommodation and ciliary muscle innervation. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 26:1024–1028. 1985

20.- **Helmholtz H.** Treatise on physiology optics. Vol 1. Ney York. Dover publications Inc. 1962.

21.- **Fincham E. and Walton J.** The reciprocal actions of accommodation and convergence, J. Physiol. London. 137:488. 1957.

22.- **Stark L. and Takahashi Y.** Absense of an odd-error signal mechanicsm in human accommodation. IEEE Trans. Biomed. Eng. 12: 138-146, 1965.

23.- **Takahashi E.** , cited by Westheimer G.: visual acuity, Ann. Rev. Psychol. 16:359-380. 1965.

24. - **Alpern, M.** Muscular Mechanism. In Davson, H., The Eye, vol. 3, New York. 1962.

25.- **Morgan M.** The clinical aspects of accommodation and convergence. Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom. 21(8):301–13. 1944.

26.- **McBrien N. A., Millodot M.** The effect of refractive error on the accommodative response gradient. Ophthal. Physiol. Opt. 6:145–149. 1986.

27. - **Bennets A.G., Rabbetts R.B.** Clinical Visual Optics, 2nd edn, Butterworths, London, p.396. 1989.

28. - **Campbell E., Benjamin W.J., Howland H.C.** Objective refraction: retinoscopy, autorefraction and photorefraction. In: Borish’s Clinical refraction (W.J. Benjamin). W.B. Saunders, Philadelphia, PA, pp. 584-585. 1998.

29.- **Moses, R. A.; Hart, W. M.** "Fisiología del ojo de Adler". Ed. Panamericana. Buenos Aires. 1988.

30.- **Kanski, J. J.** Oftalmología clínica. Ed. Doyma. Barcelona, España. 1994.

31.- **Alvaro Pons, Francisco Martínez Verdú.** Fundamentos de Visión Binocular. Publicaciones Universidad de Valencia. 2004.

32.- **Borras Garcia M. Rosa, et al.** Visión Binocular, Diagnostico y tratamiento. Ed. Alfaomega. Barcelona, España. 2000.

33.- **Scheiman, M.; Wick, B.** Tratamiento clínico de la visión binocular. Disfunciones heterofóricas, acomodativas y oculomotoras, Ed. Ciagami, S. L. Madrid , España. 1994.

34.- **Picwell D.** Anomalías de la Visión Binocular: Investigación y tratamiento. Ed. Jims, Barcelona, España. 1996.

35.- **Skeffington, A.M.** Clinical Applied Optometry, OEPF Papers. Santa Ana. California. 1973.

36.- **Woung L.C., Ukai K., Tsuchiya K., Ishikawa, S.** Accommodative adaptation and age of onset of myopia. Ophthal. Physiol. Opt. 13:366–370. 1993.