

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA  
Departamento de Óptica II (Optometría y Visión)



**TESIS DOCTORAL**

**Caracterización clínica de la población con disfunción  
acomodativa sintomática: insuficiencia y exceso de  
acomodación**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**María García Montero**

Directores

**Beatriz Antona Peñalba**  
**Ana Rosa Barrio de Santos**  
**José Luis Hernández Verdejo**

**Madrid, 2018**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**  
**DEPARTAMENTO DE ÓPTICA II (OPTOMETRÍA Y VISIÓN)**



---

**CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON  
DISFUNCIÓN ACOMODATIVA SINTOMÁTICA:  
INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN**

---

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

**María García Montero**

Bajo la dirección de

Beatriz  
Antona Peñalba

Ana Rosa  
Barrio de Santos

José Luis  
Hernández Verdejo

**Madrid, 2017**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**DEPARTAMENTO DE ÓPTICA II (OPTOMETRÍA Y VISIÓN)**



**TESIS DOCTORAL**

---

**CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON  
DISFUNCIÓN ACOMODATIVA SINTOMÁTICA:  
INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN**

---

**MARÍA GARCÍA MONTERO**

Directores

Beatriz  
Antona Peñalba

Ana Rosa  
Barrio de Santos

José Luis  
Hernández Verdejo

**Madrid, 2017**



**DEPARTAMENTO DE ÓPTICA II (OPTOMETRÍA Y VISIÓN)**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**



---

**CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON  
DISFUNCIÓN ACOMODATIVA SINTOMÁTICA:  
INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN**

---

**MARÍA GARCÍA MONTERO**



“En el futuro distante  
veo campos abiertos  
para investigaciones  
mucho más importantes”

Darwin, Charles.  
*El Origen de las Especies*  
1859



---

## *AGRADECIMIENTOS*

---



Quiero dar mi más profundo y sincero agradecimiento a mis dos directoras de tesis, Beatriz y Ana, y a mi director de tesis, José Luis, que desde el inicio y hasta el final de esta larga andadura han confiado en acompañarme.

Quiero agradecer a Vissum por la disposición que ha mostrado al permitirme usar los datos clínicos de los pacientes atendidos en la Unidad de Terapia Visual de Vissum Madrid.

Porque un cero vale mucho y el campo vacío no existe, quiero agradecer al ingeniero informático más ingenioso que conozco, que con infinita paciencia creó el programa informático con fines específicos para mi trabajo.

Porque los datos hablan por sí mismos y solo hay que saber cómo mirar, quiero agradecer a Pedro su soporte en el análisis estadístico y su visión tan alejada de la realidad clínica, pero tan cerca de los datos, que me ha hecho cuestionarme varios axiomas que cohabitaban conmigo.

Quiero agradecer a las chicas del G2, a las chicas de las “plazas”, a mi gran equipo M3QR, a mis “gordis” y a mis chicos de la vitrina su presencia.

Porque el tiempo es relativo y las ausencias no lo son, quiero agradecer a mi gente, a mi familia y en especial a mis padres, Julián y Pilar, su apoyo y su comprensión en este y otros muchos proyectos.

Gracias a ti, Quique, porque haces que salga de mi mundo y mire desde otra perspectiva, porque prefiero mil guerras a un invierno sin ti y porque esta memoria es también tuya.



---

## ÍNDICE

---



## ÍNDICE

---

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	I
LISTA DE FIGURAS .....	III
LISTA DE IMÁGENES .....	V
LISTA DE TABLAS .....	VII
RESUMEN .....	XI
SUMMARY .....	XIII
ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	XVII
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1. MECANISMO DE LA ACOMODACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. VÍAS NEURALES .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3. MEDIDAS DE LA ACOMODACIÓN .....</b>	<b>28</b>
1.3.1. <i>Amplitud de acomodación</i> .....	28
1.3.2. <i>Respuesta acomodativa</i> .....	36
1.3.3. <i>Flexibilidad acomodativa</i> .....	40
1.3.4. <i>Acomodaciones relativas</i> .....	44
1.3.5. <i>Error refractivo latente</i> .....	45
<b>1.4. ANOMALÍAS DE LA ACOMODACIÓN .....</b>	<b>47</b>
1.4.1. <i>Insuficiencia de acomodación</i> .....	49
1.4.2. <i>Exceso de acomodación</i> .....	53
1.4.3. <i>Inflexibilidad acomodativa</i> .....	56
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>59</b>
<b>3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>63</b>
<b>3.1. HIPÓTESIS GENERAL .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>3.3. OBJETIVOS .....</b>	<b>64</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1. PROTOCOLO CLÍNICO .....</b>	<b>69</b>
4.1.1. <i>Síntomas</i> .....	70
4.1.2. <i>Medida de agudeza visual y estado refractivo</i> .....	70
4.1.3. <i>Pruebas del estado motor-sensorial</i> .....	71
4.1.4. <i>Pruebas de acomodación</i> .....	72
<b>4.2. DISEÑO DEL PROGRAMA INFORMÁTICO .....</b>	<b>74</b>
4.2.1. <i>Pantalla de inicio</i> .....	75
4.2.2. <i>Opciones de usuario: método empleado en las pruebas clínicas</i> .....	76
4.2.3. <i>Pacientes y evaluaciones</i> .....	77
4.2.4. <i>Alta evaluación</i> .....	79
<b>4.3. POBLACIÓN Y CRITERIOS DIAGNÓSTICOS .....</b>	<b>90</b>
<b>4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>94</b>
4.4.1. <i>Cálculo de tamaño muestral</i> .....	94
4.4.2. <i>Definición y codificación de variables</i> .....	95
4.4.3. <i>Análisis de datos</i> .....	96
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>101</b>
<b>5.1. ESTUDIO I. CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN Y DE LA POBLACIÓN SIN ANOMALÍA ACOMODATIVA.....</b>	<b>101</b>
5.1.1. <i>Sexo y grupos de edad</i> .....	101
5.1.2. <i>Grupos diagnósticos</i> .....	102

5.1.3.	<i>Entidad de remisión de pacientes a la unidad de terapia visual</i> .....	104
5.1.4.	<i>Síntomas registrados en la historia clínica</i> .....	104
5.1.5.	<i>Edad</i> .....	105
5.1.6.	<i>Agudeza visual en lejos mediante la refracción manifiesta</i> .....	108
5.1.7.	<i>Agudeza visual en cerca mediante la refracción manifiesta</i> .....	110
5.1.8.	<i>Agudeza visual en lejos mediante la refracción objetiva cicloplégica</i> .....	112
5.1.9.	<i>Equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica del OD</i> .....	114
5.1.10.	<i>Equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica del OI</i> .....	116
5.1.11.	<i>Error refractivo latente del ojo derecho</i> .....	118
5.1.12.	<i>Error refractivo latente del ojo izquierdo</i> .....	124
5.1.13.	<i>Amplitud de acomodación</i> .....	127
5.1.14.	<i>Flexibilidad acomodativa monocular</i> .....	130
5.1.15.	<i>Flexibilidad acomodativa binocular</i> .....	132
5.1.16.	<i>Desviación motora horizontal</i> .....	134
5.1.17.	<i>Estereopsis</i> .....	140
<b>5.2.</b>	<b>ESTUDIO II. RELACIÓN DE LA AMPLITUD DE ACOMODACIÓN Y LA EDAD</b> .....	<b>143</b>
5.2.1.	<i>Muestra total (6-40 años)</i> .....	143
5.2.2.	<i>Niños (6-12 años)</i> .....	144
5.2.3.	<i>Jóvenes (13-30 años)</i> .....	145
5.2.4.	<i>Adultos pre-présbitas (31-40 años)</i> .....	145
5.2.5.	<i>Población sin anomalía acomodativa (Grupo NAA)</i> .....	146
<b>5.3.</b>	<b>ESTUDIO III. ERROR REFRACTIVO LATENTE EN MIOPE CON EXCESO DE ACOMODACIÓN</b> .....	<b>156</b>
5.3.1.	<i>Población miope (6-30 años)</i> .....	156
5.3.2.	<i>Curva ROC (Receiver Operating Characteristic) del error refractivo latente</i> .....	158
5.3.3.	<i>Árbol de clasificación y regresión (Classification and Regression Tree – CRT) del error refractivo latente</i> .....	159
<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>163</b>
<b>6.1.</b>	<b>ESTUDIO I. CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN Y DE LA POBLACIÓN SIN ANOMALÍA ACOMODATIVA</b> .....	<b>163</b>
6.1.1.	<i>La edad y entidad de remisión de pacientes</i> .....	163
6.1.2.	<i>Frecuencia de insuficiencia y exceso de acomodación</i> .....	165
6.1.3.	<i>Síntomas</i> .....	171
6.1.4.	<i>Agudeza visual</i> .....	173
6.1.5.	<i>Equivalente esférico</i> .....	174
6.1.6.	<i>Error refractivo latente</i> .....	176
6.1.7.	<i>Amplitud de acomodación</i> .....	177
6.1.8.	<i>Flexibilidad acomodativa monocular</i> .....	178
6.1.9.	<i>Flexibilidad acomodativa binocular</i> .....	179
6.1.10.	<i>Heteroforias</i> .....	180
6.1.11.	<i>Estereopsis</i> .....	181
<b>6.2.</b>	<b>ESTUDIO II. RELACIÓN DE LA AMPLITUD DE ACOMODACIÓN Y LA EDAD</b> .....	<b>182</b>
<b>6.3.</b>	<b>ESTUDIO III. ERROR REFRACTIVO LATENTE EN MIOPE CON EXCESO DE ACOMODACIÓN</b> .....	<b>185</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>189</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>193</b>





---

# LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

---

## LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

---

- AA: amplitud de acomodación
- ACL: aberración cromática longitudinal
- ALT: dominancia sensorial alternante
- ARN: amplitud relativa negativa
- ARP: amplitud relativa positiva
- Asint: asintomático
- AV: agudeza visual
- CC: con compensación
- CCF: cilindros cruzados fusionados
- cm: centímetros
- CM: músculo ciliar
- CO: compensación óptica
- cpm: ciclos por minuto
- CRT: *Classification and regression trees*
- CTE: constante
- D: dioptrías
- DA: disfunción acomodativa
- DB: disfunción binocular
- DE: desviación estándar
- dOD: dominancia sensorial de ojo derecho
- dOI: dominancia sensorial de ojo izquierdo
- Dx: diagnóstico
- EA: exceso de acomodación
- EC: exceso de convergencia
- EER<sub>m</sub>: equivalente esférico de la refracción manifiesta
- EE: equivalente esférico
- EER<sub>c</sub> : equivalente esférico de la refracción cicloplégica
- EF: endoforia
- ERL: error refractivo latente
- esf: esfera
- ET: endotropia
- EW: núcleo de Edinger- Westphal
- FA: flexibilidad acomodativa

- FAB: flexibilidad acomodativa binocular
- FAM: flexibilidad acomodativa monocular
- H: Horizontal
- HCI: historias clínicas informatizadas
- IA: insuficiencia de acomodación
- IC: insuficiencia de convergencia
- Inf.A: inflexibilidad acomodativa
- INT: intermitente
- LIO: lente intraocular
- max: máximo
- MEM: método de estimación monocular
- min: mínimo
- MOE: motilidad extraocular
- NAA: No anomalía acomodativa
- PPC: punto próximo de convergencia
- ROC: *Receiver Operating Characteristic*
- Rx: refracción
- Rx<sub>c</sub>: refracción cicloplégica
- Rx<sub>m</sub>: refracción manifiesta
- SC: sin compensación
- seg arc: segundos de arco
- Sint: sintomático
- UTV: unidad de terapia visual
- V: vertical
- VL: visión lejana
- VP: visión próxima
- XF: exoforia
- XT: exotropia
- Δ: dioptría prismática

---

## LISTA DE FIGURAS

---

### LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Esquema del mecanismo de la acomodación. ....	22
Figura 2. Modelo de inervación del sistema de acomodación-vergencia. ....	25
Figura 3. Organización de los sistema nerviosos simpáticos y parasimpáticos. ....	26
Figura 4. Representación de los valores de amplitud de acomodación obtenidos mediante diferentes técnicas. ....	34
Figura 5. Representación gráfica de la variación de la amplitud de acomodación subjetiva y objetiva en función de la edad. ....	34
Figura 6. Distribución de la muestra total (n=195) en función del sexo. ....	101
Figura 7. Distribución de la muestra total (n=195) en función del grupo de edad... ..	102
Figura 8. Distribución de frecuencias y porcentaje de la entidad de remisión de pacientes de la muestra total (n=195). ....	104
Figura 9. Distribución de frecuencias y porcentaje de la sintomatología de los pacientes de la muestra total (n=195). ....	105
Figura 10. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra total (6 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa. ....	147
Figura 11. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra total (6 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa. ....	148
Figura 12. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra de niños (6 a 12 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa. ....	149
Figura 13. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra de niños (6 a 12 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa. ....	150
Figura 14. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra de jóvenes (13 a 30 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa. ....	151
Figura 15. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra de jóvenes (13 a 30 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa. ....	152

Figura 16. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra de adultos pre-présbitas (31 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.....	153
Figura 17. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra de adultos pre-présbitas (31 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.....	154
Figura 18. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, para todos los grupos de edad y grupos diagnósticos. ....	155
Figura 19. Curva ROC ( <i>Receiver Operating Characteristic</i> ) del error refractivo latente. ....	159
Figura 20. Diagrama del árbol de clasificación de la población miope en el grupo de enfermo (exceso de acomodación) o sano (sin alteración acomodativa) en función del valor del error refractivo latente. ....	161

---

## LISTA DE IMÁGENES

---

### LISTA DE IMÁGENES

---

Imagen 1. Pantalla de opciones de usuario. ....	76
Imagen 2. Pantalla de evaluación de paciente – Sección historia clínica I- .....	81
Imagen 3. Pantalla de evaluación de paciente – Sección refracción y agudeza visual	81
Imagen 4. Pantalla de evaluación de paciente – Sección estado motor-sensorial.....	82
Imagen 5. Detalle de la opción “desviación horizontal VL” en la pantalla estado motor-sensorial.....	82
Imagen 6. Pantalla de evaluación del paciente – Sección de acomodación.....	83
Imagen 7. Pantalla de evaluación del paciente – Sección de acomodación. Detalle de la pantalla con campos activados de las pruebas acomodativas.....	84
Imagen 8. Interfaz de las pruebas de FAM para OD y OI.....	84
Imagen 9. Interfaz de la prueba FAB.....	85
Imagen 10. Pantalla de evaluación del paciente – Sección del diagnóstico y tratamiento .....	86
Imagen 11. Interfaz del desplegable de elección única para definir el estado refractivo del OD. ....	87
Imagen 12 . Interfaz del desplegable de elección única para definir la presencia o no de ambliopía. ....	87
Imagen 13. Opciones de clasificación de anomalías binoculares no estrábicas.....	88
Imagen 14. Opciones de clasificación de anomalías binoculares estrábicas.....	88
Imagen 15. Opciones de clasificación de anomalías acomodativas. ....	88
Imagen 16. Opciones de tratamiento .....	89



---

## LISTA DE TABLAS

---

### LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1. Valores de amplitud de acomodación en función de la edad de los estudios de Donders, Duane y Hofstetter.....	31
Tabla 2. Resumen de los valores de flexibilidad acomodativa monocular y binocular publicados por diferentes autores.....	43
Tabla 3. Clasificación internacional de los trastornos de acomodación ( <i>International Classification of Diseases ICD</i> ) de la organización mundial de la salud (OMS).....	47
Tabla 4. Métodos de elección para cada prueba clínica.....	77
Tabla 5. Listado de síntomas de la base de datos.....	79
Tabla 6. Grupos de edad.....	91
Tabla 7. Grupos diagnósticos.....	91
Tabla 8. Criterios diagnósticos.....	92
Tabla 9. Asignación de un nivel a la escala de resultados de la prueba de estereopsis.....	96
Tabla 10. Distribución de frecuencias y porcentaje en función de edad y diagnóstico, y comparación entre grupos de edad para cada grupo diagnóstico.....	103
Tabla 11. Resultados descriptivos de la variable “edad” para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.....	107
Tabla 12. Resultados descriptivos de la variable “agudeza visual en lejos mediante la refracción manifiesta” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.....	109
Tabla 13. Resultados descriptivos de la variable “agudeza visual en cerca con la refracción manifiesta” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.....	111

- Tabla 14. Resultados descriptivos de la variable “agudeza visual en lejos mediante la refracción cicloplégica” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa..... 113
- Tabla 15. Resultados descriptivos de la variable “equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica” del ojo derecho, para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa..... 117
- Tabla 16. Resultados descriptivos de la variable “equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica” del ojo izquierdo, para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa..... 119
- Tabla 17. Resultados descriptivos de la variable “error refractivo latente” del ojo derecho en función del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica (grupo miope y grupo no miope) para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa y comparación entre grupo miope y no miope..... 123
- Tabla 18. Resultados descriptivos de la variable “error refractivo latente” del ojo izquierdo en función del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica (grupo miope y grupo no miope) para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa y comparación entre grupo miope y no miope..... 125
- Tabla 19. Resultados descriptivos de la variable “amplitud de acomodación” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa ..... 129
- Tabla 20. Resultados descriptivos de la variable “flexibilidad acomodativa” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos de edad para cada grupo diagnóstico..... 131
- Tabla 21. Resultados descriptivos de la variable “flexibilidad acomodativa binocular” para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa. .... 133
- Tabla 22. Resultados de frecuencias y porcentajes del tipo de desviación motora horizontal en la muestra total (6-40 años). .... 136
- Tabla 23. Resultados descriptivos de la endoforia y exoforia en visión lejana para cada grupo de edad y grupo diagnóstico..... 137
- Tabla 24. Resultados descriptivos de la endoforia y exoforia en visión próxima para cada grupo de edad y grupo diagnóstico..... 139
- Tabla 25. Resultados descriptivos del nivel y valor de la estereopsis en visión próxima, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa..... 142

Tabla 26. Comparación de las curvas de regresión lineal que relacionan la amplitud de acomodación y la edad, entre el grupo sin alteración acomodativa y grupos con disfunción acomodativa (insuficiencia y exceso de acomodación). ..... 144

Tabla 27. Resultados del análisis descriptivo y comparativo de las variables a estudio en población miope ( $EERx_c$  OD <0 D) del grupo sin alteración acomodativa y del grupo con exceso de acomodación para el ojo derecho. .... 157

Tabla 28. Coordenadas de la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*)..... 158



---

# RESUMEN

---

## RESUMEN

---

### Título

Caracterización clínica de la población con disfunción acomodativa sintomática: insuficiencia y exceso de acomodación.

### Introducción y objetivos

Las tasas de prevalencia de las disfunciones acomodativas en población no-prébita se sitúan entre valores del 2% y 60%. Su variabilidad y alta presencia en la población, justifica el estudio de este tipo de alteraciones. Uno de los objetivos de la Tesis ha sido la caracterización de la población con insuficiencia y exceso de acomodación que presenta síntomas visuales, con edades comprendidas entre 6 y 40 años.

Otro de los objetivos fue el estudio de la relación entre la edad y la amplitud de acomodación de nuestra muestra.

El tercer y último objetivo fue el análisis de la capacidad diagnóstica de la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia, definido como error refractivo latente (ERL), en la población miope con exceso de acomodación.

### Metodología

Estudio descriptivo observacional transversal y retrospectivo, basado en el análisis de la información clínica de los pacientes evaluados en la Unidad de Terapia Visual (UTV) del centro oftalmológico VISSUM de la ciudad de Madrid, desde septiembre de 2010 hasta enero de 2012. Todos los pacientes analizados presentaban síntomas. En el protocolo clínico habitual se realizó

cuestionario de síntomas visuales, medida de la refracción cicloplégica ( $Rx_c$ ) y manifiesta ( $Rx_m$ ), AV VL con la  $Rx_c$  y  $Rx_m$ , AV VP (test Radner-Vissum), amplitud de acomodación monocular (AA), flexibilidad acomodativa monocular (FAM) y binocular (FAB), valoración de la desviación motora y estereopsis (test *Titmus Stereo Fly*).

Los criterios de inclusión fueron la edad, comprendida entre 6 y 40 años, y que todos los sujetos en estudio debían tener registrados los resultados de las pruebas de AA, FAM y FAB en las historias clínicas. Se excluyeron a los pacientes ambliopes.

La muestra seleccionada fue clasificada en tres grupos diagnósticos: grupo con insuficiencia de acomodación (grupo IA), con exceso de acomodación (grupo EA) y grupo sin alteración acomodativa (grupo NAA), y tres grupos de edad a partir de la muestra total (6-40 años): el grupo de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años, el grupo de jóvenes con edades entre 13 y 30 años y el grupo de adultos pre-prébitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años.

Se crearon grupos refractivos a partir del valor del equivalente esférico de la  $Rx_c$  del OD ( $EERx_c$ ), de forma que cuando el  $EERx_c$  era menor de cero dioptrías se consideró a la población como "grupo miope".

En el análisis estadístico se realizó el estudio descriptivo, las comparaciones de dos muestras independientes mediante Test U de *Mann-Whitney*, las comparaciones de más de dos poblaciones se realizaron mediante la prueba de *Kruskal-*

Wallis, aplicando un nivel de significancia del 5%.

En el estudio de la relación de la AA y la edad se realizaron modelos de regresión. La variable ERL del grupo de miopes entre 6 y 30 años fue analizada mediante la curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) y se generó el árbol de clasificación y regresión *Classification and Regression Tree* (CRT).

### Resultados

Se seleccionaron 195 sujetos con edad media de  $15 \pm 10$  (6-40 años). La IA fue más frecuente (26.05%) en el grupo de niños (6-12 años). Respecto al EA se encontró una mayor frecuencia (55.55%) en el grupo de adultos pre-présbitas (31-40 años).

La AA del grupo EA fue menor, presentando significancia estadística en todos los grupos de edad ( $p < .001$ ,  $p = .039$  y  $p = .040$ ), excepto para los jóvenes ( $p = .194$ ).

La muestra de sujetos (6-40 años) sin alteración acomodativa presentó diferencias en el ERL OD al comparar el grupo de miopes vs no miopes ( $p < .001$ ). El ERL en el grupo miope fue  $-0.02 \pm 0.25$  D mientras que el ERL del grupo no miope fue  $-0.73 \pm 0.49$  D. En cambio, no se encontraron diferencias en el grupo EA ( $p = .570$ ), donde el ERL era igual tanto en miopes como no miopes. Los valores de ERL del grupo EA fueron  $-0.52 \pm 0.34$  D y  $-0.66 \pm 0.53$  D para el grupo de miopes y no miopes respectivamente. En la población miope, entre 6 y 40 años, la diferencia del ERL entre el grupo NAA y el grupo EA fue significativa ( $p < .001$ ), presentando valores mayores el grupo EA.

El análisis del ERL OD en miopes (6-30 años) mediante la curva ROC, mostró una buena calidad diagnóstica con valores de área bajo la curva de 0.870 (IC 95%;  $p = .002$ ). El valor de ERL de  $-0.375$  D correspondió con valores de sensibilidad y especificidad en 0.929 y (1-0.273) respectivamente. Según el análisis del CRT, cuando el ERL  $> -0.375$  D, la probabilidad de que el

sujeto tenga exceso acomodación es del 88.90%.

Las ecuaciones lineales que relacionan la AA y la edad en el grupo NAA han mostrado que la AA disminuye con la edad en el grupo de jóvenes ( $p = .001$ ) según la fórmula  $AA = 14.53 - (0.29 \times \text{edad})$ , en cambio en el grupo de niños ( $AA = 10.38 + [0.14 \times \text{edad}]$ ) y adultos pre-présbitas ( $AA = 2.5 + [0.13 \times \text{edad}]$ ), no se observaron diferencias ( $p = .491$  y  $p = .715$ ).

### Conclusiones

La insuficiencia y el exceso de acomodación son anomalías acomodativas que se encuentran entre la población clínica sintomática. La frecuencia de casos de exceso de acomodación varía en función del grupo de edad seleccionado, siendo más frecuente cuanto mayor es la edad. En cambio, las tasas de frecuencia de la insuficiencia de acomodación no varían.

La AV en cerca es peor en sujetos con exceso e insuficiencia de acomodación que en sujetos sin alteración acomodativa.

La amplitud de acomodación de los sujetos con exceso de acomodación es menor que en sujetos sin alteración acomodativa.

Los miopes con exceso de acomodación tienen un error refractivo latente mayor (valor más negativo) que los miopes sin alteración acomodativa.

El uso de fórmulas que relacionan la amplitud de acomodación y la edad, como uno de los signos clínicos diagnósticos de la insuficiencia de acomodación, debe ser aplicado con cautela en población infantil (6-12 años).

---

## SUMMARY

---

---

### SUMMARY

---

#### Title

Clinical characterization of accommodative excess and insufficiency in patients with symptomatic accommodative dysfunction.

#### Aims and Introduction

The prevalence of accommodative dysfunctions in the non-presbyopic population is between 2% and 60%. High variability and incidence justifies the study of these types of accommodative dysfunctions. One of the aim of this thesis was to better characterize the population of patients aged between 6 and 40 years old with accommodative insufficiency (AI) and accommodative excess (AE) that develop visual symptoms not justified by organic or refractive criteria.

Another aim was to study the relationship between age and AA in our cohort of patients.

The third and final aim was to analyze the diagnostic relevance in the myopic population of the difference between non-cycloplegic and cycloplegic refraction, defined as latent refractive error (LRE).

#### Methods

A cross-sectional and retrospective descriptive study was carried out on the basis of clinical information from patients evaluated at the Visual Training Department of VISSUM ophthalmological center (Madrid, Spain) from September 2010 to January 2012. All the patients analyzed were symptomatic. In the usual clinical protocol, the subjects completed a visual symptom questionnaire and specific tests

were performed to assess: cycloplegic and non-cycloplegic refraction ( $Rx_c$  and  $Rx_{nc}$  respectively) ; near visual acuity (NVA) (Radner-Vissum test); far VA; monocular amplitude of accommodation (AA) (subjective minus lens method); monocular accommodative flexibility (MAF) and binocular accommodative flexibility (BAF) with flipper  $\pm 2.00$  D lens; near and distance cover testing; and stereopsis (Titmus Stereo Fly test).

The inclusion criteria were: patients between 6 and 40 years and records of accommodative tests that assessed monocular accommodative amplitude (AA), monocular accommodative facility (MAF) and binocular accommodative facility (BAF). Amblyopia subject were excluded.

The patients selected were classified into three diagnostic groups: the AI group, accommodative insufficiency; the AE group, accommodative excess; and the NAA group, no accommodative alteration. The total cohort of subjects (6-40 years) was also divided into three age groups: children from 6 to 12 years of age; young individuals between 13 and 30 years of age; and a group of pre-presbyopic 31 to 40 year-old adults. Refractive groups were created from the spherical equivalent value of the cycloplegic refraction OD ( $SE Rx_c$ ), such that the population was considered as "myopic" when the  $SE Rx_c$  was less than zero diopters.

The statistical analysis was performed by descriptive analysis, independent samples were compared using the Mann-Whitney U Test and the Kruskal-Wallis test was

applied when more than two populations were compared, both at a significance level of 5%. In studying the relationship between AA and age, regression models were established by calculating the linear and growth curves (non-linear). The LRE for the myopic group between 6 and 30 years of age was analyzed using the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve and a Classification and Regression Tree (CRT) was generated.

### Results

We selected 195 subjects with a mean age of  $15 \pm 10$  (range 6-40) years of age. AI was the most frequent (26.05%) in the group of children (6-12 years). A higher frequency of AE (55.55%) was evident in the group of pre-presbyopic adults (31-40 years).

The AA for the AE subjects was significantly lower in each of the age groups ( $p < .001$ ,  $p = .039$  y  $p = .040$ ), except for the group of young individuals ( $p = .194$ ).

In the subjects with no accommodative alteration (6-40 years), there were differences in the LRE OD when compared between myopic and non-myopic individuals, ( $p < .001$ ). Conversely, no such differences were found in the AE group ( $p = .570$ ) in which an equivalent LRE was evident in both myopic ( $-0.52 \pm 0.34$  D) and non-myopic subjects ( $-0.66 \pm 0.53$  D).

In the myopic population between 6 and 40 years of age, there was a significant difference in the LRE between NAA and AE subjects ( $p < .001$ ), with higher values detected in the latter.

The ROC curve from the analysis of the LRE OD in myopes (6-30 years) had good diagnostic value, with an area under the curve of 0.870 (95% CI,  $p = .002$ ). The LRE value of  $-0.375$  D corresponded with 0.929 and (1-0.273) values of sensitivity and specificity, respectively. According to the CRT analysis, the probability that the subject has AE is 88.90% when the LRE was  $> -0.375$  D.

The linear regression analysis of AA and age in the NAA group showed that AA decreases with age in the group of young individuals ( $p = .001$ ) in accordance to the formula:  $AA = 14.53 - (0.29 \times \text{age})$ . By contrast, no differences were observed in children ( $AA = 10.38 + [0.14 \times \text{age}]$ ,  $p = .491$ ) and pre-presbyopic adults ( $AA = 2.5 + [0.13 \times \text{age}]$ ,  $p = .715$ ).

### Conclusions

Accommodative insufficiency (AI) and accommodative excess (AE) are accommodative abnormalities found among the symptomatic clinical population. AE is more common in children (6-12 years) and it does not change with age.

The proportion of cases of AE is higher in young (13-40 years) and pre-presbyopic adults, and it does augment with age. By contrast, the proportion of cases of IA does not change with age.

The AA in AE is smaller than in subjects without accommodative alterations.

In both cycloplegic and non-cycloplegic conditions, subjects between 6 and 40 years-of-age diagnosed with AE have more negative spherical equivalent values than the population without accommodative alteration.

Myopic subjects with AE have a greater latent refractive error than their counterparts without an accommodative alteration.

The use of formulae relating the length of accommodation to age as a diagnostic tool for AI should be applied with caution to children from 6 to 12 years.





---

## ESTRUCTURA DE LA TESIS

---

### ESTRUCTURA DE LA TESIS

---

La memoria de la presente tesis está estructurada en siete partes. Precediendo a todas ellas se encuentran por orden de aparición el índice de contenidos, la lista de símbolos, abreviaturas y acrónimos, la lista de figuras, la lista de imágenes y la lista de tablas.

La primera parte contiene el marco teórico en el que se sustenta la obra.

La segunda parte aborda las razones por las que se ha realizado esta tesis doctoral, de forma que presenta las principales líneas de la justificación de esta memoria.

Seguidamente, en la tercera parte, se exponen las hipótesis y el planteamiento de los tres objetivos principales que serán el hilo conductor de los tres estudios que componen esta memoria: Estudio I, II y III.

La cuarta parte describe la metodología llevada a cabo para el desarrollo del trabajo, quedando subdividida en cuatro partes principales que son: el protocolo clínico empleado en la toma de medidas, el diseño del programa informático que ha permitido el manejo de las variables desde los historiales clínicos originales, la metodología aplicada en la selección de la muestra y el análisis estadístico.

La quinta y sexta parte están formadas por la descripción de los resultados y la discusión de estos. Los resultados y la discusión están ordenados en tres subdivisiones, que corresponden a los Estudios I, II y III.

Para finalizar se enumeran las conclusiones principales que han surgido del desarrollo de la presente obra.



---

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El mecanismo de la acomodación y sus cambios con la edad se lleva estudiando desde el siglo XVII, cuando Christoph Scheiner<sup>1</sup> en 1620 demostró la existencia de un mecanismo activo de enfoque ocular. El campo de investigación vinculado con la restauración o ralentizamiento de la presbicia a través de sistemas quirúrgicos ha permitido ampliar de forma exponencial la evidencia sobre los cambios que ocurren en el mecanismo de la acomodación con la edad, situando el inicio de la presbicia en torno a los 40 años de edad, cuando la capacidad de acomodación, que comienza a ser efectiva a los 4 meses de edad, empieza a no tener la efectividad necesaria para permitir una visión óptima en distancias cercanas.

Actualmente, las técnicas quirúrgicas enfocadas a restaurar la función acomodativa buscan aportar el poder refractivo al sistema ocular necesario para no requerir un apoyo mediante lentes oftálmicas o de lentes de contacto que permitan una óptima visión en todas las distancias con ausencia de sintomatología, siendo el síntoma principal asociado a la presbicia, la visión borrosa en cerca. Sin embargo, la visión borrosa en cerca, junto con síntomas astenópicos, no es un síntoma exclusivo para población mayor de 40 años, ya que en población pre-présbita, la prevalencia de los desórdenes acomodativos es frecuente y diversa.

A lo largo de la introducción se detalla el mecanismo de la acomodación, las pruebas clínicas que evalúan la función acomodativa y las características de las anomalías de la acomodación en población no-présbita.

### **1.1. MECANISMO DE LA ACOMODACIÓN**

---

La acomodación es el mecanismo por el que el sistema óptico del ojo varía su potencia dióptrica debido a la contracción del músculo ciliar, pudiendo de esta forma obtener una imagen nítida de los objetos situados a diferentes distancias. El cambio en la potencia del ojo expresada en dioptrías se denomina *acomodación*, siendo la definición de una dioptría (D) la inversa de la distancia de un metro. El ojo emétrope en reposo solo puede obtener imágenes nítidas de objetos situados en el infinito, y en esta situación la acomodación es cero. Gracias al mecanismo de la acomodación, el ojo es capaz de enfocar objetos situados en distancias más cercanas. Así, si un ojo emétrope enfoca un objeto situado a 1 metro de distancia, se activa 1.00 D de acomodación; si enfoca un objeto a 40 cm de distancia se activa 2.5 D de acomodación, etc. El valor de la acomodación es siempre una cantidad positiva, y cuanto más próximo se encuentre el objeto que se quiera enfocar, mayor será la cantidad de acomodación requerida. El nivel de acomodación se mide como la vergencia del objeto enfocado, y ésta no se debe confundir con la potencia del ojo. En un ojo con la acomodación relajada, el nivel de acomodación es cero, pero la potencia del ojo es aproximadamente +60 D (la potencia equivalente media del ojo esquemático).

Las teorías actuales sobre el mecanismo de la acomodación se basan en los estudios resultantes de Helmholtz , Gullstrand , Von Kries y Nagel (1909)<sup>2</sup> y de Fincham (1937)<sup>3</sup> , a los que se les han aplicado modificaciones y ampliaciones por Weale (1962)<sup>4</sup> y Fisher (1971)<sup>5</sup>. Actualmente se acepta que cuando el ojo se encuentra en estado de reposo con el músculo ciliar relajado (ojo enfocado a infinito), las tensiones en la zónula que se extiende en el espacio que rodea al cristalino (zónula anterior) ejerce una fuerza con dirección externa sobre el ecuador del cristalino a través de su cápsula. Esta tensión mantiene al cristalino en una posición relativamente aplanada y sin acomodación. Cuando se contrae el músculo ciliar, el vértice interno del cuerpo ciliar se desplaza hacia delante y hacia el eje del ojo. Este desplazamiento da lugar a un estiramiento de la unión posterior del músculo ciliar a la coroides y de las fibras zonulares posteriores. El movimiento del vértice sobre el músculo ciliar rebaja la tensión de reposo de todas las fibras zonulares que se insertan en el cristalino. Al cesar la fuerza centrífuga en el ecuador del cristalino, la cápsula del mismo hace que el cristalino adquiera una forma más

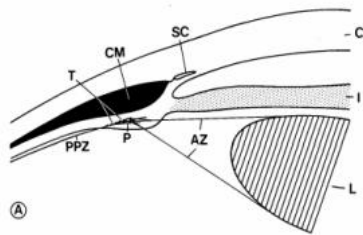
esférica de acomodación. El diámetro del cristalino disminuye y aumentan las curvaturas de la superficie anterior, y en menor grado, la curvatura de la superficie posterior, de forma que se incrementa el espesor del cristalino. El resultado es un aumento de la potencia óptica del cristalino. Además, la profundidad de la cámara anterior disminuye debido al desplazamiento hacia delante de la cara anterior del cristalino. También se observa una pequeña disminución de la profundidad de la cámara vítrea por el movimiento posterior de la cara posterior de cristalino. Este mecanismo también contribuye al aumento de la potencia óptica del ojo. Al cesar el esfuerzo de la acomodación, la elasticidad de la fijación posterior de la coroides y de las fibras zonulares posteriores estiran el músculo ciliar para que vuelva a su configuración aplanada y sin efecto de acomodación. De esta forma, un nuevo aumento de tensión en reposo en las fibras zonulares anteriores situadas en el ecuador del cristalino hace que éste presente de nuevo una forma aplanada y sin efecto de la acomodación<sup>6</sup>.

Los cambios en la forma y poder dióptrico del cristalino se basan en la propiedad de la elasticidad<sup>5</sup>. En ojos jóvenes, el módulo de elasticidad es mayor en el núcleo que en el córtex, y el incremento de la rigidez del cristalino, parece sugerir que esta es una de las principales causas de la presbicia<sup>7-9</sup>, y no la pérdida de capacidad de contracción del músculo ciliar, que apenas se afecta por la edad.

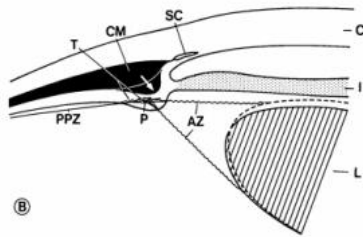
En función de los elementos implicados en el proceso de acomodación se diferencia entre acomodación fática, pseudofática y pseudoacomodación. El aumento del poder dióptrico del ojo debido al cambio de curvatura de cristalino inducido por la contracción del músculo ciliar es la acomodación fática, mientras que la acomodación pseudofática es la que resulta del desplazamiento antero-posterior de una LIO acomodativa o de la separación de los componentes que forman la LIO (en caso de una LIO de óptica dual); en ambas situaciones se produce un cambio en el poder dióptrico del ojo. La pseudoacomodación es la capacidad de enfocar objetos sin modificación del poder dióptrico del ojo: esta situación se consigue gracias a procedimientos quirúrgicos de superficie y de implante de LIO y al uso de lentes oftálmicas y lentes de contacto.

La acción asociada de la acomodación, convergencia y miosis, se denomina triada de acomodación y su acción asociada se denomina "sincinesia". La miosis acomodativa favorece la mejora de la calidad óptica de la imagen ya que debido al proceso de miosis se produce un aumento en la profundidad de foco y las

aberraciones de alto orden disminuyen al disminuir el diámetro pupilar. Debido a la contribución del efecto de la miosis en la calidad de la imagen retiniana, los valores de amplitud de acomodación subjetiva basados en buscar la mayor potencia acomodativa del ojo que permita al sujeto discriminar una imagen dada, están sobrevalorados. En cambio, en las medidas de AA objetiva esto no ocurre.



**A.** Ojo sin acomodar. El músculo ciliar (CM) está relajado; las fibras zonulares anteriores (AZ) permanecen estiradas por efecto de la tracción de las fibras zonulares posteriores (pars plana) (PPZ); debido al estiramiento de las fibras zonulares anteriores, el cristalino o lente (L) se mantiene aplanado.



**B.** Ojo con la acomodación activa. El músculo ciliar se ha contraído (la flecha indica la dirección del movimiento del músculo ciliar) lo que crea la tracción de las fibras zonulares posteriores y de la coroides. En esta situación, las fibras zonulares anteriores se relajan y el cristalino se vuelve más esférico ganando potencia dióptrica.

Imagen original de Rohen (1979)<sup>10</sup>.

Figura 1. Esquema del mecanismo de la acomodación.

---

## 1.2. VÍAS NEURALES

---

El sistema de acomodación tiene unas características dinámicas derivadas de sus bases neurológicas que guardan íntima relación con el sistema de vergencias. La acomodación es un proceso dinámico y complejo de la fisiología del cristalino que no solo implica la capacidad de enfocar objetos a diferentes distancias. Los reflejos psico-ópticos de la acomodación responden a estímulos de borrosidad, que junto con otras fuentes de inervación suplementarias mantienen un flujo cambiante y continuo de inervación acomodativa que ajusta la respuesta acomodativa en función de las demandas visuales y así permite mantener enfocados los estímulos de fijación.

La acomodación tiene cuatro componentes: acomodación refleja, vergencial, proximal y tónica<sup>11</sup>:

1. Acomodación refleja: es la parte involuntaria desencadenada por los detectores de borrosidad. Cuando existe una señal de ruido o de emborronamiento de la imagen en retina, se pone en juego el mecanismo de acomodación refleja para enfocar y mantener el enfoque. Se estima que señales de error superiores a 2.00 D dejan de desencadenar respuestas puramente reflejas, y es entonces cuando se activan otros componentes de la acomodación<sup>12,13</sup>. La acomodación refleja tiene dos respuestas: una primera respuesta que es rápida y es la encargada de producir una respuesta acomodativa para reducir la borrosidad, también denominado sistema transitorio o regulado por la vía magnocelular; y una segunda respuesta o sistema sostenido o regulado por la vía parvocelular, que es lenta y comienza a actuar unos milisegundos después de activarse la primera.
2. Acomodación vergencial: es la parte de acomodación inervada por la convergencia. Clínicamente se representa por el cociente  $CA/C$  (acomodación de convergencia por unidad de convergencia). Las interacciones entre el sistema acomodativo y el sistema vergencial se rigen por un sistema dinámico que está en continuo cambio por los diferentes inputs de inervaciones que reciben los diferentes elementos del sistema binomio "acomodación-vergencia". Para identificar un estímulo, los detectores de borrosidad del sistema acomodativo y los detectores de disparidad retiniana del sistema vergencial se activan. Estas respuestas reflejas, junto a otras fuentes de inervación que se incorporan al

sistema binocular con el fin de minimizar el esfuerzo de los detectores, son los responsables de las respuestas finales<sup>14-16</sup>.

3. Acomodación proximal: es la acomodación inervada por la percepción de proximidad de un objeto y se puede relacionar con el acto voluntario de enfocar objetos cercanos<sup>17</sup>, por lo que la hay una parte de inervación voluntaria implicada en el proceso de la acomodación.
4. Acomodación tónica: en ausencia de estímulo acomodativo, como en situación de oscuridad o ante estímulos “degradados” , la respuesta acomodativa se determina por el equilibrio entre la inervación simpática y parasimpática y se adopta por defecto una posición próxima al punto remoto de lejos<sup>18,19</sup>. Esta situación es la denominada acomodación tónica y su valor oscila entre 0.75 D y 1.5 D. Es una respuesta neural básica que en ausencia de un estímulo de acomodación se activa y su valor disminuye con la edad<sup>18-20</sup>.

Además de estos cuatro componentes, la adaptación acomodativa juega un papel de elemento regulador en el proceso de la acomodación. El término de adaptación acomodativa o “*hysteresis*” es análogo al de adaptación vergencial o adaptación prismática en el que a pesar de aumentar la demanda de vergencias se mantiene la posición motora-sensorial del sujeto. Por tanto, la adaptación acomodativa o “*hysteresis*” se puede definir como un cambio temporal en la acomodación tónica inducida por, y activada inmediatamente después de, un periodo de fijación sostenida<sup>21</sup>. La señal acomodativa final es un sumatorio de cada una de las respuestas neurales de cada uno de los componentes, que desencadena el mecanismo de inervación del músculo ciliar para producir la respuesta acomodativa (véase Figura 2).

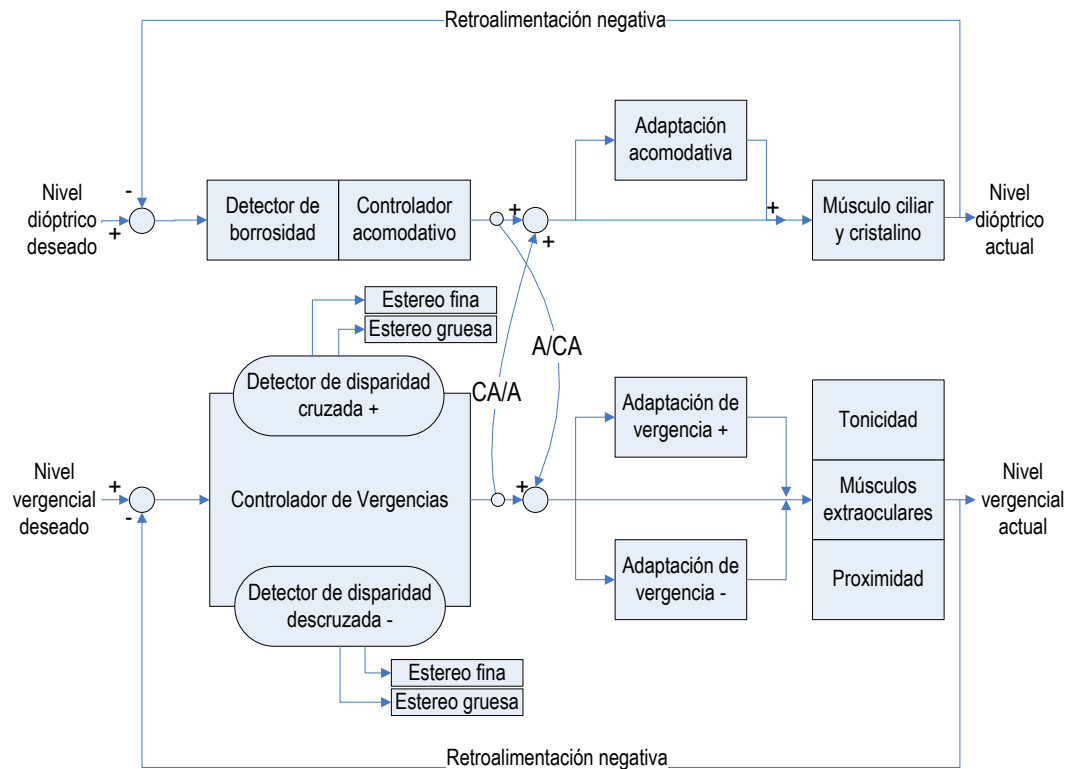


Figura 2. Modelo de inervación del sistema de acomodación-vergencia.

En la parte superior del modelo está representada la inervación del sistema de acomodación. Los elementos inervacionales de la vía acomodativa son la inervación por borrosidad de la imagen, por proximidad del estímulo acomodativo, por la vergencia sostenida que inerva flujo acomodativo, por la acomodación tónica y por la adaptación acomodativa. El resultado final, es la señal acomodativa que genera los impulsos aferentes que viajan a través de la vía óptica (células ganglionares de retina, nervio óptico, quiasma óptico, tracto óptico, cuerpo geniculado lateral y radiaciones ópticas) hasta que la señal llega a córtex visual primario. Modelo adaptado de Hung (1992)<sup>16</sup>.

Actualmente se conoce poco del mecanismo de inervación del sistema de acomodación y de su interacción con el sistema vergencial<sup>22</sup>. A grandes rasgos, el sistema nervioso autónomo tiene dos divisiones mayores anatómicamente diferentes: los sistemas nerviosos simpático y parasimpático, y el sistema de acomodación recibe inervación dual a partir de ambas ramas (véase Figura 3).

El reflejo de la acomodación está inervado principalmente por el sistema parasimpático, aunque parece que el sistema simpático, en mucha menor medida y con acción inhibitoria al reflejo de acomodación, también está implicado. El papel que juega el sistema simpático en el mecanismo de la acomodación implicando al músculo ciliar no está aún resuelto, aunque cierta inervación inhibitoria complementaria parece que sí está presente en el proceso<sup>23-27</sup>. En cambio, la

inervación simpática del músculo dilatador de la pupila si está documentada y revisada<sup>28</sup>.

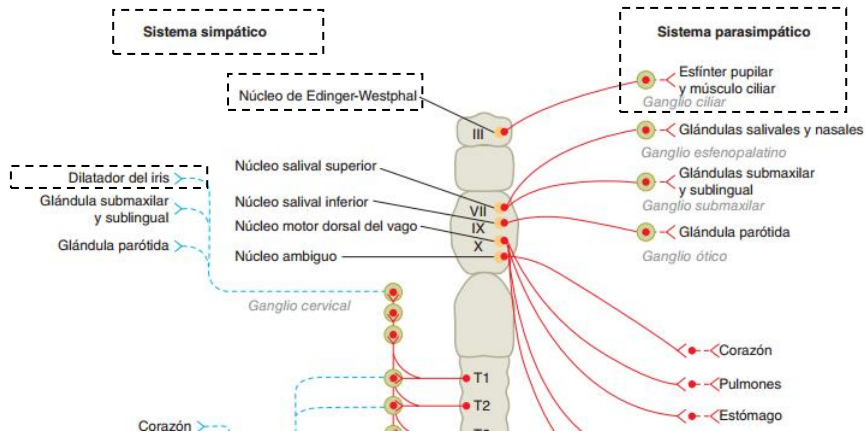


Figura 3. Organización de los sistemas nerviosos simpáticos y parasimpáticos.

Organización de los sistemas nerviosos simpáticos (izquierda) y parasimpático (derecha). A nivel del sistema simpático, las estructuras implicadas a nivel visual son el músculo dilatador de la pupila (músculo liso de disposición radial) que se inerva desde el ganglio cervical superior. A nivel del sistema parasimpático, las estructuras inervadas desde el ganglio ciliar son el músculo esfínter de la pupila (músculo liso de disposición circular) y el músculo ciliar. Figura original de la obra de Kim Barret (2010)<sup>28</sup>.

La señal acomodativa final genera los impulsos aferentes que viajan a través de la vía óptica (células ganglionares de retina, nervio óptico, quiasma óptico, tracto óptico, cuerpo geniculado lateral y radiaciones ópticas) hasta que la señal llega al córtex visual primario (área 17). Desde esta última estructura, a lo largo del fascículo longitudinal superior, la señal llega hasta el área 8 del córtex pre frontal. A partir de aquí, las fibras corticales llegan hasta los núcleos parasimpáticos oculomotores del mesencéfalo. Los cuerpos celulares en el núcleo de Edinger-Westphal del nervio motor ocular común (III par) establecen proyecciones con los ganglios ciliares. Las fibras parasimpáticas postganglionares atraviesan los nervios ciliares cortos hasta llegar al músculo ciliar y el músculo constrictor de la pupila<sup>29</sup>.

El ganglio ciliar recibe las fibras preganglionares parasimpáticas que vienen del núcleo de Edinger-Westphal, y tras sinaptar, las fibras parasimpáticas postganglionares salen del ganglio ciliar que pasando al globo ocular a través de los

nervios ciliares cortos llegan a inervar el músculo ciliar y el músculo esfínter de la pupila. La neurotransmisión a este nivel es colinérgica.

El III par inerva a todos los músculos extraoculares excepto al recto lateral, oblicuo superior, el músculo esfínter de la pupila y el músculo ciliar. La inervación parasimpática del mecanismo de la acomodación desencadena la miosis pupilar (por la activación del músculo esfínter de la pupila), la respuesta acomodativa (por la contracción del músculo ciliar que produce un aumento de la curvatura del cristalino aportando mayor potencia dióptrica al ojo) y la convergencia (por la activación del recto medial).

El músculo liso del iris constituido por fibras radiales se inerva a través del sistema simpático y su activación provoca midriasis. La contracción de las fibras circulares del músculo liso del iris, inervado por el parasimpático provoca miosis. Las neuronas preganglionares simpáticas tienen sus cuerpos en la columna intermedio-lateral de la médula espinal, entre los segmentos T1 y L2. Hay un primer grupo de fibras centrales que se originan en el hipotálamo, desde donde descienden hasta alcanzar las astas intermediolaterales de los primeros segmentos torácicos de la médula espinal. Aquí forman sinapsis con neuronas que envían fibras preganglionares hasta el ganglio simpático cervical superior, donde se originan las fibras postganglionares que van hasta el globo ocular, en el que inervan las fibras radiales dilatadoras del iris y el músculo elevador del párpado (músculo de Müller). Estas sinapsis son adrenérgicas<sup>30</sup>.

### **1.3. MEDIDAS DE LA ACOMODACIÓN**

---

Las medidas que se obtienen en la exploración clínica de la función acomodativa son la amplitud de acomodación (AA), la respuesta acomodativa (RA) ante un estímulo acomodativo determinado, la flexibilidad acomodativa mono y binocularmente y las amplitudes relativas positivas y negativas. De todas ellas, solo la amplitud de acomodación y la flexibilidad acomodativa, son pruebas monoculares. Se trata de pruebas definidas como “directas”, ya que evalúan la función acomodativa sin interacción del sistema vergencial.

#### **1.3.1. Amplitud de acomodación**

---

La amplitud de acomodación (AA) es la máxima capacidad de acomodación medida en dioptrías (D) que permite al sistema ocular mantener la imagen nítida de un objeto. Las medidas se realizan de forma monocular, repitiendo el mismo procedimiento para el ojo derecho e izquierdo. Las medidas binoculares de la función acomodativa deben ser medidas con controles antisupresión para controlar la función binocular. Los valores de AA binocular son menores que los obtenidos en condiciones monoculares<sup>31</sup>. En el análisis de la función acomodativa se pueden desestimar los valores binoculares por la implicación del sistema vergencial en la medida. Si el objetivo de la medida binocular es conocer el estado del sistema vergencial, existen otras pruebas que evalúan el estado motor y sensorial del paciente que aportan información del sistema binocular de forma más precisa y directa.

A pesar de que los métodos de medida subjetivos de la acomodación están basados en respuestas subjetivas del sujeto y no nos permiten conocer el mecanismo responsable del cambio en el poder dióptrico del ojo, son los métodos empleados en la práctica clínica diaria y los más habituales son el método de la lente negativa y el método de acercamiento o *push-up*.

### Método de lente negativa

La medida de la AA monocular mediante método de lente negativa se realiza con el paciente correctamente emetropizado de lejos, al igual que todas las pruebas que evalúan el estado de acomodación. Se realiza en el foróptero adaptando la barra de visión próxima en la que se coloca el test de AV a 33 cm. El test de VP debe estar uniformemente iluminado. Tras comprobar el valor de AV monocular en esas condiciones, se le indica al paciente que debe fijarse en las letras que subtienden una línea menos de AV que su AV VP basal. En estas condiciones se anteponen lentes negativas en pasos de -0.25 D hasta la primera borrosidad mantenida. Durante la realización de la prueba se comprueba si el paciente realmente es capaz de discriminar los estímulos y cuando el paciente percibe borrosidad se le anima para que realice el esfuerzo de enfocar. Si el paciente es capaz de discriminar, se incrementa en 0.25 D la potencia negativa hasta llegar a la posición en la que el paciente no puede discriminar el estímulo acomodativo: esta es la primera borrosidad mantenida. El valor a considerar en el cálculo es la lente anterior a la posición de borrosidad mantenida; 0.25 D menor.

La amplitud de acomodación expresada en dioptrías se obtiene de añadir 2.50 D, el estímulo correspondiente a la distancia de 40 cm, a la cantidad de lentes negativas añadidas. En el cálculo de la AA se tiene en cuenta una distancia de optotipo de 40 cm (se añade 2.50 D), mientras que la prueba se realiza a 33 cm; situación en la que se debería añadir 3.00 D. El tamaño aparente de los objetos disminuye al anteponer lentes negativas, lo que produce una subestimación de la AA. Algunos autores sugieren colocar el test a 33 cm y emplear la distancia de 40 cm para el cálculo para contrarrestar esta subestimación<sup>31</sup>.

*Método de acercamiento o push-up*

La medida de la AA monocular mediante método de acercamiento se realiza con el paciente correctamente emetropizado de lejos. Se emplea un test de AV VP uniformemente iluminado. Tras comprobar el valor de AV monocular en esas condiciones, se le indica al paciente que debe fijarse en las letras que subtienden una línea menos de AV que su AV VP basal y que debe avisarnos cuando perciba borroso el estímulo que se irá aproximando lentamente al ojo a razón de 2-3 cm por segundo. Una vez determinada la posición de la primera borrosidad mantenida, se determina la distancia del ojo a la posición del test. La amplitud de acomodación expresada en dioptrías se obtiene de realizar la inversa de la distancia en metros.

Los resultados sobre la influencia del error refractivo en el valor de la AA no son concluyentes. Algunos estudios reportan valores más elevados de AA en miopes que en emétopes y hipermétropes<sup>32-35</sup>, otros reportan la relación inversa, en la que la AA en miopes es menor<sup>34,36</sup>, y otros no observan relación entre la AA y el error refractivo<sup>37,38</sup>.

En cambio, la AA si disminuye con la edad<sup>39-42</sup>, presentando valores máximos de 15 D en la infancia y mínimos de 2 D a partir de los 45-50 años aproximadamente cuando aparece la presbicia (véase Tabla 1). Los valores normales de AA en función de la edad fueron determinados por Donders<sup>39</sup> en el año 1864 y por Duane<sup>43</sup> en el año 1912, y en ambos casos, las medidas de AA fueron realizadas mediante método subjetivo de acercamiento. La muestra poblacional empleada por Donders fue de 130 sujetos entre 10 y 80 años, mientras que la muestra de Duane fue de 4200 sujetos entre 8 y 72 años. En 1950, fue Hofstetter<sup>44</sup> quien creó a partir de los datos de Donders y Duane las fórmulas que relacionan la edad con la AA. Hofstetter realizó una estimación de la relación entre AA y edad, pero advirtió que era en la muestra entre 20 y 40 años donde había relación. Para fines clínicos, se combinaron los datos desde los 8 a 80 años, obteniendo las siguientes fórmulas:

AA mínima =  $15 - 0.25 \times \text{edad}$

AA media =  $18.5 - 0.3 \times \text{edad}$

AA máxima =  $25 - 0.4 \times \text{edad}$

Tabla 1. Valores de amplitud de acomodación en función de la edad de los estudios de Donders, Duane y Hofstetter.

Edad (años)	Donders (1864) <sup>39</sup>	Duane (1912) <sup>43</sup>		Hofstetter (1950) <sup>44</sup>			
	AA (D) media	AA (D) media	AA (D) mínima	AA (D) máxima	AA (D) media	AA (D) mínima	AA (D) máxima
10	14	13.4	11.1	15.7	15.5	12.5	21
15	12	12.3	10.1	14.15	14	11.25	19
20	10	11.1	8.9	13.4	12.5	10	17
25	8.5	9.9	7.8	12.2	11	8.75	15
30	7	8.7	6.5	10.8	9.5	7.5	13
35	5.5	7.3	5.2	9.3	8	6.25	11
40	4.5	5.8	3.4	7.9	6.5	5	9
45	3.5	3.6	1.9	5.9	5	3.75	7
50	2.5	1.9	1	3.2	3.5	2.5	5
55	1.75	1.3	0.8	1.9	2	1.25	3
60	1	1.2	0.7	1.7	0.5	0	1
65	0.5	1			-1	-1.25	-1
70	0.25	1			-2.5	-2.5	-3

Las medidas de AA fueron obtenidas mediante método subjetivo de acercamiento o push up. AA: amplitud de acomodación.

El método subjetivo de acercamiento o *push-up* sobreestima el valor de la AA debido al aumento de la profundidad de campo que provoca el mayor tamaño angular del estímulo que se aproxima al ojo y a los errores cometidos al estimar la distancia en la que finaliza la prueba (momento en el que el paciente percibe borrosidad)<sup>45-54</sup>. Algunos autores sugieren que las curvas de Duane<sup>43</sup> deben ser corregidas en  $1.5 - 2.00 D$ <sup>55</sup>.

La relación entre la AA y la edad no se comporta del mismo modo para diferentes grupos de edad. Algunos autores han observado cómo en población infantil, la AA no cambia con la edad y muestra curvas algo más planas o incluso en ascenso.

En una muestra poblacional de 140 sujetos, entre 3 y 40 años, se observó que la AA objetiva era ligeramente superior a  $7.00 D$  desde los 3 años hasta la adolescencia.

Esta relativa estabilidad en el valor de la AA no empezaba a disminuir rápidamente hasta la tercera década de la vida<sup>56</sup>.

Otro estudio que analiza en una muestra poblacional de 286 sujetos entre 3 y 11 años la AA medida mediante técnica subjetiva de lente negativa, muestra valores más bajos para sujetos de menor edad y con valores medios en torno a 12.00 D<sup>57</sup>. La diferencia entre estos dos estudios que incluyen sujetos desde los 3 años de edad se debe, entre otros factores, al método empleado para la medida de la AA.

Los resultados de Wold (1967) en una muestra de 125 sujetos entre 6 y 10 años, muestran que los valores de la AA (obtenidos con diferentes métodos subjetivos) se mantienen estables o incluso aumentan entre los 7 y 9 años<sup>38</sup>.

Otro estudio que evalúa la AA mediante técnica *push-up* en una muestra de 72 sujetos entre 6 y 10 años, muestra valores medios de AA OD en  $12.40 \pm 3.7$  D y no se observan valores superiores de AA para la población más joven. Los resultados de Sterner y cols. (2004) muestran valores de AA menores que los sugeridos por Duane y no cumplen la relación establecida por Hofstetter<sup>58</sup>.

Sin embargo, hay estudios que muestran valores de AA en población infantil que si disminuyen con la edad. En una muestra de 899 sujetos entre 5 y 8 años, se realizaron medidas de AA binocular mediante técnica subjetiva *push-up* y se observó una disminución del valor de AA en función de la edad, excepto para el grupo de 7 años que mostró valores de AA menores que el grupo de 8 años<sup>59</sup>.

La comparación del valor de la AA mediante método de lente negativa y método de acercamiento muestran diferencias entre 1.72 D y 4.76 D<sup>41,47,52</sup>, siendo particularmente mayor en población joven<sup>46</sup>. A pesar de que el método de acercamiento es el empleado para realizar diagnósticos de anomalías acomodativas<sup>60</sup>, no es una medida con buena repetibilidad si se compara con el método de lente negativa, siendo este último el que presenta mayor repetibilidad<sup>47</sup>. Por tanto, si la medida de la AA mediante método de acercamiento sobre estima la medida de la AA y la técnica no presenta buena repetibilidad, el uso de la medida mediante lente negativa nos aportará valores más cercanos a la AA y con un método con mejor repetibilidad.

Recientemente las investigaciones relacionadas con la pérdida de la capacidad de acomodación asociada a la edad se han centrado en identificar de forma más precisa la función acomodativa mediante métodos objetivos. Varias técnicas permiten medir la respuesta acomodativa de forma objetiva: retinoscopia dinámica, autorefractores,

fotorefracción y aberrómetros<sup>61</sup>. La estimulación de la acomodación se puede realizar mediante lente negativa, aproximando un objeto de fijación o farmacológicamente con la aplicación tópica de pilocarpina. Los resultados obtenidos muestran que los valores de AA objetiva son menores que los obtenidos mediante técnicas subjetivas, además de presentar mayor eficacia en las medidas<sup>50,56,62,63</sup>. La diferencia entre valores objetivos y subjetivos disminuye cuando la edad aumenta, observando valores de AA objetiva y AA subjetiva mediante lente negativa muy similares en población mayor de 40 años<sup>50</sup>. Según los resultados del estudio de Ostrin y Glasser (2004) en el que se realiza una comparativa entre diferentes métodos de medida de AA en una muestra de 31 sujetos entre 31 y 53 años, se obtuvieron valores de AA subjetiva con lente negativa próximos a los obtenidos mediante técnicas objetivas para población más joven, mientras que en población de mayor edad se sobre-estimó la medida, probablemente por el aumento de profundidad de foco debido al menor tamaño pupilar asociado a población de mayor edad<sup>50</sup> (véase Figura 4).

El uso del valor de la AA subjetiva obtenida mediante técnica *push-up* para predecir el valor de la AA objetiva ha sido estudiado recientemente y el equipo de Anderson y Stuebing propusieron en 2011 una ecuación para convertir el valor de la AA subjetiva obtenida mediante técnica *push-up* en un valor objetivo predecible<sup>64</sup> (véase Figura 5).

La muestra estudiada fue de 227 sujetos con edades comprendidas entre 3 y 64 años. Con una desviación estándar de +/- 2D para el 90% de los sujetos, la ecuación obtenida fue:

$$AA \text{ objetiva predecible} = 8.75 - (0.15 \times \text{edad}) + (0.08 \times AA \text{ subjetiva push-up}).$$

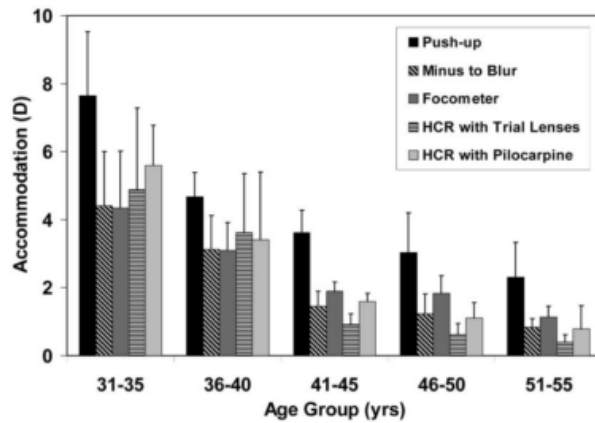


Figura 4. Representación de los valores de amplitud de acomodación obtenidos mediante diferentes técnicas.

La figura del estudio de Ostrin y Glasser (2004) muestra los valores de la AA obtenidos mediante diferentes técnicas de medida. Obsérvense los valores para la técnica subjetiva de acercamiento (*push-up*), técnica subjetiva de lente negativa (*minus to blur*) y los dos métodos objetivos empleados, uno de ellos estimulando la acomodación con lentes negativas (*HCR with trial lenses*) y otro estimulando la acomodación con pilocarpina al 6% (*HCR with pilocarpine*). Los resultados muestran que la técnica *push-up* sobrevalora la AA, y si comparamos la AA medida con lente negativa y con HRC-lentes negativas (método subjetivo vs método objetivo) podemos observar que en el grupo de 31-35 años y de 36-40 años, la medida subjetiva es ligeramente menor; en cambio para mayores de 40 años la medida subjetiva es mayor. Imagen original Ostrin y Glasser (2004)<sup>50</sup>.

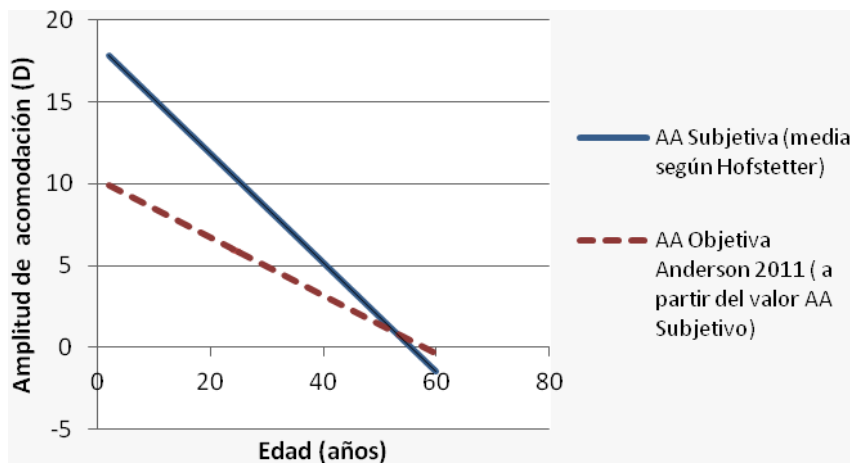


Figura 5. Representación gráfica de la variación de la amplitud de acomodación subjetiva y objetiva en función de la edad.

La línea continua representa la relación lineal entre la AA subjetiva y la edad, considerando la fórmula de AA media de Hofstetter<sup>44</sup> ( $AA\ media = 18,5 - [0,3 \times edad]$ ), mientras que la línea discontinua representa la relación entre la AA objetiva y la edad según la fórmula de Anderson y Stuebing (2011)<sup>64</sup> ( $AA\ objetiva\ predecible = 8,75 - [0,15 \times edad] + [0,08 \times AA\ subjetiva\ push-up]$ ). AA: amplitud de acomodación.

Las medidas objetivas de AA aportan valores menores debido a diferentes factores. Algunos de ellos son: la iluminación, el diámetro pupilar, la profundidad de foco, la agudeza visual, la sensibilidad al contraste, la aberración cromática longitudinal y la demanda cognitiva<sup>65</sup>.

La profundidad de foco es el error de enfoque en retina que se puede tolerar sin que aparezca una nueva señal en los detectores de borrosidad, mientras que la profundidad de campo es el intervalo de distancias en el espacio real que permite que el objeto permanezca enfocado. La profundidad de foco está relacionada con el tamaño pupilar de forma que a menor diámetro pupilar, mayor profundidad de foco y viceversa. De esta forma, las condiciones de iluminación son un factor que afecta a la profundidad de foco por la implicación de la respuesta pupilar a la luz. A mayor iluminación, menor diámetro pupilar y por tanto, mayor profundidad de foco. Con la acomodación y el envejecimiento también disminuye el diámetro pupilar. Esta situación hace que aumente la profundidad de foco. Cuando la acomodación se estima a través de métodos subjetivos, como el test de acercamiento en VP con alta iluminación, la profundidad de foco del ojo da lugar a una estimación excesiva de la amplitud de acomodación real. Por ello, cuando la acomodación se mide incluso en pacientes de edad más avanzada se sigue detectando valores de amplitud de acomodación<sup>66</sup>. La pupila desempeña un papel importante en la formación de la imagen retiniana, de forma que cuanto menor es la pupila mejor es la capacidad del sujeto de tolerar la borrosidad.

Respecto a la aberración cromática longitudinal (ACL) del ojo, si se disminuye la ACL mediante aplicación de luz monocromática o neutralización de la ACL, se altera la respuesta de acomodación refleja normal del ojo. La capacidad de enfoque es más precisa cuando se dispone de todo el espectro de anchura de bandas más que cuando se trabaja con luz monocromática<sup>67</sup>.

Además, la sensibilidad al contraste y la agudeza visual también influyen en la medida subjetiva de la AA. Cuando se estima la AA subjetiva, bien por método de acercamiento o mediante lente negativa, el sujeto debe decidir en qué momento las letras ya no se pueden enfocar. Si la sensibilidad al contraste es baja será más difícil para el sujeto determinar ese momento, y la medida de la AA puede ser sobrestimada. Esta situación puede aparecer en condiciones de baja iluminación, en pacientes de edad avanzada, en casos de cataratas o de otras lesiones con opacificación en los medios en las que el estímulo en VP ya no se percibe con claridad

y, por tanto, es más difícil detectar los cambios en el enfoque. Aunque hay estudios en los que la respuesta acomodativa no cambia a pesar de modificar la frecuencia espacial del estímulo<sup>68</sup>.

La demanda cognitiva parece influir en la respuesta acomodativa, atribuible principalmente a una reducción de la inervación del sistema nervioso parasimpático, aunque los resultados no son concluyentes<sup>69-74</sup>. Algunos estudios muestran una mayor respuesta acomodativa ante altas demandas cognitivas, pero el concepto de tarea cognitiva es variable en función de muchos factores extrínsecos a la tarea expuesta y factores intrínsecos del sujeto.

A pesar de las limitaciones que presentan los métodos subjetivos frente a los objetivos, en la rutina diaria de las consultas oftalmológicas y optométricas se siguen empleando los métodos subjetivos: lente negativa y acercamiento. Los valores obtenidos mediante lente negativa se aproximan más a los valores *gold standard* de los métodos objetivos y presentan mayor repetibilidad, por tanto, parece lógico pensar que a la hora de escoger entre ambos métodos para el ejercicio clínico diario, se escoja el método subjetivo de lente negativa.

### 1.3.2. Respuesta acomodativa

---

La imagen retiniana de un objeto no se forma exactamente sobre la retina. Cuando la vergencia imagen es mayor que la vergencia objeto, la imagen retiniana se forma por detrás de la retina y en esta situación se habla de una respuesta acomodativa disminuida o hipoacomodación. Esta situación es la habitual en sujetos emétopes y sus valores normales obtenidos mediante el método de estimación monocular (MEM) y los cilindros cruzados fusionados (CCF), están alrededor de +0.50 D<sup>31</sup>. Este valor es definido como retraso acomodativo o *lag*, que es la diferencia entre el estímulo de acomodación y la respuesta acomodativa. En algunos estudios se habla de la respuesta acomodativa y en otros del retraso de acomodación para definir el mismo concepto: conocer dónde se forma la imagen retiniana de un estímulo colocado a una determinada distancia. En cambio, la situación contraria en la que la vergencia imagen es menor que la vergencia objeto, la imagen retiniana está por delante de retina y se dice que hay una situación de hiperacomodación o

respuesta acomodativa excesiva. En este caso se habla de un *lead* acomodativo y los valores del MEM o CCF son menores de +0.50 D.

Realizar las pruebas acomodativas con la refracción de lejos del sujeto es importante, ya que valores de hipoacomodación pueden ser indicativos de pacientes hipermétropes sin compensar y situaciones de hiper o hipoacomodación respecto al plano objeto pueden ser causantes de cuadros astenópicos. Considerando una correcta emetropización del sujeto, valores que indican hipoacomodación pueden ser indicativos de insuficiencia de acomodación, mientras que valores de hiperacomodación pueden asociarse a excesos de acomodación<sup>75</sup>.

Se dispone de diferentes métodos para su medida: el método subjetivo de los cilindros cruzados fusionados (CCF) y métodos objetivos como el método de estimación monocular (MEM), retinoscopia Nott y autorefractómetros de campo abierto. Los métodos más empleados en la práctica clínica diaria son los CCF y el MEM, y además son los métodos que se emplean para evaluar la respuesta acomodativa en las clasificaciones de las disfunciones acomodativas.

#### *Método cilindros cruzados fusionados (CCF)*

La medida de la RA mediante método de cilindros cruzados fusionados se realiza con el paciente correctamente emetropizado de lejos y en condiciones binoculares. Se lleva a cabo en el foróptero adaptando la barra de visión próxima en la que se coloca el test de la rejilla a 40 cm. El test de VP debe estar uniformemente iluminado. El test de la rejilla consiste en cuatro líneas verticales y cuatro líneas horizontales superpuestas, formando una cruz. Se trata de un test con fondo blanco y líneas en color negro. Se añaden los cilindros cruzados fusionados (cilindros cruzados de  $\pm 0,50$  D con el eje vertical a  $90^\circ$ ) en ambos ojos, que se encuentran en las lentes de accesorios del foróptero. En esta situación se le pregunta al paciente qué líneas ve más nítidas: horizontales o verticales. Si el paciente está hipoacomodando, verá más nítidas las horizontales y habrá que añadir lentes positivas en pasos de 0.25 D hasta conseguir que ambas líneas se perciban igual de nítidas. Si el paciente no percibe igualdad de líneas y pasa de ver mejor las horizontales a ver mejor las verticales, deberemos considerar como final de la prueba la lente que conseguía más nitidez en líneas verticales. Si el paciente está

hiperacomodando, verá más nítidas las verticales y habrá que añadir lentes negativas en pasos de 0.25 D hasta conseguir que ambas líneas se perciban igual de nítidas. Si el paciente no percibe igualdad de líneas y pasa de ver mejor las verticales a ver mejor las horizontales, deberemos considerar como final de la prueba la lente que conseguía más nitidez en líneas verticales.

La prueba de los CCF se emplea para determinar la adición tentativa para cerca más que para conocer el valor real de la RA, ya que la interposición de lentes durante el periodo de la prueba modifica el valor de la RA<sup>75</sup>.

#### Método de estimación monocular (MEM)

La medida de la RA mediante método de estimación monocular se realiza con el paciente correctamente emetropizado de lejos y en condiciones binoculares. Se emplea el retinoscopio a 40 cm del paciente, al que se le acopla una tarjeta de estímulos acomodativos en el cabezal. El test de VP debe estar uniformemente iluminado. En esta situación se le pide al paciente que enfoque los estímulos acomodativos de la tarjeta y que lo mantenga nítido durante la prueba. En esta situación se realiza la neutralización de las sombras retinoscópicas para cada ojo. En el caso de que el paciente esté hipoacomodando, se encontrarán sombras directas que serán neutralizadas añadiendo lentes positivas. Si el paciente hiperacomoda, las sombras serán inversas y se añadirán lentes negativas. El objetivo es neutralizar las sombras y el valor de la RA será la lente de neutralización. La colocación de lentes de neutralización debe hacerse de forma rápida, sin dejar las lentes puestas ante el ojo del paciente.

La prueba MEM se emplea para conocer la RA y su conocimiento tiene especial importancia cuando se programan tratamientos basados en la prescripción de adiciones como tratamientos de alteraciones acomodativas y binoculares.

El valor de la respuesta acomodativa depende de diversos factores como son la demanda acomodativa, el error refractivo, la edad, la profundidad de foco y el estado motor/sensorial del sujeto.

Los valores del MEM en población sana se encuentran en valores de + 0.50 D aproximadamente. En un estudio de 50 sujetos (15-35 años) en el que el objetivo era comparar los valores obtenidos mediante técnica MEM y técnica retinoscopia Nott, se encontraron valores de MEM en +0.94 D en población sana<sup>76</sup>. En otro estudio realizado en población con alteraciones acomodativas y binoculares (n=34), los valores obtenidos fueron menores (MEM OD +0.316 ± 0.51 D), observación que se corresponde con el tipo de muestra estudiada, ya que la mayor proporción de sujetos presentaba cuadros clínicos asociados con bajos valores de MEM: exceso de acomodación, insuficiencia de convergencia y condiciones combinadas (28/34)<sup>77</sup>.

El valor de la respuesta acomodativa suele estar disminuido (hiperacomodación) en los casos de exceso de acomodación y en cuadros con exoforias no compensadas, aunque condiciones endofóricas de alto AC/A pueden provocar hiperacomodación. En cambio, los casos que suelen estar asociados con una respuesta de hipoacomodación (valores de MEM elevados) son las insuficiencias de acomodación y los excesos de convergencia<sup>31</sup>.

La respuesta acomodativa aumenta a medida que aumenta la demanda acomodativa hasta valores aproximados a demandas de 8.00 D en los que la respuesta se mantiene o disminuye<sup>56</sup>. Para una muestra de sujetos entre 3 y 38 años, en los que se midió la RA mediante un autorefractómetro binocular por infrarrojos de campo abierto, demandas acomodativas de 2.00 D generaban una respuesta media de 1.15 D mientras que demandas de 5.00 D, generaban respuestas de 2.27 D<sup>78</sup>.

La edad parece influir en la respuesta acomodativa. Los resultados de Anderson y cols. (2009)<sup>79</sup> en población de 3 a 20 años donde se crearon demandas acomodativas con lentes negativas y se midió la refracción mediante autorefractómetro de campo abierto, mostraron que el retraso acomodativo o *lag* disminuía al aumentar la edad en un ratio de 0.034 D por año, para una demanda acomodativa de 3.00 D. En cambio, en otros estudios no se encontraron diferencias<sup>78,80</sup>.

La relación entre el error refractivo y la respuesta acomodativa presenta controversia. Algunos estudios muestran que no hay diferencias en la respuesta acomodativa según el error refractivo<sup>78</sup> en población entre 3 y 38 años de edad. En cambio, algunos resultados muestran que la respuesta acomodativa es menor en miopes que emétopes. En un estudio en el que se comparó la respuesta acomodativa en miopes y emétopes, se observó que la respuesta ante demandas de borrosidad inducida por lentes negativas era mayor para emétopes, en cambio, la

respuesta acomodativa inducida por la borrosidad que generaban lentes positivas no mostró diferencias<sup>81,82</sup>. Algunas hipótesis apuntan a que quizás tiene mayor influencia la presencia de borrosidad que el esfuerzo acomodativo en la generación de un estímulo para el proceso de miopización<sup>82</sup>. La evidencia sobre la relación de la respuesta acomodativa y el error refractivo, que apoya la hipótesis del desenfoque hipermetrópico en la retina, ha sido ampliamente confirmada en los últimos años, pero todavía se mantiene la controversia sobre si la respuesta acomodativa disminuida fue antes o después de la aparición de la miopía<sup>83</sup>.

### 1.3.3. Flexibilidad acomodativa

---

La flexibilidad acomodativa (FA) evalúa la capacidad y el dinamismo de la respuesta acomodativa. Si se realiza en condiciones binoculares, además evalúa la capacidad vergencial asociada a la respuesta acomodativa. El procedimiento estándar se basa en el uso de unos flippers de +2.00/-2.00 D en VP (40 cm) con estímulos acomodativos que subtienden niveles de AV una línea por debajo de la AV VP basal del paciente. Durante un minuto se contabilizan el número de veces que el paciente es capaz de discriminar el estímulo a través de las lentes de forma simultánea. Se comienza anteponiendo lentes positivas. La prueba se realiza con el paciente correctamente emetropizado de lejos<sup>84,85</sup>.

Las instrucciones que se les dan a los pacientes son que debe avisar en el momento en el que percibe que el estímulo está nítido. Este método no es fiable en niños<sup>86</sup>, por lo que se emplean las cartas acomodativas en las que el niño debe decir/leer/identificar un número, letra o símbolo. Estas cartas se diseñan en diferentes tamaños para disponer de diferentes niveles de AV. Se recomienda confirmar que el sujeto ha enfocado la imagen pidiéndole que identifique alguno de los estímulos presentados. Se registra el número de ciclos por minuto (cpm) y la posición en la que el paciente presenta mayor dificultad (lentes positivas, negativas o ambas posiciones).

La medida de la FA se trata de una medida basada en la subjetividad del paciente de percibir el estímulo. Debido a la fuerte variabilidad de esta prueba por las características particulares de cada paciente, es importante controlar el resto de variables externas como son: la iluminación del test acomodativo, el tipo de estímulo

acomodativo, la distancia del test, la potencia de las lentes y el uso de controles antisupresión en la prueba binocular.

Los valores de la FA obtenidos en diferentes publicaciones muestran variaciones en función de la edad, del tipo de medida (monocular vs binocular), de la metodología realizada en la prueba, de la sintomatología y del estado refractivo.

La edad es una variable que afecta al valor de la FA y existen diferentes estudios en población sana y con disfunciones acomodativas que lo reflejan. La tabla 2 resume los estudios y los valores de FA monoculares y binoculares según la edad, sintomatología, estado refractivo y disfunción acomodativa de los sujetos. Los valores de la FA mono y binoculares tienden a aumentar con la edad, excepto para pacientes pre-présbitas. Tal y como se puede observar en la Tabla 2, en población infantil se obtienen valores inferiores que en edad adulta (<30 años), en cambio en población pre-présbita (30-42 años) los valores de FA vuelven a disminuir. Esto puede ser debido a que este tipo de población presenta valores de AA menores y la potencia del flipper diagnóstico empleado es la misma para todos los grupos de edad. Por tanto, los resultados de los estudios contenidos en la tabla 2 muestran que hasta los 30 años de edad la FA aumenta con la edad, y es a partir de los 30 años, cuando la FA disminuye al aumentar la edad.

La potencia del flipper diagnóstico influye en los valores de FA y por tanto, en las clasificaciones de anomalías acomodativas. Un paciente de 10 años con una AA de 12.00 D necesita poner en juego el 33% (4/12) de su amplitud de acomodación en la prueba de FA con un flipper de +2.00/-2.00 D, mientras que un paciente de 30 años con una AA de 5.00 D necesita poner en juego el 80% (4/5) de su acomodación para realizar la prueba. Esta observación fue considerada por Wick y cols. 2002<sup>87</sup>, donde los autores proponen el uso de diferentes potencias de flipper en función del valor de la AA del sujeto. El uso habitual del flipper de +2.00/-2.00 D como prueba diagnóstica en todos los rangos de edad no será una buena prueba diagnóstica. En una muestra de 45 sujetos de edades comprendidas entre 30 y 42 años, sintomáticos y no sintomáticos, se observaron valores de FAM por debajo de 3 cpm en pacientes no sintomáticos cuando se empleaba el flipper de +2.00/-2.00 D, mientras que los valores de FAM aumentaban hasta en 8 cpm al usar un flipper de +1.00/-1.00 D<sup>88</sup>.

Los valores binoculares son menores que los obtenidos de forma monocular debido a la implicación del sistema binocular. Ante lentes positivas el sujeto debe relajar la acomodación para enfocar el estímulo y poner en juego sus reservas de

base externa, mientras que ante lentes negativas debe activar la acomodación y poner en juego sus reservas de base interna. La cantidad de reservas vergenciales que se deben poner en juego dependen de la relación AC/A de cada sujeto.

Respecto a la influencia de la sintomatología en el valor de la FA, se observa que la FA es menor ante la presencia de síntomas<sup>89</sup>, y por supuesto, ante disfunciones acomodativas asociadas donde la FA es una de las pruebas diagnósticas.

De forma general se observa la tendencia de que los valores binoculares son menores que los monoculares y que el valor, bien mono o binocular, aumenta con la edad, excepto en pacientes pre-présbitas en los que una AA reducida hace que el valor de la FA se vea también disminuido.

Tabla 2. Resumen de los valores de flexibilidad acomodativa monocular y binocular publicados por diferentes autores.

Autor	N	Edad	FAM (cpm)	FAB (cpm)
<b>Scheiman y cols. (1988)<sup>86</sup></b>	395	6 - 12		6 años 2.8 ± 2.4 7 años 3.4 ± 2.7 8 años 4.4 ± 2.4 9 años 5.4 ± 2.3 10 años 4.7 ± 2.4 11 años 5.0 ± 2.4 12 años 4.9 ± 2.6
<b>Jimenez y cols. (2003)<sup>90</sup></b>	1056	6 - 12	6 años 5.9 ± 2.7 7 años 6.3 ± 2.6 8 años 7.1 ± 3.3 9 años 8.0 ± 3.5 10 años 7.2 ± 3.6 11 años 7.0 ± 3.4 12 años 8.6 ± 3.6	6 años 2.6 ± 1.8 7 años 3.0 ± 1.9 8 años 3.6 ± 2.1 9 años 4.4 ± 2.7 10 años 4.3 ± 2.7 11 años 3.8 ± 2.4 12 años 5.2 ± 2.9
<b>Pandian y cols. (2006)<sup>91</sup></b>	1328	6-8	6 años 6.7 ± 1.4 7 años 7.0 ± 1.5 8 años 7.6 ± 2.2	
<b>Hennessey y cols. (1984)<sup>89</sup></b>	50	8-14	Sint: 8.6 ± 5.5 Asint: 11.8 ± 6.4	Sint: 4.0 ± 6.0 Asint: 7.86 ± 8.0
<b>García y cols. (2000)<sup>92</sup></b>	48	10-30		DA: 7.5 ± 3.2 DB: 5.2 ± 3.8
				DA o DB: 7.1 ± 4.1 Normal: 13.1 ± 2.5
<b>Allen y cols. (2010)<sup>93</sup></b>	18	20-25	Emétropes: 14.1 ± 3.8 Miopes: 13.8 ± 5.6	
<b>Zellers y cols. (1984)<sup>85</sup></b>	100	18-30	11.6 ± 5.0	7.7 ± 5.2
<b>Siderov y Diguglielmo (1991)<sup>88</sup></b>	45	30-42	<u>Flipper ± 2.00</u> Sint: 0.7 ± 1.4 Asint: 1.7 ± 1.8 <u>Flipper ± 1.00</u> Sint: 8.1 ± 5.6 Asint: 9.1 ± 4.2	

La tabla muestra los valores medios con desviación estándar de la prueba FAM y FAB obtenidos por diferentes autores, en función de la edad, presencia o ausencia de síntomas o disfunción visual y tipo de flipper empleado en la prueba. FAM: flexibilidad acomodativa monocular; FAB: flexibilidad acomodativa binocular; Sint: sintomático; Asint: asintomático; DA: disfunción acomodativa; DB: disfunción binocular.

#### 1.3.4. Acomodaciones relativas

---

Las medidas de la acomodación relativa se realizan de forma binocular con el sujeto emetropizado. Se realiza anteponiendo el test acomodativo a 40 cm y el objetivo de la prueba es conocer la cantidad de acomodación que se puede activar (mediante lentes negativas) o relajar (mediante lentes positivas) pero sin modificar el plano de convergencia que el estímulo exige al sistema visual del paciente.

La acomodación relativa positiva (ARP) se define por la cantidad de acomodación que se puede activar y la acomodación relativa negativa (ARN) se define por la cantidad de acomodación que se puede relajar.

Los valores de ARN bajos pueden ser indicativos de un déficit en la capacidad de relajar la acomodación o bien en la capacidad de activar las reservas fusionales positivas. En cambio, valores disminuidos de ARP pueden ser indicativos de déficit en la capacidad de activar la acomodación o en la capacidad de activar las reservas fusionales negativas.

La metodología aplicada se basa en ir anteponiendo binocularmente lentes positivas (para estimar el ARN) o lentes negativas (para estimar el ARP) e indicar al paciente que nos avise en el momento en el que perciba el “más mínimo cambio” en la percepción del estímulo acomodativo que se ha colocado a 40 cm y que subtiende una o dos líneas menos de AV que la AV VP basal del paciente. La prueba se realiza con el paciente correctamente emetropizado de su error refractivo de lejos. La subjetividad de la prueba es elevada, siendo una tarea difícil la de ser capaz de discernir qué es un pequeño cambio en la percepción de la imagen.

Se trata de una prueba binocular, y no hemos encontrado ninguna referencia sobre la metodología en la prueba que indique estrategias para controlar que la prueba se realiza en condiciones binoculares. Al igual que la prueba de FAB se realiza mediante controles antisupresión, esta prueba también debería incluirlos y no lo hace.

Los valores norma de estas medidas son de  $+2.00 \pm 1.1$  D y  $-2.25 \pm 0.50$  D para el ARN y ARP respectivamente<sup>94</sup>, no habiendo mucha información sobre valores normales de estas dos medidas. En cambio, hay más uniformidad en los puntos de corte que algunos autores aplican: un  $ARP \leq 1.25$  D se incluye en algunos criterios diagnósticos de insuficiencia de acomodación, y un  $ARN \leq 1.50$  D ó  $\leq 1.00$  D en criterios diagnósticos del exceso de acomodación. A pesar de que las pruebas de

ARN y ARP poseen baja repetibilidad<sup>95</sup>, se siguen empleando en algunos criterios diagnósticos de las disfunciones acomodativas.

#### 1.3.5. Error refractivo latente

---

El error refractivo latente (ERL) se define como la diferencia en dioptrías de la refracción en condiciones no cicloplégicas (condiciones manifiestas o subjetivas) y cicloplégicas (condiciones objetivas).

Durante la refracción manifiesta o no cicloplégica se busca la situación en la que de forma subjetiva se pueda controlar la acomodación del paciente. Para ello, se miopiza al ojo, mediante lentes positivas para inhibir la activación de la acomodación. La señal de borrosidad provocada por las lentes positivas que han desplazado el foco a una posición más alejada de retina que antes de comenzar el proceso de miopización, no activará el mecanismo de acomodación, ya que su activación solo provocaría mayor borrosidad en la imagen. Cuando los rayos que llegan a retina lo hacen de forma convergente, el ojo no podrá enfocar la imagen ya que la imagen está antes de retina. Es la situación que se busca en el proceso de refracción subjetiva de "miopización". En cambio, las lentes negativas, harán que la vergencia emergente en retina se localice detrás de esta, y la borrosidad de la imagen sí estimulará la acomodación, que al otorgar mayor potencia dióptrica al ojo, llevará la imagen a retina.

En cambio, cuando se realiza una refracción en condiciones cicloplégicas, no es necesario realizar ningún protocolo para controlar la acomodación del paciente, ya que debido a la acción ciclopléfica del fármaco, la acción del músculo ciliar está inhibida. El mecanismo de acomodación está paralizado, por lo que la medida de la refracción obtenida en estas condiciones será la medida *gold standard* del estado refractivo del sujeto<sup>96</sup>.

Los sujetos hipermétropes tienen la capacidad de poder activar su acomodación para llevar el foco imagen de un objeto en infinito a su retina, y en condiciones manifiestas no muestran todo el valor refractivo, quedando una reserva, que es la diferencia entre la hipermetropía latente y la manifiesta. En cambio, en un ojo miope, ante un estímulo visual en infinito, la vergencia emergente en retina se localizará delante de esta, y la borrosidad de la imagen solo podrá ser eliminada si se

reduce la potencia refractiva del ojo. Si en esta situación, el ojo miope activa la acomodación, provocará mayor borrosidad en la imagen. Por ejemplo, un sujeto que presenta un valor refractivo en condiciones manifiestas de -2.00 esf con valores de AV 1.2 en lejos obtenidos mediante técnica refractiva subjetiva de miopización, el valor refractivo en condiciones cicloplégicas será de esa cantidad o menor. En el caso del ejemplo podríamos obtener valores de refracción cicloplégica de -2.00 esf, lo que indicarían que el sujeto en condiciones manifiestas mantiene el sistema de acomodación igual de “relajado” que cuando está en condiciones cicloplégicas; o podríamos obtener valores refracción cicloplégica menores de -2.00 esf, por ejemplo de -1.00 esf, lo que indica que en condiciones manifiestas el ojo del sujeto activa la acomodación en 1.00 D (diferencia entre 2.00 D de refracción no cicloplégica y 1.00 D de refracción cicloplégica). Esta situación se conoce como “pseudomiopía”<sup>97</sup>.

El ERL varía en función del método refractivo seleccionado y en un estudio que analizó el error refractivo en 98 niños chinos entre 12 y 60 meses, se observó mayor diferencia en el ERL si se empleaban técnicas basadas en autorefractometría que en técnicas retinoscópicas, produciéndose una sobreestimación del ERL al emplear autorefractometría de campo abierto<sup>98</sup>. Las aberraciones de alto orden aumentan en ojos dilatados<sup>99</sup>, por lo que la medida obtenida mediante técnicas retinoscópicas son más reales que las obtenidas mediante autorefractometría.

Aunque, dentro de las técnicas de autorefractometría, se dispone de dispositivos de campo cerrado y de campo abierto, las medidas de ERL tomadas con los de campo cerrado no muestran diferencias respecto a las medidas tomadas con retinoscopia<sup>100</sup>.

Algunos estudios sobre cambios en el error refractivo con y sin cicloplegia se basan en población de origen asiático y esquimales<sup>101-104</sup>, en los que la pigmentación del iris es diferente que en población mediterránea. Aunque algunos estudios no muestran diferencias en el grado de efecto del ciclopentolato en función del grado de pigmentación del iris, pero en cambio si lo encuentran en el error refractivo del sujeto, observando mayores valores de ERL cuanto más positivo es el error refractivo<sup>103</sup>.

#### 1.4. ANOMALÍAS DE LA ACOMODACIÓN

La clasificación internacional de enfermedades (*International Classification of Diseases ICD*) de la organización mundial de la salud (OMS) se rige por estándares de codificación. La [ICD-10 \(versión 2015\)](#) presenta un sistema de clasificación relativo a los trastornos de la visión binocular, acomodación y refracción contenido en la lista VII; código H00-H959; Enfermedades del ojo y sus anexos. Las alteraciones acomodativas, pertenecen al grupo H52.5 definido como “trastornos de acomodación”, pero no están establecidas subclasificaciones.

La presbicia pertenece al grupo H52.4 de la *ICD*. La presbicia no es una anomalía de la acomodación, es una condición asociada a la edad y a la pérdida de funcionalidad del sistema de acomodación.

Tabla 3. Clasificación internacional de los trastornos de acomodación (*International Classification of Diseases ICD*) de la organización mundial de la salud (OMS).

##### **(H52) Trastornos de refracción y acomodación**

(H52.0) Hipermetropía
(H52.1) Miopía
(H52.2) Astigmatismo
(H52.3) Anisometropía y aniseiconía
(H52.4) Presbicia
(H52.5) Trastornos de acomodación
(H52.6) Otros trastornos de refracción
(H52.7) Trastorno de refracción sin especificar

Una clasificación de enfermedades tiene como objetivo permitir el registro sistemático, el análisis, la interpretación y la comparación de los datos recolectados en diferentes entornos y en diferentes épocas. La utilidad de convertir los términos diagnósticos y de otros problemas de salud, de palabras a códigos alfanuméricos que permiten su fácil almacenamiento y posterior recuperación para el análisis de la información, en la práctica se ha convertido en una clasificación diagnóstica estándar internacional para propósitos epidemiológicos generales y muchos otros de administración de salud pública.

Las anomalías de la acomodación en población no presbíta se clasifican en las siguientes subcategorías definidas por Duke Elder en 1949<sup>105</sup>:

- Insuficiencia de acomodación. Se define, en términos generales, como la condición en la que el sujeto presenta valores de AA por debajo de la norma para su edad. El mecanismo encargado de la activación de la acomodación está alterado o disminuido.
- Exceso de acomodación. Se define, en líneas generales, como la condición en la que el sujeto presenta una respuesta acomodativa excesiva para un estímulo visual presentado. El mecanismo encargado de ajustar la respuesta acomodativa presenta una respuesta excesiva.
- Inflexibilidad acomodativa. Se define como la condición en la que el sujeto presenta dificultad para realizar cambios dinámicos entre el sistema de activación y el sistema de relajación de la acomodación

Cuando un paciente es catalogado con el código internacional H52.5 “Trastornos de acomodación”, no podemos diferenciar si la alteración en la acomodación es debida a una afectación en el mecanismo de la activación, en el mecanismo de la relajación o en ambos.

Aunque actualmente no existe un criterio común para aplicar en la categorización de las disfunciones acomodativas<sup>60</sup>, y esto conlleva situaciones como que un paciente pueda compartir diagnósticos o incluso no disponer de un diagnóstico catalogado que englobe su cuadro clínico<sup>94</sup>, actualmente las anomalías de acomodación se clasifican en las tres subcategorías definidas por Duke Elder<sup>105</sup>.

Las alteraciones del sistema acomodativo son bastante frecuentes y originan una cantidad importante de síntomas. Suelen cursar con episodios mantenidos u ocasionales de visión borrosa en visión próxima y/o lejos que pueden aumentar tras episodios prolongados de trabajo en cerca. Las pruebas clínicas empleadas para su clasificación son la AA, el ARN/ARP, FAB, FAM y RA.<sup>94</sup>

### La etiopatogenia de las anomalías de acomodación en población no-présbita

Algunos medicamentos pueden modificar o alterar la función acomodativa y dichos cambios suelen ser bilaterales, de aparición brusca y de duración limitada. En muchas de las fichas técnicas de los medicamentos, la visión borrosa aparece como posible reacción adversa y son los fármacos que actúan sobre el sistema nervioso autónomo (antihistamínicos, neurolépticos, broncodilatadores, antiinfecciosos, antiepilépticos, analgésicos,...) los que más pueden alterar la visión por causa sistémica. En el caso de niños y adolescentes de la Comunidad de Madrid, se han encontrado alteraciones en la refracción y en la acomodación mediante el registro de las notificaciones a la base de datos nacional de sospechas de reacciones adversas a medicamentos (FEDRA) (Informe de octubre 2014). Entre los medicamentos sospechosos se encuentran el metilfenidato, topiramato, mequitazina, oxcarbazepina, cefixima, telitromicina, vacuna frente al virus del papiloma humano y paliperidona, siendo el metilfenidato el que mayor número de notificaciones ha recibido. La indicación del metilfenidato está autorizada para el tratamiento de trastorno por déficit de atención-hiperactividad (TDAH) en niños a partir de 6 años cuando otras medidas han demostrado ser insuficientes<sup>106</sup>.

Los defectos refractivos no corregidos, sobre todo la hipermetropía, pueden originar desórdenes en la función acomodativa, de ahí que las líneas de tratamiento de disfunciones acomodativas se basan en la prescripción óptica del error refractivo como primera medida a adoptar ante la presencia de alteraciones en la función acomodativa<sup>31,107</sup>. Además, una elevada variedad de condiciones neurológicas del sistema periférico y central, así como condiciones de origen sistémico y ocular también pueden afectar negativamente al sistema de acomodación<sup>108</sup>.

#### 1.4.1. Insuficiencia de acomodación

---

La insuficiencia de acomodación (IA) es una anomalía de origen funcional del sistema encargado de activar y mantener la acomodación. Se define como la condición en la que la AA del sujeto es menor que la esperada para su edad sin que dicha disminución sea debida a la esclerosis del cristalino o a otras causas de origen sistémico o farmacológico<sup>94</sup>. En el diagnóstico diferencial de la IA se debe prestar

atención a los pacientes hipermétropes no compensados, ya que pueden simular una IA. De ahí la importancia de realizar las medidas de la función acomodativa con la refracción de lejos del paciente.

La sintomatología asociada a la IA engloba cuadros astenópicos que cursan con visión borrosa, dolor de cabeza, somnolencia, disminución de los periodos de trabajo en VP, disminución del rendimiento académico o escolar, etc.

Los signos clínicos asociados a la IA son una AA reducida y valores disminuidos en las pruebas que exigen poner en juego la acomodación. Las pruebas que emplean lentes negativas se verán afectadas, así los valores de las pruebas FAM y FAB tendrán valores por debajo de norma cuando el flipper esté en posición de lentes negativas. Del mismo modo, la prueba ARP, en la que se introducen lentes negativas para su realización, se verá afectada. Además, la respuesta acomodativa (RA), medida mediante retinoscopia MEM o con el método de CCF podrá mostrar valores de hipoacomodación.

Debido a la interacción del sistema acomodativo y vergencial, la IA puede estar asociada a otras condiciones binoculares como la insuficiencia de convergencia o exceso de convergencia, aunque no son exclusivas de la IA<sup>109</sup>.

Los criterios diagnósticos de la IA varían en función del tipo de prueba incluida en el criterio, de la metodología empleada en las pruebas, de la condición de que dichos signos clínicos sean condición necesaria o no, y de los puntos de corte de los signos clínicos incluidos. En una revisión de la literatura científica, entre los años 1986 y 2012, sobre los resultados publicados vinculados a criterios diagnósticos de anomalías binoculares y acomodativas, se encontró gran diversidad en los criterios de las condiciones<sup>60</sup>.

La AA es el signo clínico principal de la IA. Es una condición necesaria que en algunos casos es condición única (no necesita que se den más signos clínicos)<sup>58,59,110-115</sup> y en otras es una condición que debe darse junto con otras. La metodología empleada para la medida de la AA es la técnica de acercamiento o *push-up*. El punto de corte diagnóstico de la AA se establece a partir de la fórmula de AA norma mínima de Hofstetter ( $AA=15-0.25 \times edad$ ), de forma que si la AA del sujeto es menor a la AA norma en 2 D, se cumple la condición. La gran mayoría de criterios cumplen esta condición<sup>77,109-112,115-125</sup>, pero hay algunos autores que no aplican este corte diagnóstico al valor de la AA; uno de ellos establece que la AA del sujeto debe ser 3D menor que la AA norma<sup>114</sup>, otro aplica la fórmula de AA norma media de Hofstetter

$(AA=18-0.3 \times \text{edad})^{126}$  y otros no relacionan la AA con la edad, y marcan puntos de corte de la AA en valores  $< 8.00 \text{ D}^{59,113}$  y en valores  $\leq 10.00 \text{ D}^{127}$ .

La FAM con dificultad en las lentes negativas es otro de los signos clínicos de la IA y nunca es considerada como signo único de la IA. La FAM va asociada siempre a la AA y, según el criterio diagnóstico, a otras pruebas como la FAB, MEM, CCF o ARP. De los estudios que incluyen la FAM como uno de los signos clínicos de la IA, todos la consideran como condición necesaria<sup>77,110,117-121,123</sup> excepto un estudio que incluye a la FAM como una de las condiciones posibles entre FAM, FAB, MEM y ARP<sup>122</sup>. En este caso en concreto, el criterio diagnóstico necesita que se cumplan 4 signos clínicos, uno de ellos es la AA y los otros 3 son relativos a las pruebas FAM, FAB, MEM y ARP. Se deben cumplir 3 de los 4 signos clínicos (FAM, FAB, MEM Y ARP), por lo que puede que un sujeto sea diagnosticado como enfermo y su FAM no esté disminuida.

La mayoría de los estudios que incluyen la FAM en sus criterios diagnósticos marcan el punto de corte en  $\leq 6 \text{ cpm}^{77,110,117,119,120,122,123}$  mientras que uno de ellos lo marca en  $\leq 4.5 \text{ cpm}^{121}$  y siempre con dificultad en lentes negativas.

La FAB con dificultad en las lentes negativas es otro de los signos clínicos de la IA. Lo incluyen la gran mayoría de los criterios diagnósticos que también emplean la FAM como signo clínico. Sólo el estudio de Cacho y cols. (2002) lo excluye, dejando su criterio diagnóstico acotado a dos signos, ambos necesarios: la AA y la FAM; en concreto, una AA dos dioptrías menor que la AA norma mínima de Hofstetter y una FAM  $\leq 6 \text{ cpm}$  fallando en negativos<sup>110</sup>. La FAB va asociada siempre a la AA y, según el criterio diagnóstico, a otras pruebas como la FAB, MEM, CCF o ARP. De los estudios que incluyen la FAB como uno de los signos clínicos de la IA<sup>77,114,117-123</sup>, todos la consideran como condición necesaria, excepto dos de ellos<sup>121,122</sup>. La mayoría de los estudios que incluyen la FAB en sus criterios diagnósticos marcan el punto de corte en  $\leq 3 \text{ cpm}$ , excepto dos que lo marcan en  $0 \text{ cpm}^{114,118}$  y uno de ellos que lo marca en  $\leq 2.5 \text{ cpm}^{121}$ .

La retinoscopia MEM es un signo clínico de la IA pero no es condición necesaria, excepto en algunos estudios donde el MEM si es condición necesaria junto con AA, FAM, FAB, CCF y ARP<sup>120,123</sup>. El punto de corte de la prueba MEM está en  $\geq 1.00 \text{ D}^{114,115,118}$  y en  $\geq 0.75 \text{ D}^{77,117,119,120,122,123}$ . La prueba de los CCF solo lo emplean dos autores, ambos como condición necesaria y con punto de corte en  $\geq 1.00 \text{ D}^{120,123}$ .

La prueba de ARP es otro de los signos clínicos de la IA, siendo normalmente incluida como una condición no necesaria<sup>77,117-119,121,122</sup>, de forma que si el resto de

condiciones no necesarias (FAM, FAB, MEM, CCF) se cumplen, el ARP puede no estar disminuido. Normalmente la prueba ARP forma parte de criterios diagnósticos con más de 3 signos clínicos, pero hay un autor que lo incluye como condición necesaria junto con la AA<sup>109</sup>. El punto de corte del ARP está marcado en  $\leq 1.25$  D para todos los autores que lo incluyen dentro de su criterio diagnóstico<sup>77,109,117-121,123</sup>, excepto uno de ellos que aplica un punto de corte de  $\leq 1.00$  D<sup>114</sup>.

En resumen, los criterios diagnósticos de la IA pueden tener desde un solo signo clínico, con la AA como signo único y con diferentes puntos de corte según el autor, y hasta 5 signos, como en el caso del estudio de Porcar y cols. (1997) con una AA dos dioptrías menor que la AA norma mínima de Hofstetter, con una FAM  $\leq 6$  cpm fallando en negativos, con una FAB  $\leq 3$  cpm fallando en negativos, con un MEM  $\geq 0.75$  D, con un CCF  $\geq 1.00$  D y con un ARP  $\leq 1.25$  D<sup>120</sup>.

Es evidente que las tasas de frecuencia de la condición sufrirán variaciones debido a la diferencia entre los criterios diagnósticos, además de las variaciones debidas al tipo de muestra seleccionada en el estudio.

Las tasas de frecuencia de IA encontradas reportan valores entre 0% y 61.7%<sup>58,59,77,109-112,114-124,127</sup>. La tasa más baja, de un 0%, se encontró en población infantil de ámbito urbano (n=899) de 5 años de edad. El criterio diagnóstico definido para la condición denominada por el autor como “acomodación disminuida” fue que la AA binocular fuera menor de 8.00 D<sup>59</sup>. En ese mismo estudio, las tasas para edades de 6 y 7 años fueron del 5% y 7% respectivamente. En contraposición, la tasa más alta, del 61.7%, se encontró en población clínica sintomática (n=120), entre 6 y 16 años, donde el criterio diagnóstico definido fue que la AA monocular fuera menor de 10.00 D<sup>127</sup>. Las tasas de frecuencia de la condición se sobreestiman cuando la muestra seleccionada es de ámbito clínico y sintomática. Respecto al criterio diagnóstico, ambos estudios solo emplean un signo clínico, la AA, y ninguno de ellos lo vincula a la edad ya que para población joven parece que la AA no varía con la edad<sup>56,59</sup>.

Los estudios que emplean dos o más signos clínicos, donde la AA menor a 2 D de la norma mínima siempre está presente, y la población de estudio es de ámbito clínico, presentan tasas del 2%<sup>118</sup>, 2.29%<sup>122</sup>, 3%<sup>117</sup>, 3.96%<sup>77</sup>, 4.27%<sup>110</sup>, 8%<sup>114</sup> y 8.82%<sup>119</sup>.

Hay estudios que reportan diferentes tasas de frecuencia de la IA a partir del mismo estudio. Se considera la misma muestra y se modifican los criterios diagnósticos, de forma que cuantos más signos clínicos se incluyan, menor será la

tasa de frecuencia. Un ejemplo se puede observar con los datos derivados del estudio de Cacho y cols. (2002), en el que la frecuencia de IA se sitúa en un 12.5% cuando se aplica como criterio diagnóstico la AA menor a 2 D de la norma mínima y, al añadir un segundo signo clínico, la FAM  $\leq$  6 cpm, la tasa se reduce hasta 4.27%<sup>110</sup>.

A pesar de la diversidad de criterios, la IA es la condición que parece tener mejor definida su condición y el criterio diagnóstico seleccionado como más válido es el basado en dos signos clínicos: la AA y la FAM, donde el punto de corte diagnóstico de la AA se establece en 2D menos de la AA norma mínima de Hofstetter (AA=15-0.25xedad) y el punto de corte de la FAM se establece en valores  $\leq$  6 cpm con dificultad en negativos<sup>60,110</sup>.

#### 1.4.2. Exceso de acomodación

El exceso de acomodación (EA) es una anomalía de origen funcional del sistema encargado de relajar la acomodación. Las pruebas clínicas que evalúan la capacidad de relajar la acomodación mediante lentes positivas (FAM, FAB, ARN) pueden presentar valores disminuidos, así como una respuesta acomodativa, estimada mediante retinoscopia MEM o CCF, de hiperacomodación. Dentro de la literatura científica podemos encontrar algo de confusión respecto a la denominación de esta condición, ya que se encuentran los términos de espasmo de acomodación, espasmo de reflejo de cerca o pseudomiopía, para intentar englobar una misma anomalía donde la intensidad de la condición parece definir la terminología<sup>31</sup>. Todas las condiciones cursan con dificultad, en mayor o menor medida, en la capacidad de relajar el sistema de acomodación para un estímulo visual determinado. Uno de los principales síntomas de estas condiciones es la disminución de la AV en VL, que será tanto mayor cuanto mayor sea el colapso del sistema acomodativo. Los pacientes con exceso de acomodación pueden presentar unos valores de respuesta acomodativa disminuida, y aunque en población miope ésta se encuentra disminuida<sup>35</sup>, no hay consenso sobre si a medida que la respuesta acomodativa empeora, la miopía progresa<sup>128</sup>, o bien, que no hay ninguna relación entre ambos parámetros<sup>129</sup>.

El espasmo de acomodación es una condición rara y poco frecuente en la que una sobre estimulación del sistema parasimpático parece ser el origen de la

condición<sup>130</sup>. Se trata de una condición involuntaria en la que la activación del músculo ciliar se mantiene en ausencia de estímulo visual, y puede ser originada mediante fármacos de acción colinérgica, por traumatismos o daños neurológicos<sup>131-134</sup> y por causas de origen psicogénico<sup>135</sup>. La condición está caracterizada por la activación de la triada de cerca: acomodación, convergencia y miosis y es entonces cuando también recibe el nombre de espasmo de reflejo de cerca. Esta condición cursa con sintomatología de fuertes dolores de cabeza y oculares, visión borrosa, mareos, y diplopia cuando se dá en su totalidad y aparece asociado un exceso de convergencia. El diagnóstico diferencial de esta condición incluye la parálisis del VI par, insuficiencia de divergencia y parálisis de la mirada horizontal<sup>136</sup>. Se han reportado cambios anatómicos en el desplazamiento de la cara posterior del cristalino que ocurren en un paciente con espasmo de acomodación pre y post instilación de ciclopentolato al 1%. En la situación pre, cuando el espasmo está presente, se produce un aumento en la potencia refractiva del ojo, lo que provoca un error refractivo en condiciones manifiestas más miópico que el error refractivo medido en condiciones cicloplégicas<sup>137</sup>. A esta condición, algunos autores, la denominan pseudomiopía<sup>97</sup>.

Respecto al manejo clínico del espasmo de reflejo de cerca las opciones de tratamiento van desde la compensación del error refractivo ciclopléxico, atropina y toxina botulínica en recto medios<sup>138,139</sup>. En el caso del exceso de acomodación o espasmo de acomodación de origen funcional y sin una afectación tan marcada del reflejo de convergencia, se combina el uso de atropina, terapia visual y adiciones<sup>135</sup>.

Algunos autores usan el término de pseudomiopía como sinónimo de exceso de acomodación, y esto, a juicio de Scheiman y Wick (2013) es un punto de confusión<sup>31</sup>. Los autores sugieren considerar la pseudomiopía como un posible signo variable del exceso de acomodación, pero la realidad es que en los estudios de ámbito optométrico publicados sobre el exceso de acomodación, la pseudomiopía no es considerada por ninguno. El único autor que hace una ligera aproximación es Hokoda (1985) al considerar como signo diagnóstico del exceso de acomodación una diferencia de 1.00 D entre el valor de la retinoscopia estática y la refracción manifiesta<sup>109</sup>. Por tanto, la condición definida como exceso de acomodación (EA) es aquella condición funcional en la que las pruebas que evalúan la capacidad de relajar la acomodación están disminuidas<sup>94</sup>.

Los signos clínicos asociados al EA se sustentan sobre valores de las pruebas FAM y FAB cuando el flipper está en posición de lentes positivas. Del mismo modo, la prueba ARN, en la que se introducen lentes positivas para su realización, se verá afectada. Además, la respuesta acomodativa (RA), medida mediante retinoscopia MEM o con el método de CCF podrá mostrar valores de hiperacomodación. Además de las pruebas de medida de la función de la acomodación, los valores de AV en VL se pueden ver afectados.

Los criterios diagnósticos de la EA emplean 2, 4, 5 y 6 signos clínicos. El signo clínico más común, siendo condición necesaria, es la FAM con dificultad en lentes positivas, adoptando puntos de corte en valores  $\leq 6$  cpm<sup>77,117,119,120,122,123</sup> y en valores  $\leq 4.5$  cpm<sup>121</sup>. La FAB con dificultad en lentes positivas es signo clínico en los mismos estudios que usan la FAM, excepto en uno de ellos<sup>122</sup>. Se trata de un signo clínico necesario en todos, excepto en uno de ellos<sup>121</sup>, y los puntos de corte se establecen en valores  $\leq 3$  cpm para todos<sup>77,117,119,120,123</sup> excepto en uno de ellos que se marca el punto de corte en  $\leq 2.5$  cpm<sup>121</sup>.

La retinoscopia MEM es otro signo clínico de la EA pero solo es condición necesaria en dos estudios<sup>120,123</sup> y el punto de corte de la prueba MEM está en  $\geq 0.00$  D. La prueba de los CCF solo la emplean dos autores, ambos como condición necesaria y con punto de corte en  $\geq 0.00$  D<sup>120,123</sup>.

La prueba de ARN es otro de los signos clínicos de la EA, siendo normalmente incluida como una condición no necesaria<sup>77,117-119,121,122</sup>, de forma que si el resto de condiciones no necesarias (FAB y MEM) se cumplen, el ARN puede no estar disminuido. El punto de corte del ARP está marcado en  $\leq 1.50$  D para todos los autores que lo incluyen dentro de su criterio diagnóstico<sup>77,117,119,121,122</sup>.

La presencia de una AV variable y una refracción variable son consideradas como dos signos clínicos necesarios en algunos estudios, pero solo uno de ellos define el concepto de "refracción variable" como la diferencia entre el valor de la retinoscopia estática y el valor de la refracción manifiesta mayor o igual a  $1.00$  D<sup>109</sup>. Respecto a la definición de AV variable, ningún autor establece valores<sup>77,109,117,119-121</sup>.

La AA sólo es considerada por un autor como signo clínico diagnóstico necesario del exceso de acomodación<sup>123</sup>, y lo hace marcando la condición de que esta debe ser normal para la edad del sujeto.

Las tasas de frecuencia de EA reportadas en la literatura científica aportan valores entre 2.29% , 15% y 44.12%<sup>77,109,114,117,119-125</sup>. Las tasas más bajas

corresponden a una muestra de 175 sujetos seleccionados aleatoriamente entre población universitaria entre 18 y 35 años, donde se debía cumplir que la FAM fuese  $\leq 6$  cpm y se debía dar una de las dos siguientes condiciones:  $MEM \geq 0.25 D$  ó  $ARN \leq 1.50 D$ <sup>122</sup>. Mientras que las tasas más elevadas son el resultado de un estudio de 34 sujetos de edades comprendidas entre 18 y 31 años ( $21.3 \pm 2.4$  años), todos sintomáticos, donde el criterio diagnóstico aplicado fue cumplir las tres condiciones siguientes: AV variable, retinoscopia y refracción subjetiva variable y  $FAM \leq 6$  cpm con dificultad en positivos; y cumplir además dos de las tres condiciones siguientes:  $FAB \leq 3$ cpm con dificultad en positivos,  $ARN \leq 1.50 D$  ó  $MEM < +0.25 D$ <sup>77</sup>.

#### 1.4.3. Inflexibilidad acomodativa

La inflexibilidad acomodativa es una anomalía de origen funcional en la que el sujeto experimenta dificultad para modificar el nivel de respuesta acomodativa. Las pruebas clínicas que evalúan la habilidad de cambiar entre la situación de relajar y de activar la acomodación son la FAM y FAB en ambas posiciones del flipper diagnóstico, y las pruebas ARN Y ARP, que mediante lentes positivas y negativas evalúan la capacidad de relajar y estimular la acomodación respectivamente. Se trata de una condición que se caracteriza por la dinámica entre posiciones de relajar y activar acomodación, de modo que puede cursar con buenos valores de AA y respuestas acomodativas en norma.

La sintomatología asociada a la condición cursa con síntomas astenópicos, visión borrosa fluctuante, dolor de cabeza y dificultad para realizar cambios de enfoque de una distancia a otra.

Dentro de la literatura científica no se encuentran muchos estudios que describan esta condición y los signos clínicos que más se asocian a la inflexibilidad de acomodación son la FAM, FAB, ARN y ARP, aunque el número de signos clínicos necesarios suelen ser 3 ya que la FAB, el ARN o el ARP son considerados como signos clínicos no necesarios.

La FAM se considera uno de los signos clínicos necesarios y establece su punto de corte en valores  $\leq 6$  cpm<sup>117,120,122,123</sup> y en valores de  $\leq 4.5$  cpm<sup>121</sup> con dificultad tanto en la posición de lentes positivas como en lentes negativas. La FAB también es un

signo clínico necesario en todos ellos excepto en uno de ellos<sup>122</sup> y establece su punto de corte en valores  $\leq 3$  cpm<sup>117,120,122,123</sup> y en valores de  $\leq 2.5$  cpm<sup>121</sup> con dificultad tanto en la posición de lentes positivas como en lentes negativas.

Los signos clínicos de ARN y ARP son necesarios en todos los estudios, excepto en dos de ellos<sup>121,122</sup>. Los puntos de corte del valor de ARP se establecen en valores  $\leq 1.25$  D<sup>117,120,121,123</sup> y en  $\leq 1.50$  D<sup>122</sup> mientras que los puntos de corte del valor de ARN se establecen en valores  $\leq 1.50$  D<sup>117,120,121,123</sup> y  $\leq 1.25$  D<sup>122</sup>.

Las tasas de frecuencia de inflexibilidad acomodativa reportadas en la literatura científica aportan valores entre 0% y 13.14%<sup>117,120-123</sup>.



---

## 2. JUSTIFICACIÓN

---

### 2. JUSTIFICACIÓN

---

La presencia de sintomatología visual no justificada por causa orgánica ni refractiva, es manejada en unidades especializadas de optometría, en las que se realizan una batería de pruebas que evalúan la función binocular y acomodativa de los pacientes. Las anomalías acomodativas más frecuentes y estudiadas son la insuficiencia y el exceso de acomodación, condiciones caracterizadas por la falta de capacidad para activar y relajar la acomodación respectivamente. Las tasas de prevalencia de las disfunciones acomodativas en población no-présbita se sitúan entre valores del 2% y 60%<sup>122,127</sup>. Su variabilidad y alta presencia en la población, justifica el estudio de este tipo de alteraciones que afectan a la función acomodativa, creando cuadros sintomáticos visuales donde la astenopia y la visión borrosa forman parte de la semiología clínica en este tipo de pacientes.

La insuficiencia de acomodación se define como la condición en la que la amplitud de acomodación (AA) del sujeto es menor que la esperada para su edad, sin que dicha disminución sea debida a la esclerosis del cristalino o a otras causas de origen sistémico o farmacológico. La AA es una de las pruebas fundamentales de la función acomodativa y, además es una de las pruebas diagnósticas principales de la insuficiencia de acomodación. El punto de corte diagnóstico en el valor de la AA está fijado por la fórmula mínima de Hofstetter, que relaciona la AA con la edad con una ecuación lineal ( $AA=15-[0.25 \times \text{edad}]$ ). Sin embargo, la AA varía con la edad de forma

no lineal, y en el caso de población infantil no disminuye con la edad<sup>38,56-59</sup>. Por tanto, aplicar criterios diagnósticos basados en fórmulas que relacionan el valor de la AA con la edad, podría favorecer a la sobreestimación o infraestimación de las tasas de frecuencia de la IA.

El exceso de acomodación es la condición funcional en la que el sujeto presenta dificultad en las pruebas clínicas que evalúan la capacidad de relajar la acomodación. Uno de los síntomas asociados es la visión borrosa en lejos tras periodos prolongados de trabajo en cerca, y algunos de estos pacientes cursan con episodios de pseudomiopía que son detectados en las consultas de oftalmología al comparar los valores del error refractivo pre y post cicloplegia. Respecto a las pruebas clínicas de ámbito optométrico que se emplean para su diagnóstico, se caracterizan por su subjetividad, y además, en el caso de la flexibilidad acomodativa monocular (FAM), por el valor del flipper diagnóstico de  $\pm 2.00$  D, empleando dicha potencia para cualquier rango de edad. Sin embargo, en pacientes adultos el uso de un flipper de dicha potencia hace que la prueba pierda validez diagnóstica<sup>87</sup>. Los criterios diagnósticos del EA dentro del ámbito optométrico no incluyen el dato objetivo de la refracción cicloplégica, cuando quizás, la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia podría ser un indicador del exceso de acomodación en miopes.





---

## 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

---

### 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

---

#### 3.1. HIPÓTESIS GENERAL

---

En el presente estudio, la hipótesis de trabajo fue que el estudio descriptivo y comparativo de signos clínicos en población sintomática con y sin alteración en la acomodación, podría proporcionar nuevos enfoques en la definición y manejo de estas condiciones sintomáticas.

1. Los pacientes con insuficiencia y exceso de acomodación presentan algunas características/signos clínicos, no incluidos en los criterios diagnósticos, diferentes que los sujetos sin alteración acomodativa.

#### 3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

---

2. La amplitud de acomodación en población infantil no varía con la edad.
3. En población miope, el error refractivo latente (diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia) es mayor en sujetos con exceso de acomodación que en sujetos sin alteración acomodativa.

### **3.3. OBJETIVOS**

---

1. Caracterizar a la población con insuficiencia y exceso de acomodación que presenta síntomas visuales, no justificados por causa orgánica ni refractiva, con edades comprendidas entre 6 y 40 años.
2. Estudiar la relación entre la edad y la amplitud de acomodación en población sin alteración acomodativa, con insuficiencia de acomodación y con exceso de acomodación.
3. Analizar la capacidad diagnóstica del error refractivo latente (diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia) en miopes como posible indicador del exceso de acomodación.

Para dar respuesta a los tres objetivos principales de la presente Tesis, se han desarrollado los Estudios I, II y III respectivamente.





---

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

---

### 4. MATERIAL Y MÉTODOS

---

El presente estudio está basado en la información recopilada de las historias clínicas de los pacientes evaluados en la Unidad de Terapia Visual (UTV) del centro oftalmológico VISSUM de la ciudad de Madrid, desde septiembre de 2010 hasta enero de 2012. Es un estudio descriptivo observacional transversal y retrospectivo.

A lo largo de este capítulo se describirá en primer lugar el protocolo clínico aplicado, detallando la metodología empleada en la toma de medidas.

Seguidamente, se expondrá el diseño de un programa informático que se creó para registrar y manejar los datos clínicos. Su desarrollo surgió de la necesidad de trasladar los valores de las historias clínicas a una base de datos que permitiera tener toda la información codificada y estructurada, de forma que pudiera ser procesable y recuperable automáticamente con la máxima especificidad. Su creación constituyó una parte fundamental del trabajo de esta tesis doctoral, pues una vez diseñado y creado, facilitó enormemente el trabajo en la gestión de datos, y puede ser una herramienta muy práctica para futuros estudios clínicos relacionados con la visión binocular.

Para finalizar, se detallarán los criterios de selección de la población a estudio y el análisis estadístico realizado.



#### 4.1. PROTOCOLO CLÍNICO

---

Los pacientes evaluados de la Unidad de Terapia Visual (UTV) fueron previamente valorados en las consultas de oftalmología del mismo centro oftalmológico. Todos los pacientes acudieron a una primera consulta oftalmológica refiriendo síntomas y la exploración oftalmológica nos permitió descartar problemas orgánicos o patológicos causantes de la sintomatología presentada por los pacientes. Las pruebas realizadas en el servicio de oftalmología dependían del tipo de especialidad clínica, siendo común la valoración del estado refractivo con y sin cicloplegia, agudeza visual con y sin compensación e integridad de polo anterior y polo posterior.

La evaluación clínica de la UTV fue realizada siempre por la misma optometrista, la doctoranda, mientras que los valores de refracción manifiesta y ciclopléjica realizados en las consultas de oftalmología fueron realizados por diferentes optometristas. Las pruebas de la evaluación clínica en la UTV se realizaron siempre en el mismo gabinete. El nivel medio de iluminancia de la sala estaba alrededor de 500 lux. La luminancia del test de lejos fue de 120-200  $\text{cd/m}^2$  (medida en zona central de la pantalla de proyección). En las pruebas de VP se añadió luz auxiliar, elevando el nivel de iluminancia hasta los 700 lux aproximadamente. La luminancia del test de VP fue de 170-240  $\text{cd/m}^2$ . El contraste de los test de VL y VP fue mayor del 90%, siendo la luminancia del optotipo menor al 10% de la luminancia del test (el contraste viene definido por la relación entre la luminancia del test y la luminancia del optotipo). El luminancímetro empleado fue el modelo MAVO-SPOT 2 (Gossen Foto-und Lichtmesstechnik GmbH, Germany), y el luxómetro empleado fue el modelo TES-1334 (TES Electrical Electronic Corp., Taiwan). El proyector de optotipos empleado para las pruebas de VL fue el sistema de proyección ACP-8 (Topcon, Japan) proyectando la imagen a 6 metros. Todas las pruebas de acomodación fueron realizadas con la mejor compensación del paciente.

El protocolo desarrollado en las evaluaciones clínicas de la UTV se detalla a continuación siguiendo el mismo orden que se llevó a cabo en la realización de las pruebas. El orden en la ejecución de las pruebas fue el mismo en todos los pacientes.

#### 4.1.1. Síntomas

---

Los pacientes referidos a la consulta de UTV procedían de diferentes servicios del centro oftalmológico con un cuadro de síntomas variado. Durante la realización de la anamnesis se realizó la confirmación y la ampliación de la historia clínica ya registrada en la evaluación oftalmológica previa. Además, a todos los pacientes se les pasó un cuestionario no validado de 22 ítems que fue realizado por la optometrista al inicio de la exploración clínica (véase Tabla 5).

A la hora de la realización del programa informático para trasladar los datos clínicos, se realizaron tres opciones de respuesta para cada ítem; “sí”, “no” y “no evaluado”. De esta forma se pudo controlar aquellos casos en los que no se preguntó o no se registró la respuesta.

#### 4.1.2. Medida de agudeza visual y estado refractivo

---

Los pacientes referidos a la consulta de UTV tenían registradas las medidas de AV SC y CC en lejos, y los valores refractivos. Las medidas de AV se volvieron a tomar; repitiendo las medidas de AV SC y CC en lejos, y añadiendo los valores de AV en cerca que no estaban registradas en todas las historias clínicas. Las medidas de AV VL fueron tomadas en escala decimal, mientras que las medidas de la AV VP se registraron en escala logarítmica a partir del test AV VP Radner-Vissum<sup>140</sup>.

Los datos relativos a la refracción no se comprobaron en todos los pacientes, solo en aquellos donde el cuadro clínico y las circunstancias particulares lo precisaron.

El método de refracción aplicado en las consultas de oftalmología fue el siguiente: la refracción manifiesta se determinó a partir de los valores obtenidos mediante técnica de retinoscopia que posteriormente fueron ajustados mediante técnica de refracción subjetiva. La refracción cicloplégica se realizó instilando 2 gotas de ciclopentolato al 1% separadas 10 minutos, y tras 40 minutos de la instilación de la segunda gota se realizó la refracción. Se hizo retinoscopia y en algunos casos refracción subjetiva comprobando los valores de AV con la refracción cicloplégica.

#### 4.1.3. Pruebas del estado motor-sensorial

---

Se realizó la exploración de la motilidad extraocular (MOE) mediante estímulo acomodativo o luz puntual. Se exploraron las posiciones diagnósticas de mirada, observando la presencia de limitaciones, retracciones palpebrales y/o ptosis asociadas a cada posición<sup>141</sup>.

Seguidamente se realizó la prueba de punto próximo de convergencia (PPC) con estímulo acomodativo aproximando el estímulo al paciente. Se le informó al paciente de que se le iba a acercar un objeto a los ojos y que debía mirarlo y prestar atención para avisarnos en qué momento percibiera el estímulo doble, para seguidamente, informarnos en qué momento volvía a percibir el objeto simple. Al realizar la prueba, se observó además la posición en la que se perdía y volvía a recuperar la binocularidad: el ojo que perdía la dominancia motora al realizar la prueba. Se registró el valor de la rotura (distancia en la que el paciente percibió doble o se observó la pérdida de binocularidad) y del recobro (distancia en la que el paciente volvió a percibir una imagen simple o se observó la recuperación de la binocularidad) en cm. En caso de no percibir diplopía sin perder la binocularidad, se registró el valor hasta la nariz (HLN)<sup>142</sup>.

Tras la exploración de los MOE y el PPC, se realizaron las pruebas de cover test en VL y en VP. Para VL se empleó como estímulo de fijación una letra de AV una línea inferior a la AV VL del peor ojo, y un estímulo acomodativo en VP con valores de AV una línea inferior a la AV VP del peor ojo. Se registró el tipo de desviación y se cuantificó el valor del ángulo de desviación en dioptrías prismáticas ( $\Delta$ ) mediante la compensación del movimiento con barras de prismas en VL y VP. Ante patrones incoherentes se realizó la medida en diferentes posiciones de mirada<sup>143</sup>.

La valoración de las reservas de vergencia fusional se realizó mediante barra de prismas en VL y VP<sup>31</sup>, empleando los mismos estímulos de la prueba de cover test. Se realizó primero la medida en VL y después en VP, y se midió primero la vergencia fusional negativa para terminar con la medida de la vergencia fusional positiva. Se registró para cada una de las vergencias y para cada distancia el valor de rotura y de recobro. Se le informó al paciente de que iba a percibir doble, y seguidamente volvería a ver simple. Se le indicó que nos avisara en qué momento ocurrían ambas situaciones. Durante el desarrollo de la prueba, se observó la posición de ambos ojos para percibir cambios en la fijación binocular ya que en algunos casos los pacientes

no perciben diplopía debido a supresiones sensoriales. Es importante la observación objetiva del movimiento vergencial de ambos ojos durante la prueba y no solo registrar las respuestas subjetivas del paciente basadas en la percepción de diplopía.

La evaluación del estado de fusión se realizó con test vectográficos y el uso de gafas polarizadas. En casos de desviaciones manifiestas se modificó la metodología, empleando un test más disociante como luces de Worth. Para VL se empleó el test vectográfico Tipo A del sistema de proyección ACP-8 (Topcon, Japan), que fue el empleado en caso de necesitar calcular la foria asociada en VL.

Para evaluar la disparidad de fijación y medir la foria asociada en VP (40 cm) se empleó el test de *Wesson*<sup>®</sup> mientras el sujeto llevaba las gafas polarizadas<sup>144</sup>.

El nivel de estereopsis fue evaluado mediante el test *Titmus Stereo Fly* a 40 cm del paciente y mientras que el sujeto llevaba las gafas polarizadas se registró el nivel de disparidad máximo que podía percibir (rango desde 3000 a 40 segundos de arco).

#### 4.1.4. Pruebas de acomodación

---

La función acomodativa fue evaluada a partir de diferentes pruebas. Las pruebas que se realizaron siempre en todos los pacientes fueron la AA, la FAM y la FAB. La medida del retraso acomodativo mediante MEM o CCF sólo se realizó en aquellos pacientes en los que se programó una adición como parte del tratamiento de disfunción acomodativa o binocular. Todas las pruebas se realizaron con la mejor compensación óptica del paciente considerando los valores refractivos obtenidos en la evaluación oftalmológica previa.

La prueba de FAB se realizó con control antisupresión mediante filtros polarizados sobre el test AV VP Radner-Vissum<sup>140</sup> una línea de AV por debajo de la AV VP basal del paciente y con gafa polarizada. Se realizó en espacio abierto, colocando el test de AV VP con los filtros polarizados a una distancia de 40 cm. Se empleó el flipper diagnóstico de lentes esféricas de  $\pm 2.00$  D. Antes de comenzar la prueba, se explicó al paciente el procedimiento para que entendiera la prueba. Se le hizo consciente de la situación que percibía cuando el ojo derecho y ojo izquierdo se tapaba, produciéndose la falta de percepción de las letras bajo la placa polarizada correspondiente al ojo tapado. Se le informó de que debía avisar si esta situación se daba cuando hiciéramos la prueba. En primer lugar, se anteponían las lentes positivas

y hasta que el sujeto no discriminara el tamaño de letra requerido no se procedía a voltear el flipper de posición. Para asegurarnos de que el paciente era capaz de discriminar el estímulo, se le marcaba de forma aleatoria alguna letra del test de AV VP para comprobar que realmente podía discriminar dicho estímulo. Se cuantificaba el número de ciclos realizados en un minuto (cpm) y la habilidad sobre la rapidez de responder en cada una de las posiciones; mejor en positivas, en negativas o por igual. En la medida binocular, se cuantificó la presencia o no de supresión sensorial, y en caso afirmativo en qué posición de lentes y que ojo presentaba la supresión.

La prueba de FAM se realizó del mismo modo que la prueba FAB, exceptuando que las condiciones fueron monoculares mediante oclusión del ojo no examinado. En consecuencia, los filtros polarizados para controlar la presencia de supresiones fueron eliminados. El estímulo de fijación del test AV VP Radner-Vissum<sup>140</sup> empleado para cada medida, del ojo derecho y ojo izquierdo, fue de una línea de AV por debajo de la AV VP basal del paciente. Se realizó en espacio abierto, colocando el test a una distancia de 40 cm. Se empleó el flipper diagnóstico de lentes esféricas de  $\pm 2.00$  D. En primer lugar, se anteponían las lentes positivas y hasta que el sujeto no discriminara el tamaño de letra requerido no se procedía a voltear el flipper de posición. Se cuantificaba el número de ciclos realizados en un minuto (cpm) y la habilidad sobre la rapidez de responder en cada una de las posiciones; mejor en positivas, en negativas o por igual.

La medida de la AA fue la última prueba clínica que se realizó en todos los pacientes. Se midió mediante técnica subjetiva de lente negativa en todos los pacientes. La prueba se realizó empleando un estímulo acomodativo una línea de AV por debajo de la AV en visión próxima basal del paciente. El test de AV empleado fue la tarjeta de cerca de los accesorios de la barra de cerca del foróptero VT-10 (Topcon, Japan), que se colocó en la barra de VP del foróptero a una distancia de 33 cm. Se fueron anteponiendo lentes negativas en pasos de 0.25 D hasta que el paciente no era capaz de discriminar el estímulo. En esa situación, marcábamos el final de la prueba en la posición de la lente anterior. A la cantidad de lente negativa que el paciente pudo acomodar en D desde el valor de su ametropía hasta el valor de la última lente negativa que pudo discriminar, se le añadió 2.50 D debido a la distancia del test<sup>142</sup>. Se registró el valor en D, y se realizó la prueba para ojo derecho e izquierdo.

## 4.2. DISEÑO DEL PROGRAMA INFORMÁTICO

---

Tras el planteamiento de la tesis surgió la necesidad de crear un programa informático específico y adaptado a la metodología empleada en el protocolo clínico. El desarrollo se realizó con la ayuda de un ingeniero informático.

Los avances de los sistemas informáticos en el ámbito sanitario han favorecido una rápida sustitución del soporte tradicional de las historias clínicas, en papel, por historias clínicas informatizadas (HCI). En primer lugar, es necesario documentar a diario todas las exploraciones de los pacientes mediante programas de gestión de datos clínicos con interfaces que sean fáciles de usar para que el optometrista pueda registrar en tiempo real los datos clínicos de una forma rápida y sencilla. En segundo lugar, la capacidad de poder extraer de la aplicación informática la información que el optometrista considere, será tanto más eficaz cuanto mejor sea el diseño de la aplicación. De esta forma, el uso de la observación real de los pacientes, la que se lleva a cabo fuera del “laboratorio”, es la que sustenta la base de los estudios epidemiológicos. Por tanto, disponer de herramientas fáciles de usar que el optometrista pueda emplear para el estudio epidemiológico de los datos registrados es fundamental.

De hecho, fue en Estados Unidos, en los años 60, donde aparecieron las primeras bases de datos sanitarias informatizadas con objetivos de gestiones administrativas, pero su finalidad se extendió para realizar estudios epidemiológicos<sup>145</sup>. Los sistemas de registros médicos electrónicos se han adaptado en hospitales con servicios de optometría sin tener un impacto negativo significativo en la duración de la consulta y la documentación de los optometristas<sup>146,147</sup>.

Un buen registro y análisis de la información clínica vinculada a las alteraciones acomodativas y binoculares que cursan con sintomatología, contribuirá a la traslación del conocimiento generado a la práctica clínica diaria.

Los campos de texto libre en las historias clínicas informatizadas nos permiten registrar observaciones haciendo uso de expresiones abiertas, pero nos limita las posibilidades de recuperar información para realizar estudios epidemiológicos. Debido a esto, el diseño del programa informático que hemos creado no incluye ningún campo de texto libre. Todos los valores clínicos se registran en casillas específicas para cada valor.

Se creó una opción que permitía seleccionar el método empleado en cada una de las pruebas. De esta forma, si el programa es usado por otros profesionales o se elige otro método de medida, quedará registrado el método. Aunque no hubo cambios en la metodología de los valores clínicos analizados en este trabajo, la relevancia clínica de conocer cuál es el método de medida empleado en la realización de las pruebas es muy importante. En estudios en los que se quiera comparar datos pre y post tratamiento, establecer valores normativos de pruebas clínicas y realizar estudios de prevalencia e incidencia de casos, entre otros objetivos, es necesario conocer la metodología aplicada.

Una vez diseñada y creada la base de datos, se realizó el volcado de datos desde las historias clínicas reales dos veces, confirmando los valores para minimizar errores de transcripción.

A lo largo del siguiente apartado se describirá el diseño del programa informático centrado en los objetivos de la presente tesis.

#### 4.2.1. Pantalla de inicio

---

En la pantalla de inicio el optometrista se identifica para poder acceder al programa mediante su nombre de usuario y contraseña.

La siguiente pantalla presenta diferentes opciones:

- Opciones de usuario: el optometrista puede definir para cada una de las pruebas el método de elección en el que suele trabajar. Si durante el examen clínico, el optometrista realiza alguna medida con otro método diferente al estándar para su perfil, puede cambiarlo en la misma pantalla sin tener que acceder de nuevo a esta opción del programa. Normalmente, cada clínico emplea de forma sistemática el mismo método para realizar las medidas, pero hay ocasiones en las que la tipología de paciente puede hacer necesario modificarlo.
- Gestión de datos: en la que el usuario puede gestionar pacientes y grabar los datos clínicos de la evaluación.

4.2.2. Opciones de usuario: método empleado en las pruebas clínicas

En esta pantalla (véase Imagen 1) el optometrista puede configurar sus métodos de medida para cada una de las pruebas clínicas y modificar su contraseña si lo desea. Las opciones disponibles para cada prueba están detalladas en la Tabla 4.

**OpcionesUsuario**

**Configuración personal de María García**

- En esta área puede configurar los métodos que desea utilizar por defecto en cada una de las pruebas que realice a los pacientes.
- Grabar el método correctamente es importante para el cálculo correcto de datos estadísticos.

Métodos motor y sensorial	
Método desviación horizontal visión lejana	Cover test prismático
Método desviación vertical visión lejana	Cover test prismático
Método cicloesviación visión lejana	Doble varilla de Maddox
Método pruebas de fusión visión lejana	Polarizados
Método estereopsis visión lejana	Randot
Método desviación horizontal visión próxima	Cover test prismático
Método desviación vertical visión próxima	Cover test prismático
Método cicloesviación visión próxima	Doble varilla de Maddox
Método pruebas de fusión visión próxima	Polarizados
Método estereopsis visión próxima	Randot
Método disparidad de fijación visión lejana	Vectografía foróptero
Método disparidad de fijación visión próxima	Wesson
Método vergencia visión lejana	Barra de prismas
Método vergencia visión próxima	Barra de prismas
Método punto próximo de convergencia	Estímulo acomodativo

Métodos Sección acomodación	
Método amplitud de acomodación	Lente negativa
Método retraso acomodativo	MEM

**Método Sección refracción**

Agudeza visual Decimal    Agudeza visual Logarítmica

Información personal	
Nombre	María
Apellido I	García
Apellido II	Montero
Usuario	mgarcia
Contraseña actual	<input type="password"/>
Contraseña nueva	<input type="password"/>

Valores por defecto   Guardar

Imagen 1. Pantalla de opciones de usuario.

Se registra la configuración personal de la metodología aplicada en las diferentes pruebas.

Tabla 4. Métodos de elección para cada prueba clínica

<b>Prueba</b>	<b>Método</b>
<b>Desviación horizontal lejos/cerca</b> <b>Desviación vertical lejos/cerca</b>	Cover test prismático Maddox Von Graefe Filtro rojo Test Krimsky
<b>Ciclodesviación lejos/cerca</b>	Cover test prismático Doble varilla de Maddox Filtro rojo Vectografía
<b>Pruebas de fusión lejos /cerca</b>	Worth Filtro rojo Polarizados Bagolini
<b>Estereopsis lejos/cerca</b>	Randot Titmus TNO
<b>Disparidad de fijación lejos</b>	Vectografía Mallet
<b>Disparidad de fijación cerca</b>	Wesson Vectografía Mallet
<b>Vergencias lejos/cerca</b>	Barra de prismas Diasporámetros
<b>Punto próximo de convergencia</b>	Estímulo acomodativo Luz puntual Luz puntual/filtro rojo
<b>Amplitud de acomodación</b>	Lente negativa Aproximación Alejamiento
<b>Respuesta acomodativa</b>	MEM CCF

#### 4.2.3. Pacientes y evaluaciones

En la pestaña “gestión de datos” de la pantalla de inicio se accede a la gestión de pacientes y sus evaluaciones clínicas. De esta forma, la pantalla de inicio está dividida en dos tablas principales: Pacientes y Evaluaciones.

A partir de esta pantalla se puede:

- Crear un paciente nuevo para posteriormente asignar una o varias evaluaciones. Los campos para completar son relativos a datos de filiación y a la entidad de remisión
  - o El registro de la fecha de nacimiento nos permite calcular la edad para cada evaluación que se registra. La **edad** es un parámetro que aparece en la cabecera de cada evaluación y se usará en algunas medidas, como en la AA para calcular el valor norma según la edad del paciente.
- Corregir datos de los pacientes y asignar una evaluación, seleccionando previamente uno de los pacientes.
- Dar un alta de evaluación en el paciente seleccionado.
- Ver las evaluaciones registradas del paciente seleccionado.
- Borrar evaluación seleccionada.
- Borrar paciente seleccionado.
- Buscar pacientes, empleando filtros de filiación y entidad de remisión.

Los datos contenidos en la tabla se pueden ordenar por cada una de las variables marcando en la parte superior de cada uno de los elementos.

La entidad de remisión, define la procedencia del paciente. Se dividió en las siguientes opciones:

- Estrabología: pacientes derivados del Dpto. de Estrabología.
- Oftalmología general: pacientes derivados desde el servicio de Oftalmología General.
- Polo anterior: pacientes derivados desde el Dpto. de Superficie Anterior.
- Polo posterior: pacientes derivados desde el servicio de Polo Posterior.
- Baja visión: pacientes derivados desde el Dpto. de Baja Visión.
- Contactología: pacientes derivados desde el Dpto. de Contactología.
- Orientación educativa: pacientes derivados desde los Dpto. de Orientación Educativa de los centros escolares, gabinetes de psicología de la educación, etc.

#### 4.2.4. Alta evaluación

La interfaz para grabar una evaluación se compone de una pantalla completa con secciones divididas en pestañas. En la cabecera aparecen los datos del paciente además de la fecha de evaluación. Al finalizar el proceso de entrada de datos, la aplicación pregunta al usuario por la fecha de evaluación para minimizar los errores en este tipo de dato temporal.

Las secciones de las que se compone son:

- Historia clínica I
- Rx y AV
- E. Motor y sensorial
- Acomodación
- Diagnóstico

##### 4.2.4.1. Historia clínica I

La pantalla de historia clínica I recoge los síntomas del paciente presentes en la fecha de la evaluación. Las opciones para cada uno de los síntomas son SI, NO, NO EVALUADO. Por defecto salen marcados todos en NO. Si no se ha preguntado o el valor está perdido, marcar la opción NO EVALUADO (véase Imagen 2).

Tabla 5. Listado de síntomas de la base de datos

LISTADO DE SÍNTOMAS	
1. Visión borrosa lejos mantenida	12. Hemeralopia o ceguera nocturna
2. Visión borrosa lejos fluctuante	13. Astenopia
3. Visión borrosa cerca mantenida	14. Vértigo
4. Visión borrosa cerca fluctuante	15. Fotofobia
5. Diplopía lejos constante	16. Somnolencia
6. Diplopía lejos ocasional	17. Salto de línea al leer
7. Diplopía cerca constante	18. Tapar un ojo al leer
8. Diplopía cerca ocasional	19. Mover cabeza al leer
9. Dolor de cabeza	20. Seguir lectura con el dedo
10. Pérdida de visión no mantenida	21. Baja velocidad lectora
11. Alteraciones en el campo visual	22. Rendimiento escolar bajo

#### 4.2.4.2. Refracción y agudeza visual

La pantalla Rx y AV recoge los valores refractivos, agudeza visual y valores de la compensación prismática. El registro de los valores de AV se puede anotar en monocular y binocular tanto para VL como para VP. La tabla de prismas recoge los valores de la compensación prismática (véase Imagen 3).

#### 4.2.4.3. Estado motor-sensorial

La pantalla de Estado motor – sensorial recoge los datos de la desviación en lejos y en cerca, el valor del punto próximo de convergencia, los valores de ciclodeseviación, los grados de fusión en lejos y en cerca, las reservas de base interna y externa en lejos y en cerca, la presencia de disparidad de fijación en lejos y cerca y el valor de la foria asociada para cada situación (véase Imagen 4).

Cuando se comienza a grabar datos en una evaluación nueva no está activado ningún campo. A medida que se van activando campos, la aplicación desactiva otros que no pueden estar activados al mismo tiempo. Por ejemplo, si se activa la opción “desviación horizontal VL” se abren dos nuevas opciones: Tropia vs Foria. Si activamos una de ellas, la otra se desactiva. Se trata de un algoritmo de decisión basado en la lógica del proceso de evaluación. De esta forma, se minimizan los errores de transcripción de datos y se guía en el proceso de toma de datos (véase Imagen 5).

**Síntomas de evaluación**

Visión borrosa lejos mantenida	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Hemeralopia o ceguera nocturna	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Visión borrosa lejos fluctuante	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Astenopia	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Visión borrosa cerca mantenida	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Vértigo	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Visión borrosa cerca fluctuante	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Fotofobia	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Diplopía lejos constante	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Somnolencia	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Diplopía lejos ocasional	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Salto de línea al leer	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Diplopía cerca constante	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Tapar un ojo al leer	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Diplopía cerca ocasional	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Mover cabeza al leer	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Dolor de cabeza	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Seguir lectura con el dedo	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Pérdida de visión no mantenida	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Baja velocidad lectora	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado
Alteraciones en el campo visual	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado	Rendimiento escolar bajo	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> No Evaluado

**Grabar**

Imagen 2. Pantalla de evaluación de paciente – Sección historia clínica I-

El interfaz fue diseñado para una base de datos intuitiva. Las secciones están separadas por pestañas. Toda la información de cada sección puede verse en la pantalla simultáneamente.

**Refracción y Agudeza Visual**

				OD				OI					
	ESF	CIL	EJE	AV VL	Ad	AV VP	AV AO	ESF	CIL	EJE	AV VL	Ad	AV VP
SC				0.58		1	0.74				0.54		1
RX	-1.25	-0.5	120	1		1		-0.5	-0.75	50	1		1
CICLO	-0.25	-0.5	120	1				0	-0.75	50	1		
ESQ													
CO	-1	-0.75	120	0.98		1	1	-1	0		1		1

**Prismas**

	OD		OI	
	Potencia	Grados	Potencia	Grados
CPh VL				
CPa VL				
CPh VP				
CPa VP				

**SISTEMA TABO**

Diagram showing visual acuity charts for Right and Left eyes with axes labeled: B. Up 90°, B. Down 270°, B. Out 180°, B. In 0°.

**Valores Agudeza Visual:**  
 Decimal  
 Logarítmico  
 Cambiar

**Modificar**

Imagen 3. Pantalla de evaluación de paciente – Sección refracción y agudeza visual

SC: sin compensación; Rx: valor refractivo subjetivo; Ciclo: valor refractivo subjetivo obtenido bajo condiciones de cicloplegia; Esq: valor refractivo objetivo obtenido mediante retinoscopia/esquiascopia; CO: compensación óptica del paciente; CPh VL: compensación prismática habitual; CPa : compensación prismática actualizada.

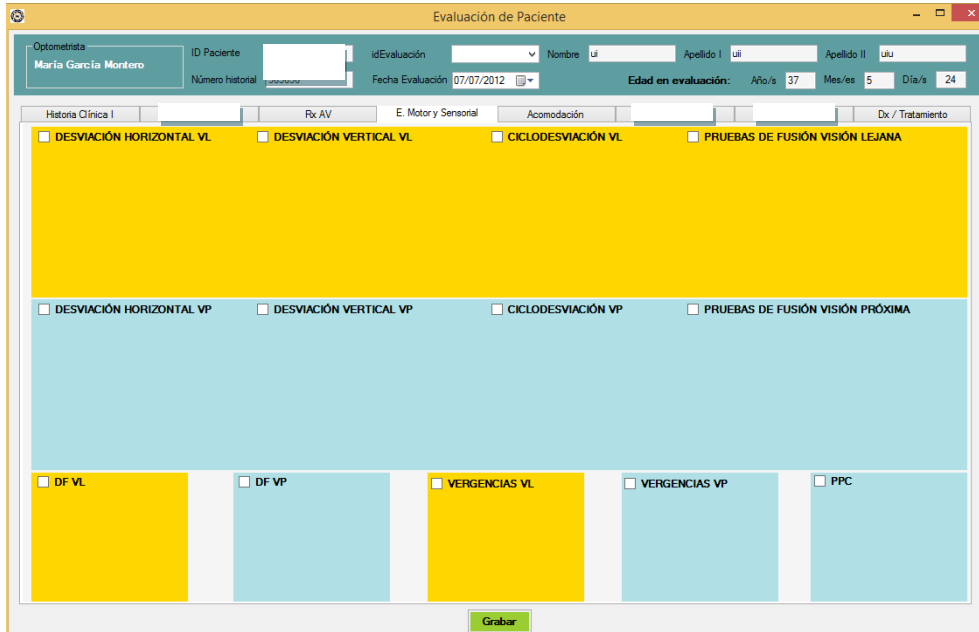


Imagen 4. Pantalla de evaluación de paciente – Sección estado motor-sensorial.

Los colores amarillos corresponden a medidas en visión lejana y los de color azul a valores de visión próxima. La pantalla aparece sin activar, de forma que solo se marcarán aquellas pruebas realizadas.

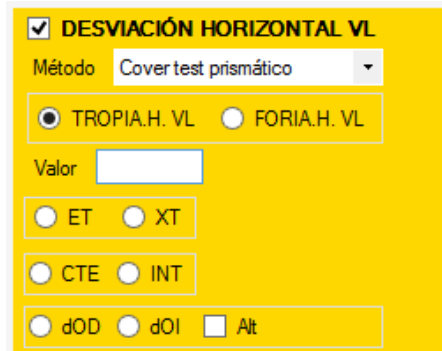


Imagen 5. Detalle de la opción “desviación horizontal VL” en la pantalla estado motor-sensorial.

Al seleccionar “Tropia H.VL” se desactiva la opción de “Foria H.VL” y se abren las posibles opciones para definir la tropia: su valor, tipo de desviación, intermitencia y dominancia. LEYENDAS: H: Horizontal; V: vertical; VL: visión lejana; VP: visión próxima; ET: endotropia; XT: exotropia; CTE: constante; INT: intermitente; dOD: dominancia sensorial de ojo derecho; dOI: dominancia sensorial de ojo izquierdo; ALT: dominancia sensorial alternante.

#### 4.2.4.4. Acomodación

La pantalla de Acomodación (véase Imagen 7) recoge los datos relativos a las pruebas que evalúan la acomodación de forma directa (AA y FAM) e indirecta (ARN, ARP, FAB y RA). Por defecto, la pantalla aparece con todos las pruebas inactivas, de esta forma solo seleccionaremos aquellas que se hayan medido.

Imagen 6. Pantalla de evaluación del paciente – Sección de acomodación

Apariencia inicial de la interfaz. Los campos están sin activar.

#### - Amplitud de acomodación (AA)

Al activar la casilla de AA para introducir los valores clínicos para el OD y OI, aparece en la parte inferior el valor norma relativo a la edad del paciente empleando la fórmula mínima de Hofstetter  $AA = 15 - (0,25 \times \text{edad})$ . Si el valor de la AA medido y registrado para OD y OI es menor a la AA norma, el valor introducido se activa en color rojo.

- Retraso acomodativo (RA)

Al activar la casilla de RA aparecen opciones para OD y OI. A pesar de que esta es una medida binocular, hay ocasiones que diferentes respuestas son indicativas de fallos en la Rx manifiesta o desórdenes acomodativos interoculares.

- Amplitudes relativas (AR)

Al activar la casilla de AR aparecen opciones para registrar los valores de ARN (amplitud relativa negativa) y ARP (amplitud relativa positiva).

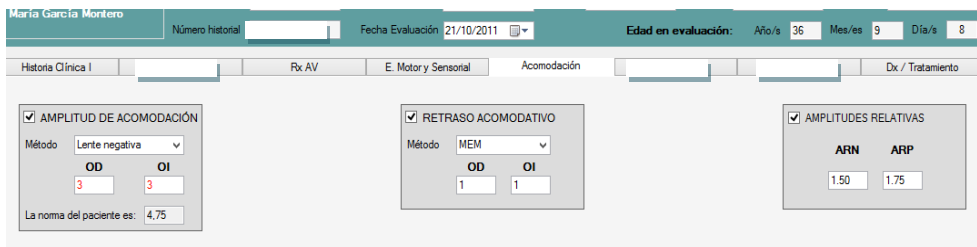


Imagen 7. Pantalla de evaluación del paciente – Sección de acomodación. Detalle de la pantalla con campos activados de las pruebas acomodativas.

- Flexibilidad acomodativa monocular (FAM)

Se han creado dos casillas, una para cada ojo. Al activar la casilla de FAM aparece la casilla para introducir el valor numérico de la medida y un sistema de elección para definir en qué posición presenta más dificultad.

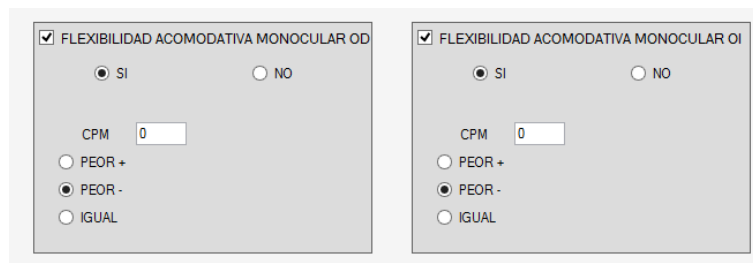


Imagen 8. Interfaz de las pruebas de FAM para OD y OI.

La casilla activada nos permite introducir el valor cuantitativo de la prueba y definir en qué posición presenta mayor dificultad.

- Flexibilidad acomodativa binocular (FAB)

Al activar la casilla de FAB aparecen dos opciones: SI vs NO. Se registra si la prueba no se puede realizar por posibles supresiones sensoriales que surgen en el desarrollo de la prueba. Si la prueba se ha podido realizar porque no se ha producido supresión sensorial, se marca la opción SI. En esta situación se abre el desplegable para cuantificar el número de ciclos por minuto y definir en qué posición presenta mayor dificultad. Si la prueba no se ha podido realizar por presencia de supresión sensorial, se marca la opción NO, de esta forma se abren las opciones para definir el tipo de situación ocurrida (véase Imagen 9):

- Supresión de OD con lentes +
- Supresión de OD con lentes -
- Supresión de OI con lentes +
- Supresión de OI con lentes -

Imagen 9. Interfaz de la prueba FAB

#### 4.2.4.5. Pantalla Diagnóstico y Tratamiento

La pantalla de Diagnóstico y Tratamiento (véase Imagen 10) recoge los diferentes diagnósticos y opciones de tratamiento planteados. Se han creado diferentes categorías con la posibilidad de realizar selección de múltiples opciones. Esta situación es algo común en la práctica clínica diaria, por ejemplo, podemos encontrarnos una exoforia básica y una hiperforia, ambas condiciones de la categoría “anomalías binoculares no estrábicas”.

Imagen 10. Pantalla de evaluación del paciente – Sección del diagnóstico y tratamiento

A continuación se detallan las opciones disponibles para cada una de las categorías diagnósticas creadas en la aplicación. Los criterios diagnósticos empleados se detallan en la sección de material y métodos de cada estudio realizado en el desarrollo de la presente tesis.

- Diagnóstico 1: Estado refractivo OD
- Diagnóstico 2: Estado refractivo OI
- Diagnóstico 3: Ambliopía
- Diagnóstico 4: Presbicia
- Diagnóstico 5: Anomalías binoculares no estrábicas (ABNE)
- Diagnóstico 6: Anomalías binoculares estrábicas (ABE)
- Diagnóstico 7: Anomalías de la acomodación

Las anomalías binoculares se han clasificado en dos grandes grupos: estrábicas y no estrábicas. Los conceptos están definidos de la misma forma, exceptuando el factor “no estrábico” vs “estrábico”. Cuando la condición curse con una desviación manifiesta en alguna distancia y en otras con desviación latente se clasificará como anomalía binocular estrábica. Un ejemplo típico es el exceso de divergencia que cursa

con exotropía en visión lejana y con exoforia en visión próxima. Este supuesto será clasificado como exceso de divergencia estrábico. En el caso de que se quisiera realizar un mayor análisis de la condición, se realizarán las búsquedas de todos aquellos casos clasificados como exceso de divergencia estrábico para visualizar tipo y cantidad de desviación, grados de fusión y los ítems que se deseen.

Las anomalías de la acomodación se dividen en las tres subcategorías clásicas de su clasificación: insuficiencia, exceso e inflexibilidad acomodativas. Se trata del sistema de clasificación basado en las disfunciones de la acomodación en población no présbita.

La interfaz de la base de datos te permite seleccionar diferentes diagnósticos, permitiendo en algunos casos activar solo una opción, y en otros casos varias opciones.

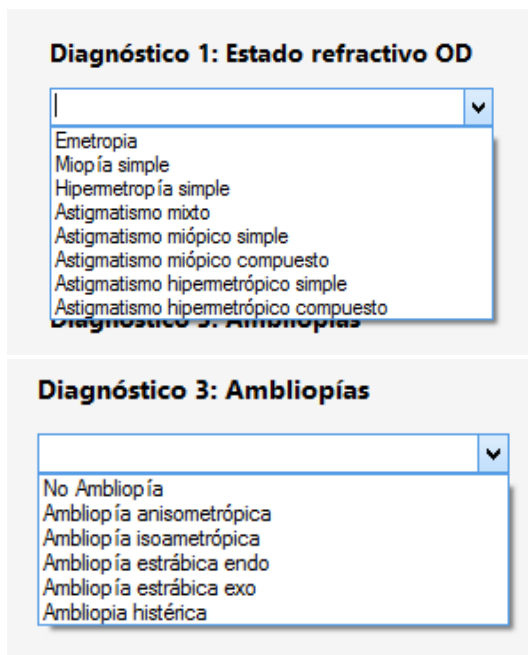


Imagen 11. Interfaz del desplegable de elección única para definir el estado refractivo del OD.

Imagen 12 . Interfaz del desplegable de elección única para definir la presencia o no de ambliopía.

**Diagnóstico 5: Anomalías binoculares no estrábicas**

Visión binocular normalizada

- Insuficiencia de convergencia no estrábica
- Exceso de convergencia no estrábica
- Insuficiencia de divergencia no estrábica
- Exceso de divergencia no estrábica
- Exoforia básica no estrábica
- Endoforia básica no estrábica
- Hiperforia
- Inflexibilidad vergencial

Visión binocular normalizada

- Insuficiencia de convergencia no estrábica
- Exceso de convergencia no estrábica
- Insuficiencia de divergencia no estrábica
- Exceso de divergencia no estrábica
- Exoforia básica no estrábica
- Endoforia básica no estrábica
- Hiperforia
- Inflexibilidad vergencial

Imagen 13. Opciones de clasificación de anomalías binoculares no estrábicas.

La interfaz te permite activar la casilla de visión binocular normalizada, dejando entonces inactivos el sistema de clasificación de anomalías. Si no se activa, se podrá seleccionar tantos diagnósticos como se desee. Son opciones de selección múltiple.

**Diagnóstico 6: Anomalías binoculares estrábicas**

Visión binocular normalizada

- Insuficiencia de convergencia estrábica
- Exceso de convergencia estrábica
- Insuficiencia de divergencia estrábica
- Exceso de divergencia estrábica
- Exoforia básica estrábica
- Endoforia básica estrábica
- Hipertropía
- Síndrome alfabético
- Desviación vertical disociada
- Desviación horizontal disociada

Visión binocular normalizada

- Insuficiencia de convergencia estrábica
- Exceso de convergencia estrábica
- Insuficiencia de divergencia estrábica
- Exceso de divergencia estrábica
- Exoforia básica estrábica
- Endoforia básica estrábica
- Hipertropía
- Síndrome alfabético
- Desviación vertical disociada
- Desviación horizontal disociada

Imagen 14. Opciones de clasificación de anomalías binoculares estrábicas.

La interfaz te permite activar la casilla de visión binocular normalizada, dejando entonces inactivos el sistema de clasificación de anomalías. Si no se activa, se podrá seleccionar tantos diagnósticos como se desee. Son opciones de selección múltiple.

**Diagnóstico 7: Anomalías acomodativas**

Sistema acomodativo normalizado

- Insuficiencia de acomodación
- Exceso de acomodación
- Inflexibilidad acomodativa

Sistema acomodativo normalizado

- Insuficiencia de acomodación
- Exceso de acomodación
- Inflexibilidad acomodativa

Imagen 15. Opciones de clasificación de anomalías acomodativas.

La interfaz te permite activar la casilla de sistema acomodativo normalizado, dejando entonces inactivos el sistema de clasificación de anomalías. Si no se activa, se podrá seleccionar tantos diagnósticos como se desee. Son opciones de selección múltiple.

#### 4.2.4.6. Tratamiento

Las opciones de tratamiento creadas en el diseño del programa informático se ajustan a las necesidades reales de la UTV en la que se desarrolla la actividad clínica de la doctoranda. Se trata de las opciones más comunes empleadas en el ejercicio clínico habitual. Para otro tipo de servicios de atención visual, algunas de estas opciones pueden carecer de sentido práctico y serían otras opciones más válidas debido a su frecuencia de uso. El sistema de registro sigue el mismo diseño que los anteriores; opción de seleccionar que no se precisa tratamiento o en caso afirmativo, disponer de la posibilidad de realizar selección múltiple de pautas de tratamiento (véase Imagen 16).



The image displays two side-by-side screenshots of a software interface titled "Tratamiento". Each screenshot shows a list of treatment options with checkboxes. In the left screenshot, the "No precisa" option is checked. In the right screenshot, "Prescripción óptica" and "Prismas" are checked, with "Prismas" highlighted in blue.

Opción	Estado (Izquierda)	Estado (Derecha)
No precisa	✓	☐
Prescripción óptica	☐	✓
Sesiones de entrenamiento visual	☐	☐
Prismas	☐	✓
Oclusiones	☐	☐
Control de la condición en 3 meses/6 meses	☐	☐
Derivar a otro profesional	☐	☐
Pruebas oculomotoras y visoperceptivas	☐	☐

Imagen 16. Opciones de tratamiento

### **4.3. POBLACIÓN Y CRITERIOS DIAGNÓSTICOS**

---

La muestra de sujetos fue obtenida de forma retrospectiva, basándose en el análisis de las historias clínicas de los pacientes evaluados en la Unidad de Terapia Visual (UTV) desde septiembre de 2010 hasta enero de 2012. Al tratarse de un estudio de tipo retrospectivo, no se solicitó a los pacientes evaluados un consentimiento informado para formar parte del estudio. Sin embargo, todos los pacientes de la clínica firmaban al principio un documento sobre protección de datos en el que se indicaba que sus datos iban a ser tratados de forma confidencial y que podían ser utilizados para fines de investigación. En cualquier caso, y siempre siguiendo y cumpliendo los principios de la Declaración de Helsinki, se mantuvieron estrictas medidas de confidencialidad, identificando a los pacientes mediante un código alfanumérico con el fin de salvaguardar la protección de datos.

Los sujetos remitidos a la UTV previamente habían pasado por consultas de oftalmología. Eran sujetos sintomáticos en los que no había evidencia de causa orgánica que justificara la sintomatología y el uso de la compensación óptica tampoco eliminaba los síntomas, por lo que todos ellos tenían registros del examen oftalmológico y refractivo previo que justificaba el cumplimiento de dicha condición.

#### **Criterio de exclusión**

Los pacientes ambliopes, definidos como aquellos sujetos con valores de agudeza visual en lejos con la refracción manifiesta y con la cicloplégica menor de 0.8 decimal /0.10 logMAR/ (20/25) fueron excluidos del estudio.

#### **Criterios de inclusión**

Uno de los criterios de inclusión fue que todos los sujetos en estudio debían tener registrados los resultados de las pruebas de amplitud de acomodación, flexibilidad acomodativa monocular y flexibilidad acomodativa binocular en las historias clínicas. El otro criterio de inclusión empleado en la selección de la muestra fue la edad, seleccionando a aquellos sujetos con edades comprendidas entre los 6 y 40 años.

La muestra total de sujetos (6-40 años) fue dividida en tres grupos de edad, de forma que los análisis y resultados se realizaron para: la muestra total, el grupo de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años, el grupo de jóvenes con edades entre 13 y 30 años y el grupo de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años (véase Tabla 6).

La muestra seleccionada fue clasificada en tres grupos diagnósticos (véase Tabla 7):

- Grupo IA: sujetos que cumplían los criterios diagnósticos de la insuficiencia de acomodación.
- Grupo EA: sujetos que cumplían los criterios diagnósticos del exceso de acomodación.
- Grupo NAA: sujetos que no presentaban anomalía acomodativa.

Tabla 6. Grupos de edad

<b>Grupos de edad</b>			
Muestra total	Niños	Jóvenes	Adultos Pre-présbitas
6-40 años	6-12 años	13-30 años	31-40 años

Tabla 7. Grupos diagnósticos

<b>Grupos diagnósticos</b>		
Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA
Insuficiencia de acomodación	Exceso de acomodación	No anomalía acomodativa

Los criterios diagnósticos aplicados a cada grupo fueron:

1. Insuficiencia de acomodación: Grupo IA
  - Amplitud de acomodación monocular menor de 2.00 D de la AA para la edad según la fórmula de Hofstetter de la AA mínima ( $15 - 0.25 \times \text{Edad}$ ).
  - Flexibilidad acomodativa monocular  $\leq 6$  cpm presentando dificultad en los negativos.
2. Exceso de acomodación: Grupo EA
  - Flexibilidad acomodativa monocular  $\leq 3$  cpm presentando dificultad en los positivos.
3. No anomalía acomodativa: Grupo NAA
  - Grupo de sujetos que además de no cumplir los criterios diagnósticos del grupo IA y grupo EA, no cumple el criterio diagnóstico de Inflexibilidad de acomodación definido por presentar una flexibilidad acomodativa monocular  $\leq 6$  cpm presentando dificultad en los negativos y positivos.

Tabla 8. Criterios diagnósticos

	Signos diagnósticos	
	AA	FAM
<b>Insuficiencia de acomodación</b>	$AA < AA_{\text{norma min}} - 2 \text{ D}$	FAM $\leq 6$ cpm Fallo en -2.00
<b>Exceso de acomodación</b>		FAM $\leq 3$ cpm Fallo en +2.00
<b>Inflexibilidad de acomodación</b>		FAM $\leq 6$ cpm Fallo en -2.00 y en +2.00

AA: amplitud de acomodación; FAM: flexibilidad acomodativa; cpm: ciclos por minuto.

Además de la creación de grupos en función de la edad y del tipo de diagnóstico, se crearon grupos refractivos a partir del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica del OD ( $EERx_c$ ), de forma que cuando el  $EERx_c$  era menor de cero dioptrías se consideró a la población como “grupo miope” y cuando  $EERx_c$  era mayor o igual a cero dioptrías se consideró a la población como “grupo no miope”.

La metodología aplicada en la selección de la muestra y los criterios de inclusión de los grupos de edad y grupos diagnósticos fueron los mismos para los estudios I, II y III, exceptuando algunas consideraciones en el desarrollo del estudio III que se detallan a continuación.

La muestra de sujetos del estudio III se seleccionó a partir de la muestra total, aplicando los siguientes criterios: sujetos entre 6 y 30 años de edad y población miope que se definió como aquellos sujetos con valores de equivalente esférico de la refracción cicloplégica del OD ( $EERx_c$ ) menor de cero dioptrías.

#### 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

---

##### 4.4.1. Cálculo de tamaño muestral

---

El propósito inicial y principal fue el estudio descriptivo y comparativo de signos clínicos en sujetos con insuficiencia y exceso de acomodación, respecto a población sin alteración en la función acomodativa.

El cálculo del tamaño de la muestra para la estimación de una proporción se determinó considerando una población infinita, un nivel de confianza o seguridad ( $1-\alpha$ ) del 95% y una precisión (d) del 5%. Se consideró una tasa de frecuencia de las alteraciones estudiadas del 15% basándonos en los datos obtenidos a partir de una revisión bibliográfica en la que se seleccionaron los estudios que empleaban criterios diagnósticos y muestras poblacionales similares y que establecían la proporción de insuficiencia de acomodación y exceso de acomodación en población clínica.

Según la bibliografía seleccionada, la proporción de casos de insuficiencia de acomodación y exceso de acomodación en población clínica varían desde valores mínimos del 2%<sup>118</sup> y máximos del 15%<sup>109</sup>. Se seleccionó el valor de 15% como el valor aproximado de tasa de frecuencia que se esperaba encontrar, siendo esta la situación más desfavorable y la que aportaría un mayor tamaño muestral<sup>148</sup>.

Para determinar el tamaño de muestra mínimo necesario para estimar una proporción según el valor esperado y el error aceptado se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2}$$

$\alpha$  = riesgo fijado (en este caso 95%=0,05)

$Z_{\alpha}$  = 1.96 (ya que la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 15% = 0.15)

q = 1 – p (en este caso 1 – 0.15 = 0.85)

d = precisión (en este caso deseamos un 5%=0.05)

El resultado del cálculo del tamaño muestral bajo las condiciones anteriores fue de 196 sujetos.

#### 4.4.2. Definición y codificación de variables

Las variables categóricas correspondientes al sexo, síntomas y causa de remisión fueron tratadas sin realizar ninguna transformación según los campos recogidos de la aplicación. La gran mayoría de las variables cuantitativas fueron tratadas directamente desde las hojas de tratamiento de datos que la aplicación generó. Sin embargo, algunas de ellas se crearon a partir de las recogidas en la aplicación, como es el caso de la conversión del error refractivo definido por el valor de la esfera y el cilindro, en un único valor de equivalente esférico (EE).

Las variables relativas al estado refractivo se convirtieron en valores de equivalente esférico (EE) para los valores de OD y OI y para las refracciones manifiestas ( $R_{x_m}$ ) y cicloplégicas ( $R_{x_c}$ ) respectivamente. El equivalente esférico (EE) se definió como el valor de la esfera (esf) más la mitad del valor del cilindro (cil).

Se definió el error refractivo latente (ERL) como la diferencia entre el EERx manifiesta y el EERx cicloplégica para el OD y el OI respectivamente.

Los valores de agudeza visual en lejos (AV VL) se transformaron a escala logarítmica a partir de los datos registrados en escala decimal. Se calculó el logaritmo en base 10 (logMAR) de la inversa del valor de agudeza visual decimal. Los valores de agudeza visual en visión próxima (AV VP) estaban registrados en escala logarítmica tomados del test de AV VP Radner-Vissum<sup>140</sup>, por lo que no se realizó ninguna conversión.

Las variables acomodativas: amplitud de acomodación (AA), flexibilidad acomodativa monocular (FAM) y flexibilidad acomodativa binocular (FAB) se registraron en valores cuantitativos en unidades de dioptrías (D) para la AA y unidades de ciclos por minuto (cpm) para FAM y FAB, y aspectos cualitativos en el caso de las variables FAM y FAB que definían en qué posición de flipper (lentes positivas y/o negativas) presentaba más dificultad el paciente al realizar la prueba. En el caso particular de la prueba FAB, la posible presencia de supresión sensorial, fue definida por una variable categórica dicotómica, si/no, para considerar esta situación.

El tipo de desviación motora en VL y VP se registró mediante variables categóricas dicotómicas según el logaritmo diseñado en la aplicación (véase Imagen 5). El grado de desviación se registró en valores cuantitativos de dioptrías prismáticas

( $\Delta$ ). Se analizaron los valores de desviación horizontal: exodesviaciones y endodesviaciones para VL y VP.

El nivel de estereopsis se registró en valores cuantitativos de segundo de arco. El valor cuantitativo se transformó en un valor categórico definido por un nivel (véase Tabla 9). De esta forma la clasificación del nivel de estereopsis se realizó a partir de los valores que proporciona el test empleado (test *Titmus Stereo Fly*), pero se realizó análisis descriptivo de la estereopsis empleando las variables cuantitativas y cualitativas.

Tabla 9. Asignación de un nivel a la escala de resultados de la prueba de estereopsis

<b>Valor cuantitativo Segundos de arco</b>	40	50	60	80	100	140	160	200	400	800
<b>Valor cualitativo Nivel</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

#### 4.4.3. Análisis de datos

Los datos recogidos en la aplicación fueron tratados mediante Hoja de cálculo Microsoft Excel (v. 8, Microsoft Corporation, USA) que posteriormente se introdujeron en una base de datos SPSS (v. 15.0, SPSS Inc. Chicago, IL) para realizar el análisis estadístico. Los análisis descriptivos se realizaron para cada grupo de edad, grupo diagnóstico y para valores de ojo derecho e izquierdo. El análisis descriptivo de la muestra se realizó para las variables cuantitativas calculando los valores máximo, mínimo, media, desviación estándar (DE) y mediana. Para las variables cualitativas se calcularon las frecuencias absolutas (n) y relativas (%) de cada categoría.

Tras el análisis descriptivo de la muestra realizado para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, se realizaron comparaciones entre grupos de edad y grupos diagnósticos en algunas de las variables descritas. Para realizar el análisis inferencial se realizaron pruebas de contraste de la normalidad mediante el Test de *Kolmogorov-Smirnov* y la Prueba de *Shapiro-Wilks* para el estudio de la normalidad de las variables a tratar. En la gran mayoría de los casos se rechazó la normalidad de las

observaciones (nivel de significancia del 5%), por lo que se optó por aplicar pruebas no paramétricas en todo el estudio. Las comparaciones de dos muestras independientes se analizaron mediante Test U de *Mann-Whitney* mientras que las comparaciones de más de dos poblaciones se realizaron mediante la prueba de *Kruskal-Wallis*, aplicando un nivel de significancia del 5%.

El estudio II analizó la relación entre la AA y la edad, y se realizaron modelos de regresión para predecir el valor de la AA (variable dependiente) basándonos en el valor de la edad (variable independiente). Se calcularon las curvas lineales y de crecimiento (no lineales) y el coeficiente de determinación o coeficiente de correlación al cuadrado ( $R^2$ ) para ambas curvas. Este valor mide la bondad del ajuste de la recta a los datos e informa sobre el porcentaje del ajuste que se ha logrado mediante el modelo aplicado. Su valor está entre 0 y 1, donde a mayor valor mejor es el modelo para predecir el comportamiento de la variable.

Una vez calculada la recta de regresión y el ajuste, se analizó si la regresión era válida y podía ser empleada para predecir. La prueba estadística consiste en contrastar si la pendiente de la recta de regresión es diferente de cero de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor $<0.05$ ): si es así entonces se puede esperar que exista una correlación entre las variables.

Los grupos diagnósticos y de edad que mostraron un análisis válido ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) fueron comparados mediante análisis comparativo de dos curvas de regresión lineal. De esta forma se compararon curvas del grupo NAA con curvas del grupo IA y EA respectivamente.

Nota: Para representar la relación entre dos variables se desarrollan ecuaciones que permitan estimar una variable en función de la otra, y el análisis de la regresión nos permite validar dicha relación. La existencia de correlación entre variables no implica causalidad.

El estudio III analiza la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia, definido como el error refractivo latente (ERL), en miopes entre 6 y 30 años con exceso de acomodación y para ello se emplearon herramientas de análisis de calidad diagnóstica. En primer lugar se realizó para la muestra de sujetos del estudio III la estadística descriptiva y el análisis comparativo entre el grupo sin anomalía acomodativa - grupo NAA (grupo control o grupo sano) y el grupo con exceso de acomodación - grupo EA (grupo enfermo), para buscar diferencias entre ambos

grupos, estudiando solo los valores del ojo derecho. Seguidamente, la variable ERL fue analizada mediante la curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) y se generó el árbol de clasificación y regresión *Classification and Regression Tree* (CRT) tomando como variable dependiente la pertenencia al grupo EA o NAA (variable categórica) y como variable independiente la variable ERL (variable cuantitativa).

El procedimiento de *árbol de decisión* permite crear un modelo de clasificación basado en diagramas de flujo que desde un punto de vista probabilístico nos ayuda a tomar la decisión más acertada ante un abanico de posibles decisiones. Se trata de una técnica estadística de la disciplina de minería de datos (*Data Mining, DM*) empleada para dar solución a problemas de predicción, clasificación y segmentación de datos<sup>149</sup>. Se aplica en el campo de la toma de decisiones clínicas para clasificar a los sujetos en grupos y permite pronosticar los valores de una variable dependiente (en nuestro caso pertenecer al grupo EA o al grupo NAA) basada en valores de variables independientes (son las variables predictoras, en nuestro caso solo es una, el ERL, pero se podrían incorporar varias en el modelo). El procedimiento nos permite segmentar a la muestra total, de forma que identifique a los sujetos que pueden pertenecer al grupo EA o al grupo NAA en función del valor de la variable independiente (ERL). Además, nos permite predecir, a partir de reglas basadas en el valor de la variable independiente, la probabilidad de pertenecer a un grupo u otro (grupo NAA o grupo EA).

Los métodos de crecimiento de los árboles de decisión disponibles son varios y el CRT o árboles de clasificación y regresión (*Classification and Regression Trees*) permite dividir los datos en segmentos para que sean lo más homogéneos posibles respecto a la variable dependiente. La presentación de los resultados se exporta en un modelo muy intuitivo que facilita la interpretación.





---

## 5. RESULTADOS

---

### 5. RESULTADOS

---

#### 5.1. ESTUDIO I. CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN Y DE LA POBLACIÓN SIN ANOMALÍA ACOMODATIVA.

---

##### 5.1.1. Sexo y grupos de edad

---

La edad media de la muestra total (n=195) fue de  $15 \pm 10$  (6-40 años) siendo el 50.77% (99/195) hombres y el 49.23% (96/195) mujeres. La distribución de sujetos para los grupos de edad fue del 61% (119/195), 25.1% (49/195) y del 13.8% (27/195) para el grupo de niños (6-12 años), jóvenes (13-30 años) y adultos pre-présbitas (31-40 años) respectivamente. Las figuras 6 y 7 muestran la distribución por sexo y edad de la muestra.

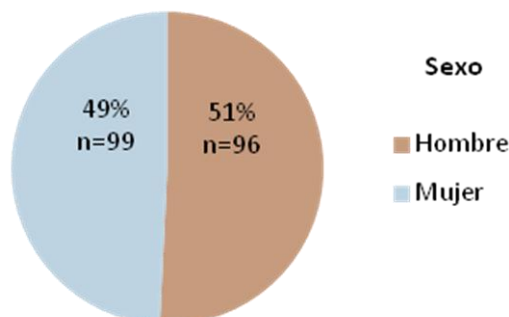


Figura 6. Distribución de la muestra total (n=195) en función del sexo.

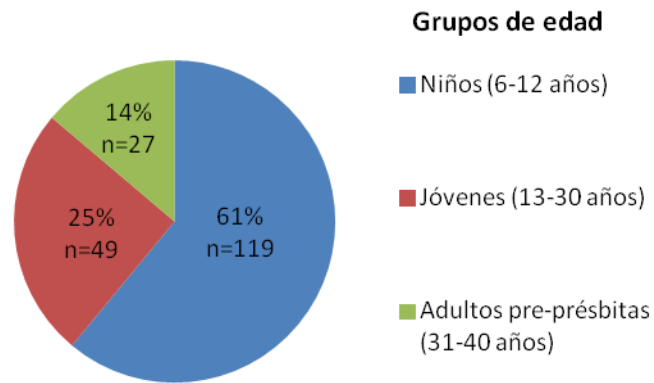


Figura 7. Distribución de la muestra total (n=195) en función del grupo de edad.

#### 5.1.2. Grupos diagnósticos

---

La tabla 10 muestra los resultados de la distribución por edad y grupo diagnóstico. La IA fue más frecuente en el grupo de niños (6-12 años), mientras que fue menos frecuente en el grupo de jóvenes (13-30 años), aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p=.076$ ). Respecto al EA se encontró una mayor frecuencia en el grupo de adultos pre-présbitas (31-40 años), mientras que la menor frecuencia se dio en el grupo de niños (6-12 años), y en este caso si hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p<.001$ ).

Tabla 10. Distribución de frecuencias y porcentaje en función de edad y diagnóstico, y comparación entre grupos de edad para cada grupo diagnóstico.

	Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
N	195			119			49			27		
%	100			61.03			25.13			13.85		
Grupos dx	<b>NAA</b>	<b>IA</b>	<b>EA</b>	<b>NAA</b>	<b>IA</b>	<b>EA</b>	<b>NAA</b>	<b>IA</b>	<b>EA</b>	<b>NAA</b>	<b>IA</b>	<b>E.A</b>
N	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15
%	52.31	21.53	23.08	57.98	26.05	11.76	55.10	10.20	30.61	22.22	22.22	55.55
p-valor				p-valor (IA)=.076;p-valor (EA) <.001* Comparaciones pareadas entre proporciones con corrección de Bonferroni: En IA ninguna significativa En EA las tres comparaciones entre dos grupos de edad son significativas , p-valor <.05								

La tabla recoge la distribución de frecuencias y porcentaje de casos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, además de los valores p-valor de la comparación entre los grupos de edad (niños, jóvenes y adultos pre-présbitas) para los grupos diagnósticos IA y EA, donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. Grupos dx: grupos diagnósticos; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

### 5.1.3. Entidad de remisión de pacientes a la unidad de terapia visual

La distribución de la muestra total en función de la entidad de remisión de pacientes a la Unidad de Terapia Visual (UTV) fue del 3.6% (7/195), 28.2% (55/195), 53.8% (105/195) y del 14.4% (28/195) en el departamento de Polo Anterior, en el servicio de Orientación Educativa, en las consultas de Oftalmología General y en el departamento de Estrabología respectivamente (véase Figura 8). De los departamentos de Polo Posterior, Baja Visión y Contactología no se recibió ningún paciente.

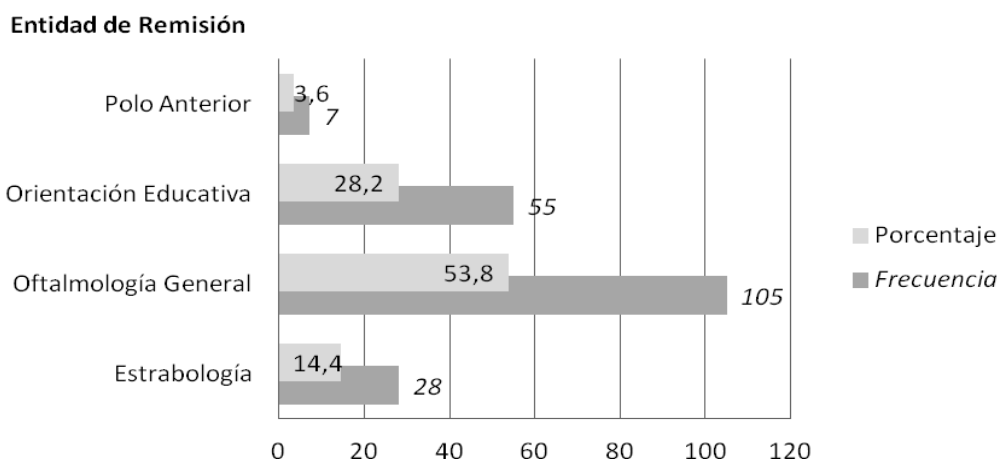


Figura 8. Distribución de frecuencias y porcentaje de la entidad de remisión de pacientes de la muestra total (n=195).

### 5.1.4. Síntomas registrados en la historia clínica

La distribución de la sintomatología registrada para la muestra total (n=195) está detallada en el Figura 9. De los 22 ítems a completar en la historia clínica, véase Tabla 5, referentes a los síntomas que presentaban los pacientes en la valoración realizada en la UTV no hubo ninguna pérdida de valores ni ningún valor no contestado excepto en el ítem “seguir la lectura con el dedo” en la que hubo un registro perdido. De los dos valores dicotómicos registrados, SI vs NO, se representan gráficamente los casos positivos.

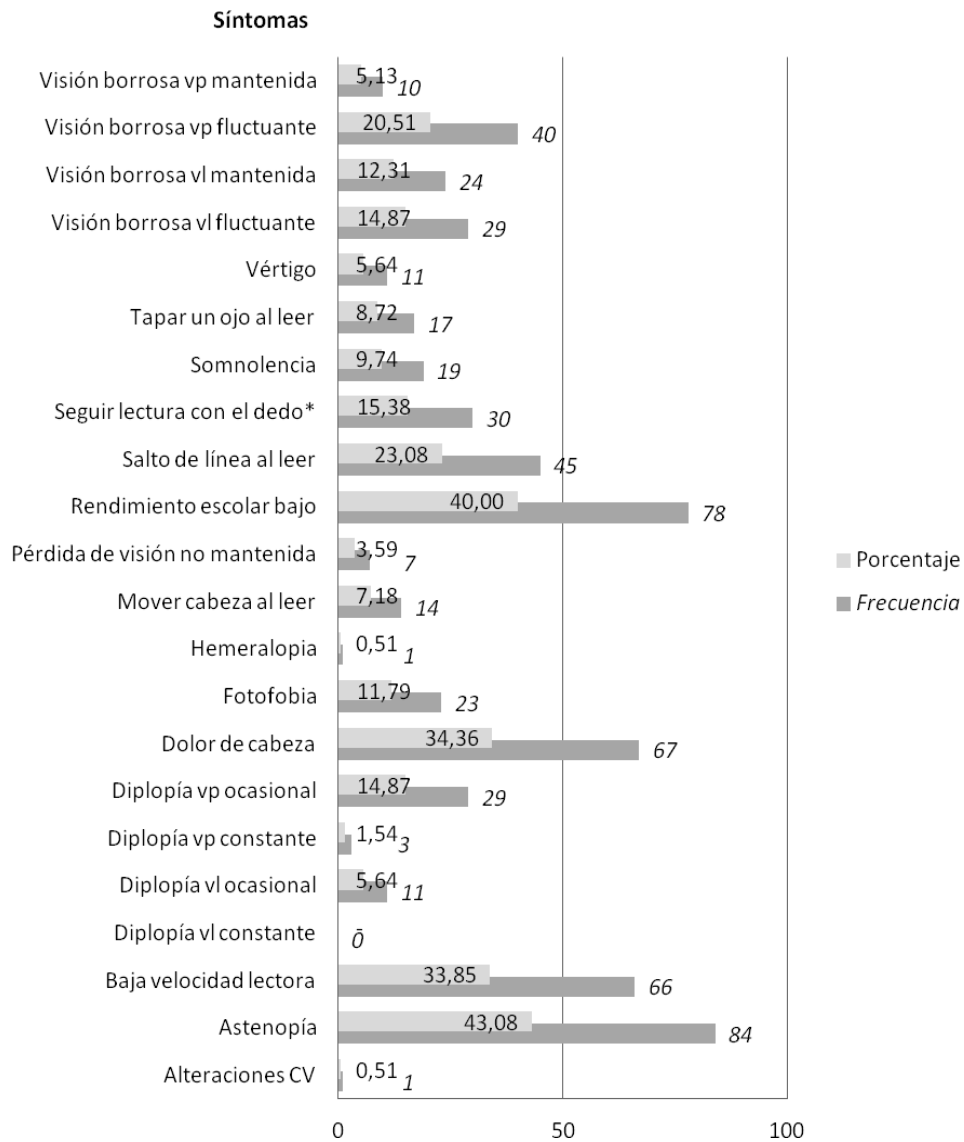


Figura 9. Distribución de frecuencias y porcentaje de la sintomatología de los pacientes de la muestra total (n=195).

\* un valor perdido. VP: visión próxima; vl: visión lejana; CV: campo visual

### 5.1.5. Edad

La edad media de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue  $15 \pm 10$  años. Las edades de los grupos diagnósticos fueron de  $13 \pm 7$ ,  $13 \pm 10$  y  $22 \pm 12$  años para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Las edades de los grupos IA y EA fueron comparadas con la edad del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA). La edad del grupo IA presentó valores similares al grupo NAA, mientras

que el grupo EA estuvo formado por una muestra de sujetos con mayor edad ( $p < .001$ ).

La edad media de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue  $9 \pm 2$  años. Las edades de los grupos diagnósticos fueron de  $9 \pm 2$ ,  $8 \pm 2$  y  $9 \pm 2$  años para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Las edades de los grupos IA y EA fueron comparadas con la edad del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA), presentando todos valores similares de edad.

La edad media de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años fue  $18 \pm 5$  años. Las edades de los grupos diagnósticos fueron de  $18 \pm 5$ ,  $15 \pm 3$  y  $19 \pm 6$  años para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Las edades de los grupos IA y EA fueron comparadas con la edad del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA), presentando todos valores similares de edad.

La edad media de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue  $36 \pm 3$  años. Las edades de los grupos diagnósticos fueron de  $33 \pm 2$ ,  $37 \pm 2$  y  $36 \pm 3$  años para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Las edades de los grupos IA y EA fueron comparadas con la edad del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA). Todos los grupos presentaron valores superiores, tanto el grupo IA ( $p = .026$ ) como el grupo EA ( $p = .033$ ).

Los resultados del análisis descriptivo y la comparación de la variable edad entre los grupos diagnósticos IA y EA, y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad están presentados en la tabla 11.

Los resultados de este estudio muestran que la edad no fue un factor asociado a la presencia de IA; excepto para el grupo de edad de 31-40 años, en el que los sujetos con IA eran mayores que los sujetos sin alteración acomodativa. Respecto al exceso de acomodación, los sujetos que presentaban esta condición fueron mayores que los sujetos sin alteración acomodativa, aunque al segmentar la muestra por edades, esta relación no se cumplió para niños (6-12 años) ni jóvenes (13-30 años).

Tabla 11. Resultados descriptivos de la variable “edad” para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años													
<b>Edad</b>	n	195			119			49			27													
	Max	40			12			30			40													
	Min	6			6			13			31													
	Media	15			9			18			36													
	DE	10			2			5			3													
	Mediana	10			9			16			35													
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA											
n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15												
Max	36	39	40	12	12	12	29	20	30	36	39	40												
Min	6	6	7	6	6	7	13	13	13	31	33	33												
Media	13	13	22	9	8	9	18	15	19	33	37	36												
DE	7	10	12	2	2	2	5	3	6	2	2	3												
Mediana	10	9	18	9	8	9	16	14	17	34	37	36												
p-valor	.237			<.001*			.151			.776			.183			.615			.026*			.033*		

La comparación de la variable edad entre los grupos diagnósticos (IA, EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad está representado mediante los p-valor. Valores p<.05 se consideran significativos\*. NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.6. Agudeza visual en lejos mediante la refracción manifiesta

---

Los resultados del análisis descriptivo y la comparación de la variable agudeza visual en lejos mediante la refracción manifiesta (AV VL Rx<sub>m</sub>) entre los grupos diagnósticos IA y EA, y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad están presentados en la tabla 12.

Al analizar la AV VL Rx<sub>m</sub> incluyendo a toda la muestra, los valores medios de AV VL Rx<sub>m</sub> fueron  $-0.02 \pm 0.05$ ,  $0.00 \pm 0.08$  y  $0.1 \pm 0.6$  logMAR para el grupo NAA, IA y EA respectivamente, y el análisis comparativo entre grupos NAA vs IA y grupo NAA vs EA identificó estadísticamente significativas las diferencias entre los peores valores de AV encontrados en el grupo IA y EA. Este mismo comportamiento se observó para las variables de OD y OI.

Atendiendo a los distintos grupos de edad, en el grupo de los niños (6-12 años) destacaba la peor agudeza visual del grupo EA, tanto en OD como en OI (0.04 y 0.03 logMAR) y la diferencia estadísticamente significativa que existía entre el grupo de IA y el grupo de EA al compararlos con el grupo NAA, tanto en OD como en OI. En el grupo de los jóvenes (13-30 años) la mejor AV la obtenía el grupo IA, alcanzando  $-0.05$  logMAR tanto con OD como con OI pero no existían diferencias estadísticamente significativas cuando se comparaban los grupos. Lo mismo ocurría en el grupo de adultos pre-présbitas, no existiendo diferencias significativas entre los grupos, encontrándose AV muy similares que iban de  $-0.03$  en el grupo NAA a  $-0.01$  logMAR tanto para el grupo IA como el EA.

Tabla 12. Resultados descriptivos de la variable “agudeza visual en lejos mediante la refracción manifiesta” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
AV VL Rx <sub>m</sub> OD (logMAR)	n	195			119			49			27		
	Max	.30			.30			.24			.08		
	Min	-.08			-.08			-.08			-.08		
	Media	-.01			-.01			-.01			-.01		
	DE	.06			.07			.07			.05		
	Mediana	0			0			0			0		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15
	Max	.22	.30	.24	.15	.30	.13	.22	.00	.24	.05	.05	.08
	Min	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08
	Media	-.02	.00	.01	-.02	.01	.04	-.02	-.05	.01	-.03	-.01	-.01
	DE	.05	.08	.06	.05	.09	.06	.07	.04	.07	.05	.04	.05
	Mediana	0	.00	.00	0	.00	.05	0	-.08	.00	-.04	.00	.00
p-valor		.028*	<.001*		.008*	<.001*		.221	.186		.312	.308	
AV VL Rx <sub>m</sub> OI (logMAR)	n	195			119			49			27		
	Max	.22			.22			.21			.09		
	Min	-.08			-.08			-.08			-.08		
	Media	-.01			-.01			-.02			-.02		
	DE	.06			.06			.06			.05		
	Mediana	.00			.00			.00			.00		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15
	Max	.15	.22	.21	.10	.22	.12	.15	.00	.21	.03	.09	.09
	Min	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08
	Media	-.02	.00	.01	-.03	.01	.03	-.02	-.05	.01	-.02	-.01	-.01
	DE	.05	.07	.07	.04	.07	.07	.06	.04	.07	.05	.06	.06
	Mediana	.00	.00	.00	.00	.00	.05	.00	-.08	.00	.00	.00	.00
p-valor		.009*	.001*		.002*	.001*		.253	.072		.416	.647	

La notación empleada para definir la AV en lejos obtenidos mediante la refracción manifiesta (AV VL Rx<sub>m</sub>) es la escala logarítmica. La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, tanto para OD como para OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores p<.05 se consideran significativos\*. AV VL Rx<sub>m</sub>: AV en lejos obtenidos mediante la refracción manifiesta; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.7. Agudeza visual en cerca mediante la refracción manifiesta

---

Los resultados del análisis descriptivo y la comparación de la variable agudeza visual en cerca mediante la refracción manifiesta ( $AV_{VP Rx_m}$ ) entre los grupos diagnósticos IA y EA, y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad están presentados en la tabla 12.

Los valores de la  $AV_{VP Rx_m}$  fueron registrados en el 98.97% de los casos (193/195), habiendo dos casos perdidos o no valorados.

Al analizar la muestra total, las AV visuales en VP mediante la refracción manifiesta para OD y OI eran similares. La mejor AV la obtenía el grupo NAA con un valor próximo a 0.0 logMAR, mientras que los grupos IA e IE obtenían valores de 0.05 logMAR.

Al evaluar todos los grupos por edades, en todos los casos se repetía que la mejor agudeza visual la obtenían los pacientes dentro del grupo NAA, ya fuese para OD o para OI, pero sólo en el grupo de los niños, con edades entre 6 y 12 años, las estadísticas resultaban significativas entre los grupo IA y EA frente al grupo que no tenía anomalía acomodativa ( $p < .001$  en todos los casos).

Tabla 13. Resultados descriptivos de la variable “agudeza visual en cerca con la refracción manifiesta” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
AV VP Rx <sub>m</sub> OD (logMAR)	n	193			119			49			25		
	Max	.30			.30			.30			.22		
	Min	.00			.00			.00			.00		
	Media	.03			.03			.03			.03		
	DE	.06			.06			.07			.06		
	Mediana	.00			.00			.00			.00		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	43	69	31	14	27	5	15	6	6	13	
Max	.10	.30	.30	.10	.30	.22	.10	.22	.30	.00	.22	.10	
Min	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
Media	.01	.05	.05	.00	.05	.08	.01	.06	.05	.00	.07	.02	
DE	.02	.09	.08	.02	.09	.08	.03	.10	.09	.00	.09	.04	
Mediana	.00	.00	.00	.00	.00	.10	.00	.00	.00	.00	.05	.00	
p-valor		<.001*	<.001*		<.001*	<.001*		.086	.251		.182	.521	
AV VP Rx <sub>m</sub> OI (logMAR)	n	193			119			49			25		
	Max	.30			.30			.30			.10		
	Min	.00			.00			.00			.00		
	Media	.02			.02			.02			.02		
	DE	.05			.05			.06			.04		
	Mediana	.00			.00			.00			.00		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	43	69	31	14	27	5	15	6	6	13	
Max	.10	.30	.30	.10	.30	.22	.10	.22	.30	.00	.10	.10	
Min	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
Media	.00	.05	.05	.00	.05	.08	.01	.06	.04	.00	.03	.02	
DE	.02	.07	.07	.01	.07	.08	.03	.10	.08	.00	.05	.04	
Mediana	.00	.00	.00	.00	.00	.10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
p-valor		<.001*	<.001*		<.001*	<.001*		.076	.324		.455	.521	

La notación empleada para definir la AV en cerca obtenida mediante la refracción manifiesta (AV VP Rx<sub>m</sub>) es la escala logarítmica. La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, tanto para OD como para OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores p<.05 se consideran significativos\*. AV VP Rx<sub>m</sub>.; AV en cerca obtenidos mediante la refracción manifiesta; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.8. Agudeza visual en lejos mediante la refracción objetiva cicloplégica

Los resultados del análisis descriptivo y la comparación de la variable agudeza visual en lejos mediante la refracción cicloplégica ( $AV_{VL\ RX_c}$ ) entre los grupos diagnósticos IA y EA, y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad están presentados en la tabla 14.

Los valores de  $AV_{VL\ RX_c}$  en todos los grupos de edad fueron muy parejos, situándose entre -0.01 y -0.02 logMAR en todos los casos.

Al segmentar a los pacientes en los grupos diagnósticos, dentro de los grupos de edad, destacaba en todos los casos la peor agudeza visual obtenida por el grupo EA, tanto en OD como en OI.

Al comparar los grupos entre sí, tomando como referencia el grupo NAA, las diferencias fueron significativas en el grupo de niños (6-12 años) tanto para el grupo IA como el EA en OD y OI. En el resto de grupos de edad no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 14. Resultados descriptivos de la variable “agudeza visual en lejos mediante la refracción cicloplégica” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
AV VL Rx <sub>c</sub> OD (logMAR)	n	178			110			45			23		
	Max	.10			.10			.09			.08		
	Min	-.08			-.08			-.08			-.08		
	Media	-.01			-.01			-.02			-.02		
	DE	.05			.05			.05			.04		
	Mediana	.00			.00			.00			.00		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
n	92	39	41	63	28	14	23	5	15	6	6	11	
Max	.09	.10	.10	.05	.10	.10	.09	.05	.02	.00	.08	.02	
Min	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	
Media	-.02	-.01	.00	-.02	.00	.03	-.01	-.04	-.02	-.04	-.01	-.02	
DE	.04	.05	.05	.04	.05	.07	.05	.06	.04	.04	.05	.04	
Mediana	.00	.00	.00	.00	.00	.04	.00	-.08	.00	-.04	.00	.00	
p-valor		.097	.044*		.041*	.003*		.386	.845		.275	.229	
AV VL Rx <sub>c</sub> OI (logMAR)	n	178			110			45			23		
	Max	0.10			0.10			0.10			0.10		
	Min	-0.08			-0.08			-0.08			-0.08		
	Media	-0.01			-0.01			-0.02			-0.01		
	DE	0.05			0.05			0.05			0.06		
	Mediana	0.00			0.00			0.00			0.00		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
n	92	39	41	63	28	14	23	5	15	6	6	11	
Max	0.10	.10	.10	0.05	.10	.10	0.10	.00	.08	0.00	.10	.10	
Min	-0.08	-.08	-.08	-0.08	-.08	-.08	-0.08	-.08	-.08	-0.08	-.08	-.08	
Media	-0.02	-.01	.01	-0.02	.00	.02	-0.02	-.05	-.01	-0.04	.00	.01	
DE	0.04	.05	.06	0.04	.05	.07	0.06	.04	.04	0.04	.06	.06	
Mediana	0.00	.00	.00	0.00	.00	.00	0.00	-.08	.00	-0.04	.00	.00	
p-valor		.102	.012*		.037*	.037*		.307	.532		.634	.122	

La notación empleada para definir la AV en lejos obtenidos mediante la refracción cicloplégica (AV VL Rx<sub>c</sub>) es la escala logarítmica. La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, tanto para OD como para OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores p<.05 se consideran significativos\*. AV VL Rx<sub>c</sub>: AV en lejos obtenidos mediante la refracción cicloplégica; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

### 5.1.9. Equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica del OD

Los resultados del análisis descriptivo y la comparación de la variables equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica del OD entre los grupos diagnósticos IA y EA, y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad están presentados en la tabla 15.

#### 5.1.9.1. Equivalente esférico de la refracción manifiesta del OD

El equivalente esférico de la refracción manifiesta del ojo derecho ( $EERx_m OD$ ) de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue  $-0.03 D$ . El  $EERx_m OD$  de los grupos diagnósticos se situaba en  $0.02$ ,  $0.68$  y  $-0.81 D$  para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. El  $EERx_m OD$  de los grupos IA y EA fue comparado con el del grupo sin anomalía acomodativa (grupo NAA) y el grupo IA presentó valores más positivos respecto al grupo NAA ( $p=.034$ ), mientras que el grupo EA mostró valores más negativos ( $p<.001$ ).

El  $EERx_m OD$  de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue  $0.06 D$  mientras que al segmentar por grupos diagnósticos los valores encontrados fueron de  $0.09$ ,  $0.43$  y  $-0.93 D$  para NAA, IA y EA respectivamente. Al comparar el  $EERx_m OD$  de los grupos IA y EA con el del grupo sin anomalía acomodativa, el grupo IA presentó valores más positivos, pero sin significancia estadística mientras que el grupo EA mostró valores más negativos, con significancia estadística ( $p=.006$ ).

El  $EERx_m OD$  de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años fue  $-0.03 \pm 1.46 D$ . Como en los casos anteriores, se comparó el  $EERx_m OD$  de los grupos IA y EA con el  $EERx_m OD$  del grupo sin anomalía acomodativa y el grupo IA presentó valores más positivos respecto al grupo NAA pero sin significancia estadística. Sin embargo, el grupo EA mostró valores más negativos, con significancia estadística ( $p=.002$ ).

Por último, el  $EERx_m OD$  de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue  $0.10 D$ , con valores de los grupos diagnósticos de  $-0.17$ ,  $1.79$  y  $-0.42 D$  para los grupos NAA, IA e EA respectivamente. Al comparar el  $EERx_m OD$  del grupo IA con del grupo sin anomalía acomodativa, el primero presentó

valores más positivos con significancia estadística ( $p=.015$ ). Al comparar de la misma manera el grupo EA con el grupo NAA, el primero mostró valores más negativos, pero sin significancia estadística.

La tendencia de la muestra total de que los sujetos con dx de IA presentan valores más positivos de  $EERx_m OD$  se confirma para todos los grupos de edad pero no presenta diferencias estadísticamente significativas para el grupo de niños ni de jóvenes. En cambio, la tendencia de que los sujetos con dx de EA presentan valores más negativos de  $EERx_m OD$  se cumple para todos los grupos de edad excepto para el grupo de adultos pre-présbitas.

#### 5.1.9.2. Equivalente esférico de la refracción cicloplégica del OD

El equivalente esférico de la refracción cicloplégica del ojo derecho ( $EERx_c OD$ ) de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años se situó alrededor de 0.50 D. El  $EERx_c OD$  de los grupos diagnósticos fue de  $0.60 \pm 1.62$ ,  $1.33 \pm 2.05$  y  $-0.20 \pm 1.64$  D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Se comparó el  $EERx_c OD$  de los grupos IA y EA con el  $EERx_c OD$  del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA), presentando el  $EERx_c OD$  del grupo IA valores más positivos respecto al grupo NAA pero sin significancia estadística. Sin embargo, el grupo EA mostró valores más negativos, con significancia estadística ( $p<.001$ ).

El  $EERx_c OD$  de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue de 0.75 D aproximadamente. Los  $EERx_c OD$  de los grupos diagnósticos fueron de  $0.77 \pm 1.66$ ,  $1.07 \pm 1.96$  y  $-0.28 \pm 2.43$  D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Al comparar el  $EERx_c OD$  de los grupos IA y EA con el  $EERx_c OD$  del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA), el grupo de IA presentó valores más positivos al compararlo con el de NAA pero sin significancia estadística. De nuevo, el grupo EA mostró valores más negativos, con significancia estadística ( $p=.014$ ).

El  $EERx_c OD$  de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años fue 0.12 D. El  $EERx_c OD$  de los grupos diagnósticos fue de  $0.27 \pm 1.60$ ,  $1.25 \pm 2.19$  y  $-0.48 \pm 1.20$  D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. El  $EERx_c OD$  de los grupos IA y EA fueron comparadas con el  $EERx_c OD$  del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA). El  $EERx_c OD$  del grupo IA presentó valores más positivos

respecto al grupo NAA pero sin significancia estadística. En cambio, el grupo EA mostró valores más negativos, con significancia estadística ( $p=.018$ ).

El  $EERx_c$  OD de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue  $0.78 \pm 1.70$  D. El  $EERx_c$  OD de los grupos diagnósticos fue de 0.03, 2.54 y 0.23 D para los grupos NAA, IA e IA respectivamente. Los  $EERx_c$  OD de los grupos IA y EA fueron comparadas con el  $EERx_c$  OD del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA) y el grupo IA presentó valores más positivos respecto al grupo NAA con significancia estadística ( $p=.009$ ) mientras que el grupo EA no mostró diferencias estadísticamente significativas.

Los sujetos con IA presentaron valores de  $EERx_c$  OD más positivos que los sujetos sin alteración acomodativa, pero solo mostraron significancia estadística el grupo de adultos pre-présbitas. Respecto a los sujetos con EA, estos presentaron valores más negativos de  $EERx_c$  OD y, al igual que para valores de  $EERx_m$ , mostraron significancia estadística todos los grupos excepto el grupo de adultos pre-présbitas.

#### 5.1.10. Equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica del OI

Los resultados del análisis descriptivo y la comparación de las variables equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica del OI entre los grupos diagnósticos IA y EA, y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad se detallan en la tabla 16. El comportamiento de los valores y las observaciones que se obtuvieron en el análisis del OI eran iguales que los obtenidos para el OD, excepto en el caso del valor del  $EERx_m$  OI del grupo de adultos pre-présbitas diagnosticados de insuficiencia de acomodación, en el que a pesar de presentar valores más positivos que el grupo NAA, no apareció una significancia estadística, y en el caso del valor del  $EERx_c$  OI del grupo de jóvenes con EA que no presentó significancia estadística aunque los valores eran más negativos que para el grupo NAA.

Tabla 15. Resultados descriptivos de la variable “equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica” del ojo derecho, para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
EER <sub>x<sub>m</sub></sub> OD (D)	n	195			119			49			27		
	Max	5.50			5.50			4			4.50		
	Min	-8			-8			-5.50			-1.88		
	Media	-0.03			0.06			-0.33			0.10		
	DE	1.53			1.58			1.46			1.42		
	Mediana	0			0.25			0			0		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15
	Max	4	5.50	1.25	4	5.50	1.25	2.38	4	0.25	0.75	4.50	0.75
	Min	-5.50	-4.75	-8	-5.25	-4.75	-8	-5.50	-0.75	-3.75	-0.88	0.25	-1.88
	Media	0.02	0.68	-0.81	0.09	0.43	-0.93	-0.12	0.85	-1.11	-0.17	1.79	-0.42
	DE	1.33	1.76	1.50	1.36	1.69	2.22	1.38	1.83	1.25	0.53	1.95	0.81
	Mediana	0.25	0.25	-0.50	0.25	0.25	-0.13	0	0.25	-1	-0.25	0.88	-0.50
p-valor	.034*			<.001*			.432			.006*			
EER <sub>c</sub> OD (D)	n	178			110			46			22		
	Max	6.25			6.25			5			6.25		
	Min	-8			-8			-5.50			-0.88		
	Media	0.58			0.73			0.12			0.78		
	DE	1.77			1.84			1.57			1.70		
	Mediana	0.75			1			0.25			0.38		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	93	38	41	64	27	14	24	5	15	5	6	11
	Max	4.50	6.25	2.25	4.50	6.25	2	2.88	5	0.50	0.50	6.25	2.25
	Min	-5.50	-4.50	-8	-5.50	-4.50	-8	-5.50	-0.75	-3.25	-0.88	0.50	-0.75
	Media	0.60	1.33	-0.20	0.77	1.07	-0.28	0.27	1.25	-0.48	0.03	2.54	0.23
	DE	1.62	2.05	1.64	1.66	1.96	2.43	1.60	2.19	1.20	0.59	2.30	0.84
	Mediana	0.75	1	0.13	1	1	0.50	0.50	0.75	0	0.25	1.50	0.13
p-valor	.090			<.001*			.810			.014*			

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico del OD, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. EER<sub>x<sub>m</sub></sub>: equivalente esférico de la refracción manifiesta; EER<sub>c</sub>: equivalente esférico de la refracción cicloplégica; OD: ojo derecho; D: dioptrías; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.11. Error refractivo latente del ojo derecho

---

Los resultados del error refractivo latente del OD (ERL OD) se analizaron para dos muestras de sujetos; una de ellas reunía sujetos con valores de equivalente esférico de la refracción cicloplégica menores de 0 D que se definió como *grupo miope*, y una segunda muestra de sujetos con valores mayores o iguales a 0 D, definido como *grupo no miope*.

Los resultados de la frecuencia de casos registrados con valores de refracción cicloplégica fue de 178 casos para la muestra total (n=195), un 91.28% (178/195) de casos. El resto no tenían registro de este valor, por lo que los resultados relativos al error refractivo latente (ERL) pertenecen a una muestra de 178 sujetos. El *grupo miope* fue de 36 sujetos, el 20.22% (36/178) de la población total mientras que el *grupo no miope* fue de 142 sujetos, el 79.78% (142/178) de la muestra total.

El porcentaje de casos con exceso de acomodación fue mayor para el grupo de miopes respecto del grupo de no miopes, condición que se cumplió para todos los grupos de edad. En la muestra total de sujetos (6-40 años) hubo un 44.44% de casos con EA en la muestra de miopes frente a un 17.60% de casos con EA en la muestra de no miopes; situación que se repite para el grupo de niños, jóvenes y adultos pre-présbitas con valores de 28.57% vs 10.42%, 46.66% vs 25.80% y 72% vs 40% respectivamente.

La insuficiencia de acomodación mostró una distribución de casos contraria a la obtenida para el EA, mientras que la proporción de casos de EA fue mayor para el grupo de miopes, la distribución de casos de IA fue mayor para el grupo de no miopes.

Los resultados descriptivos y comparaciones se detallan en la tabla 17.

Tabla 16. Resultados descriptivos de la variable “equivalente esférico de la refracción manifiesta y cicloplégica” del ojo izquierdo, para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
EER <sub>m</sub> OI (D)	n	195			119			49			27		
	Max	6.63			6.63			1.88			4.63		
	Min	-6			-6			-5.88			-2		
	Media	-0.02			0.10			-0.37			0.10		
	DE	1.53			1.61			1.33			1.47		
	Mediana	0			0.13			0			-0.13		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15	
Max	4	6.63	0.75	4	6.63	0.50	1.88	0.75	0.63	1.25	4.63	0.75	
Min	-5.88	-6	-6	-5.25	-6	-6	-5.88	-0.75	-3.50	-1	-1.13	-2	
Media	0.02	0.59	-0.69	0.15	0.46	-0.91	-0.27	0.15	-0.73	-0.10	1.63	-0.48	
DE	1.37	2.04	1.19	1.30	2.11	1.73	1.60	0.58	0.99	0.76	2.32	0.74	
Mediana	0.06	0.25	-0.50	0.13	0.25	-0.25	0	0.25	-0.75	-0.13	1	-0.50	
p-valor		.151	<.001*		.575	.002*		.801	.019*		.180	.449	
EER <sub>c</sub> OI (D)	n	178			110			46			22		
	Max	6.88			6.88			2.25			6.25		
	Min	-6.25			-6.25			-5.88			-0.88		
	Media	0.53			0.73			-0.04			0.78		
	DE	1.76			1.86			1.40			1.70		
	Mediana	0.75			1			0.25			0.38		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	93	38	41	64	27	14	24	5	15	5	6	11	
Max	4.25	6.88	2.50	4.25	6.88	1.25	2.25	1.50	0.75	0.25	6.13	2.50	
Min	-5.88	-6.25	-6	-5.50	-6.25	-6	-5.88	-0.75	-2.50	-0.50	-0.13	-0.75	
Media	0.54	1.22	-0.14	0.81	1.10	-0.37	-0.04	0.45	-0.18	-0.08	2.38	0.17	
DE	1.66	2.27	1.27	1.60	2.38	1.89	1.81	0.86	0.77	0.30	2.43	0.89	
Mediana	0.75	1	0	1	1	0.38	0.50	0.75	0	0	1.63	0	
p-valor		.103	<.001*		.656	.001*		.758	.078		.030*	.879	

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico del OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. EER<sub>m</sub>: equivalente esférico de la refracción manifiesta; EER<sub>c</sub>: equivalente esférico de la refracción cicloplégica; OI: ojo izquierdo; D: dioptrías; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.11.1. Muestra de sujetos con equivalente esférico de la refracción cicloplégica menor de 0 D en OD: *grupo miope*

---

La muestra de sujetos del *grupo miope* fue de 36 sujetos, el 20.22% (36/178) de la población total. El error refractivo latente del ojo derecho (ERL OD) de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años se situaba en el cuarto de dioptría. El ERL OD de los grupos diagnósticos fueron de  $-0.02 \pm 0.25$ ,  $0.00 \pm 0.25$  y  $-0.52 \pm 0.34$  D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Se compararon los grupos IA y EA con el grupo sin anomalía acomodativa (NAA). Los valores de ERL OD del grupo IA eran algo más positivos respecto al grupo NAA, pero sin significancia estadística ( $p=.958$ ). En cambio el grupo EA presentó valores más negativos respecto al grupo NAA, en esta ocasión con significancia estadística ( $p<.001$ ).

El ERL OD de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años estaba próximo a ser plano. El ERL OD de los grupos diagnósticos fue de  $0.09 \pm 0.19$ ,  $0.00 \pm 0.35$  y  $-0.22 \pm 0.30$  D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. El ERL OD de los grupos IA y EA se comparó con el del grupo NAA. El ERL OD de todos los grupos presentó valores más negativos respecto al grupo NAA y ninguno de ellos tenía significancia estadística, aunque para el grupo EA la diferencia era mayor.

El ERL OD de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 fue  $-0.42 \pm 0.41$  D. El ERL OD de los grupos diagnósticos fueron de  $-0.17 \pm 0.30$ , plano y  $-0,75 \pm 0.25$  D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Al comparar el ERL OD del grupo IA ( $n=1$ ) con el grupo sin anomalía acomodativa, el ERL OD del grupo IA tenía valores más positivos que el grupo NAA, pero sin significancia estadística, aunque con un tamaño de muestra de  $n=1$  limita mucho estos resultados. En cambio el grupo EA sí presentaba valores más negativos respecto al grupo NAA ( $p=.014$ ).

El ERL OD de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue  $-0.34 \pm 0.30$  D. El ERL OD de los grupos diagnósticos era  $-0.06 \pm 0.09$  y  $-0.45 \pm 0.29$  D en los grupos NAA y EA (no hubo ningún caso de IA en este grupo de edad). El ERL OD del grupo EA presentó valores más negativos respecto al grupo NAA, aunque sin significancia estadística.

En resumen, en la muestra de sujetos miopes ( $EERx_c < 0$ ) se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable ERL entre el grupo de EA y grupo NAA en la muestra total y en el grupo de jóvenes.

5.1.11.2. Muestra de sujetos con equivalente esférico de la refracción cicloplégica mayor o igual a 0 D en OD: *grupo no miope*

---

La muestra de sujetos del *grupo no miope* fue de 142 sujetos, lo que supone un 79.78% (142/178) de la muestra total. El ERL OD de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue de unas 0.75 D. El ERL OD de los grupos diagnósticos era  $-0.73 \pm 0.49$ ,  $-0.72 \pm 0.51$  y  $-0.66 \pm 0.53$  D para NAA, IA y EA respectivamente. Al comparar el ERL OD de los grupos, todos ellos presentaban valores más negativos respecto al grupo NAA pero ninguno de ellos con significancia estadística.

El ERL OD de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue  $-0.81 \pm 0.52$ D mientras que el de los grupos diagnósticos encontrado era  $-0.83 \pm 0.52$ ,  $-0.75 \pm 0.54$  y  $-0.83 \pm 0.62$ D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Al comparar los grupos, el ERL OD de todos presentaba valores más positivos respecto al grupo NAA pero ninguno de ellos con significancia estadística.

El ERL OD de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años fue -0.50 D aproximadamente. Los valores de ERL OD de los grupos IA y EA se compararon con el del grupo sin anomalía acomodativa (NAA), y en este caso todos los grupos presentaban valores más negativos respecto al grupo NAA pero ninguno de ellos con significancia estadística.

El ERL OD de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue  $-0.63 \pm 0.50$  D. Al comparar el ERL OD de los grupos IA y EA con el del grupo sin anomalía acomodativa, el grupo EA presentó valores más negativos mientras que los del grupo IA eran más positivos, aunque sin significancia estadística para ninguno de ellos.

En resumen, para la muestra de sujetos no miopes ( $EERx_c \geq 0$ ) no se encontraron diferencias en la variable ERL entre los grupos diagnósticos para cada grupo de edad.

### 5.1.11.3. Comparación del error refractivo latente entre el grupo de miopes y no miopes

---

Los valores de error refractivo latente del ojo derecho (ERL OD) fueron más negativos (mayor diferencia entre Rx manifiesta y Rx cicloplégica) en el grupo de *no miopes* que en grupo de *miopes*. Esta observación se dio para todos los grupos de edad y grupos diagnósticos, con la excepción del grupo EA del grupo de jóvenes.

Para la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años esta diferencia fue estadísticamente significativa para los grupos NAA y IA con valores de p-valor(b) de <.001 y .003 respectivamente. El grupo EA no mostró significancia estadística.

En el grupo de niños (6-12 años), todos los grupos diagnósticos presentaron significancia estadística con p-valor(b) de <.001, .023 y .024 para los grupos NAA, IA y EA respectivamente.

El grupo de jóvenes (13-30 años) y adultos pre-présbitas (31-40 años) no mostró significancia estadística en ninguno de sus grupos diagnósticos, excepto el grupo de adultos pre-présbitas (31-40 años) sin anomalía acomodativa (NAA) ( $p = .020$ ).

Tabla 17. Resultados descriptivos de la variable “error refractivo latente” del ojo derecho en función del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica (grupo miope y grupo no miope) para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa y comparación entre grupo miope y no miope.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
EER <sub>c</sub> OD < 0 / Grupo miope	ERL OD (D)												
	n	36			14			15			7		
	Max	0.50			0.50			0			0		
	Min	-1.25			-0.63			-1.25			-0.88		
	Media	-0.24			-0.01			-0.42			-0.34		
	DE	0.38			0.26			0.41			0.30		
	Mediana	-0.06			0			-0.50			-0.25		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	16	3	16	8	2	4	6	1	7	2		5
	%	44.44	8.3	44.44	57.14	14.28	28.57	40	6.6	46.66	28		72
	Max	0.50	0.25	0	0.50	0.25	0	0	0	-0.50	0		-0.25
	Min	-0.75	-0.25	-1.25	0	-0.25	-0.63	-0.75	0	-1.25	-0.13		-0.88
	Media	-0.02	0	-0.52	0.09	0	-0.22	-0.17	0	-0.75	-0.06		-0.45
DE	0.25	0.25	0.34	0.19	0.35	0.30	0.30	0	0.25	0.09		0.29	
Mediana	0	0	-0.56	0	0	-0.13	0	0	-0.75	-0.06		-0.25	
p-valor (a)		.958	<.001*		.711	.109		.857	.014*			.095	
EER <sub>c</sub> OD ≥ 0 / Grupo no miope	ERL OD (D)												
	n	142			96			31			15		
	Max	0			0			0			0		
	Min	-2.75			-2.75			-1			-1.75		
	Media	-0.72			-0.81			-0.47			-0.63		
	DE	0.50			0.52			0.30			0.50		
	Mediana	-0.63			-0.75			-0.50			-0.50		
		<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	77	35	25	56	25	10	18	4	8	3	6	6
	%	54.22	24.64	17.60	58.33	26.04	10.42	58.06	12.9	25.81	20	40	40
	Max	0	0	0	0	0	-0.25	0	-0.25	-0.25	-0.50	-0.25	0
	Min	-2.75	-2.63	-2.50	-2.75	-2.63	-2.50	-0.88	-1	-1	-0.75	-1.75	-1.63
	Media	-0.73	-0.72	-0.66	-0.83	-0.75	-0.83	-0.44	-0.50	-0.53	-0.58	-0.75	-0.55
DE	0.49	0.51	0.53	0.52	0.54	0.62	0.29	0.35	0.34	0.14	0.52	0.57	
Mediana	-0.75	-0.50	-0.50	-0.75	-0.50	-0.75	-0.50	-0.38	-0.38	-0.50	-0.63	-0.50	
p-valor (a)		.685	.339		.319	.658		.902	.644		.905	.833	
p-valor (b)	<.001*	.003*	.570	<.001*	.023*	.024*	.056	.400	.232	.020*		1.0	

La tabla divide horizontalmente a la muestra total en función del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica (EER<sub>c</sub>). Se representan dos grupos, uno de ellos con valores de EER<sub>c</sub> menores de cero dioptrías (grupo miope) y otro con valores mayores o igual a cero dioptrías (grupo no miope). La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico del OD, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad (p-valor (a)), y los valores p-valor de la comparación de cada grupo diagnóstico (NAA, IA y EA) entre el grupo de sujetos miopes y no miopes (p-valor (b)). Los valores p<.05 se consideran significativos\*. EER<sub>c</sub>: equivalente esférico de la refracción cicloplégica; ERL: error refractivo latente; OD: ojo derecho; D: dioptrías; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.12. Error refractivo latente del OI

---

Los resultados del error refractivo latente del OI (ERL OI) se analizaron para dos muestras de sujetos: sujetos con valores de equivalente esférico de la refracción cicloplégica menores de 0 D que se definió como *grupo miope* y sujetos con valores mayores o iguales a 0 D, definido como *grupo no miope*. De igual manera, los resultados se presentan para ambas muestras. El porcentaje de casos con exceso de acomodación fue mayor para el grupo de miopes respecto del grupo de no miopes, condición que se cumplió para todos los grupos de edad. En la muestra total de sujetos (6-40 años) hubo un 42.50% de casos con EA en la muestra de miopes frente a un 17.39% de casos con EA en la muestra de no miopes; situación que se repite para el grupo de niños, jóvenes y adultos pre-présbitas con valores de 25.00% vs 10.61%, 47.06% vs 24.14% y 71.43% vs 40% respectivamente.

Respecto a la proporción de casos con IA, ésta fue mayor en población no miope, tal y como ocurrió para la variable del ojo derecho anteriormente analizada.

Los resultados descriptivos y comparaciones se detallan en la tabla 18.

##### 5.1.12.1. Muestra de sujetos con equivalente esférico de la refracción cicloplégica menor de 0 D en OI: grupo miope

---

La muestra de sujetos del grupo miope fue de 40 sujetos, un 22.47% (40/178) de la población total. El comportamiento de los valores y las observaciones que se obtuvieron en el análisis del OI fueron iguales que los obtenidos para el OD.

En la muestra de sujetos miopes ( $EERx_c < 0$ ), el ERL fue más negativo en el grupo EA que en el grupo NAA, encontrando diferencias estadísticamente significativas en todos los grupos de edad excepto para el grupo de niños y adultos pre-présbitas. Lo mismo ocurría para valores de OD

Tabla 18. Resultados descriptivos de la variable “error refractivo latente” del ojo izquierdo en función del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica (grupo miope y grupo no miope) para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y resultados de la comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa y comparación entre grupo miope y no miope.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años			
EER <sub>c</sub> OI < 0 / Grupo miope	ERL OI (D)	n	40			16			17			7		
		Max	0.75			0.75			0			0		
		Min	-1.25			-1.13			-1.25			-1		
		Media	-0.24			-0.04			-0.33			-0.46		
		DE	0.41			0.38			0.40			0.36		
		Mediana	0			0			-0.25			-0.50		
			<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	18	5	17	9	3	4	7	1	8	2			5
	%	45	12.5	42.50	56.25	18.75	25	41.18	5.88	47.06	28.57			71.43
	Max	0.75	0.25	0	0.75	0.25	0	0	0	0	-0.13			0
	Min	-0.75	-1	-1.25	-0.25	-0.38	-1.13	-0.25	0	-1.25	-0.75			-1
	Media	-0.03	-0.23	-0.52	0.10	-0.04	-0.34	-0.07	0	-0.64	-0.44			-0.48
	DE	0.29	0.49	0.41	0.28	0.31	0.53	0.12	0	0.39	0.44			0.38
	Mediana	0	0	-0.50	0	0	-0.13	0	0	-0.63	-0.44			-0.50
p-valor (a)		.587	<.001*		.727	.106		.750	.004*				1.0	
EER <sub>c</sub> OI ≥ 0 / Grupo no miope	ERL OI (D)	n	138			94			29			15		
		Max	0			0			0			0		
		Min	-2.50			-2.50			-1.25			-2.13		
		Media	-0.67			-0.79			-0.38			-0.52		
		DE	0.50			0.49			0.33			0.59		
		Mediana	-0.50			-0.75			-0.38			-0.50		
			<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>	<b>Grupo NAA</b>	<b>Grupo IA</b>	<b>Grupo EA</b>
	n	75	33	24	55	24	10	17	4	7	3	5	6	
	%	54.34	23.91	17.39	58.51	25.53	10.64	58.62	13.79	24.14	20	33.33	40	
	Max	0	0	0	0	0	-0.25	0	0	0	0	-0.25	0	
	Min	-2.50	-2	-2.13	-2.50	-2	-2	-1.13	-0.75	-1.25	-0.38	-1.50	-2.13	
	Media	-0.68	-0.73	-0.54	-0.81	-0.80	-0.63	-0.35	-0.38	-0.43	-0.21	-0.70	-0.52	
	DE	0.50	0.49	0.55	0.49	0.50	0.52	0.32	0.32	0.41	0.19	0.48	0.75	
	Mediana	-0.50	-0.75	-0.50	-0.75	-0.75	-0.50	-0.25	-0.38	-0.38	-0.25	-0.50	-0.50	
p-valor (a)		.548	.093		.870	.150		.829	.757		.071	.517		
p-valor (b)	<.001*	.040*	.704	<.001*	.005*	.188	.034*	.400	.232	.800		.639		

La tabla divide horizontalmente a la muestra total en función del valor del equivalente esférico de la refracción cicloplégica (EER<sub>c</sub>). Se representan dos grupos, uno de ellos con valores de EER<sub>c</sub> menores de cero dioptrías (grupo miope) y otro con valores mayores o igual a cero dioptrías (grupo no miope). La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico del OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad (p-valor (a)), y los valores p-valor de la comparación de cada grupo diagnóstico (NAA, IA y EA) entre el grupo de sujetos miopes y no miopes (p-valor (b)). Los valores p<.05 se consideran significativos\*. EER<sub>c</sub>: equivalente esférico de la refracción cicloplégica; ERL: error refractivo latente; OI: ojo izquierdo; D: dioptrías; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.12.2. Muestra de sujetos con equivalente esférico de la refracción cicloplégica mayor o igual a 0 D en OI: grupo no miope

---

La muestra de sujetos del grupo no miope fue de 138 sujetos, lo que implicaba un 77.53% (138/178) de la población total. El comportamiento de los valores y las observaciones que se obtuvieron en el análisis del OI fueron iguales que los obtenidos para el OD.

En la muestra de sujetos no miopes ( $EERx_c \geq 0$ ) no se encontraron diferencias en la variable ERL entre los grupos diagnósticos para cada grupo de edad.

#### 5.1.12.3. Comparación de error refractivo latente entre el grupo de miopes y no miopes

---

Los valores de error refractivo latente de ojo izquierdo (ERL OI) fueron más negativos (mayor diferencia entre Rx manifiesta y Rx cicloplégica) en el grupo de no miopes que en grupo de miopes. Esta observación se dio para todos los grupos de edad y grupos diagnósticos, con la excepción del grupo EA del grupo de jóvenes y grupo NAA y IA del grupo de adultos pre-présbitas.

Para la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años esta diferencia fue estadísticamente significativa para los grupos NAA y IA con p-valor (b) de  $<.001$  y  $.004$  respectivamente. El grupo EA no mostró significancia estadística.

En el grupo de niños (6-12 años) se observó significancia estadística en los grupos NAA y IA con p-valor (b)  $<.001$  y  $.005$  respectivamente.

El grupo de jóvenes (13-30 años) y adultos pre-présbitas (31-40 años) no mostró significancia estadística en ninguno de sus grupos diagnósticos, excepto para el grupo NAA ( $p=.034$ ).

### 5.1.13. Amplitud de acomodación

Los resultados descriptivos y comparaciones se detallan en la tabla 19.

#### 5.1.13.1. Amplitud de acomodación de ojo derecho

La amplitud de acomodación de ojo derecho (AA OD) de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue 9.27 D. La AA OD de los grupos diagnósticos encontrada fue 10.64, 7.23 y 7.58 D en los grupos NAA, IA y EA respectivamente. La AA OD de los grupos IA y EA fueron comparadas con la AA OD del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA), presentando ambos grupos (IA y EA) valores significativamente más bajos ( $p < .001$ ).

La AA OD de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue 10.40 D. La AA OD de los grupos diagnósticos fue de 11.55, 8.09 y 9.55 D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Las AA OD de los grupos IA y EA fueron comparadas con la AA OD del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA). De nuevo en esta ocasión, la AA OD de los dos grupos presentó valores más bajos y todos con significancia estadística,  $p < .001$  y  $p = .039$  en los grupos IA y EA respectivamente.

La AA OD de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años se situaba cerca de las 9 D, mientras que las de los grupos diagnósticos fueron 9.20, 6.40 y 8.28 D para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Al comparar la AA OD de los grupos IA y EA con la AA OD del grupo sin anomalía acomodativa, la AA OD de todos los grupos presentó valores más bajos, pero sólo se encontró significancia estadística en el grupo IA ( $p = .016$ ).

La AA OD de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue 5.19 D. Las AA OD de los grupos NAA, IA e EA fueron 6.67, 3.50 y 5.20 D respectivamente. La AA OD de todos los grupos presentaba valores más bajos y todos con significancia estadística. Los valores hallados fueron  $p = .002$  y  $p = .040$  en los grupos IA y EA respectivamente.

En resumen, la AA presentó valores más bajos en los sujetos diagnosticados de insuficiencia y de exceso de acomodación respecto al grupo sin anomalía acomodativa para todos los grupos de edad, mostrando diferencias estadísticamente

significativas en todos los grupos excepto para el grupo de EA de jóvenes (13-10 años).

#### 5.1.13.2. Amplitud de acomodación de ojo izquierdo

El comportamiento de los valores y las observaciones que se obtuvieron en el análisis del ojo izquierdo fueron iguales que los obtenidos para el ojo derecho.

Tabla 19. Resultados descriptivos de la variable “amplitud de acomodación” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
AA OD (D)	n	195			119			49			27		
	Max	16			16			15			8.50		
	Min	2			2			3.25			2		
	Media	9.27			10.40			8.78			5.19		
	DE	3.37			3.04			2.95			1.80		
	Mediana	9.25			11			8.25			5.50		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15	
Max	16	11.50	15	16	11.50	14.75	14.75	7	15	7.75	4.50	8.50	
Min	3.25	2	2	5.25	2	2.50	3.25	5.50	3.50	4.50	2	2	
Media	10.64	7.23	7.58	11.55	8.09	9.55	9.20	6.40	8.28	6.67	3.50	5.20	
DE	2.82	2.78	3.47	2.44	2.59	3.62	2.66	0.65	3.42	1.14	0.91	1.72	
Mediana	11	7.38	6.50	12.50	8.50	10	9.50	6.50	7.50	7	3.63	5.50	
p-valor		<.001*	<.001*		<.001*	.039*		.016*	.194		.002*	.040*	
AA OI (D)	n	195			119			49			27		
	Max	16			16			15			7.75		
	Min	2			2			3.25			2		
	Media	9.17			10.24			8.76			5.18		
	DE	3.35			3.12			2.81			1.68		
	Mediana	9			10.50			8.50			5		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15	
Max	16	11.50	15	16	11.50	14.25	13	9	15	7.75	5.25	7.50	
Min	3.25	2	2	6	2	2.50	3.25	5.50	3.50	4.50	2	2	
Media	10.63	7.06	7.36	11.60	7.61	8.98	9.06	6.75	8.37	6.58	4.46	5	
DE	2.79	2.45	3.40	2.38	2.41	3.71	2.53	1.37	3.26	1.19	1.65	1.62	
Mediana	11	7	6.75	12.25	7.25	8.88	9.25	6.25	7.75	6.88	4.38	4.75	
p-valor		<.001*	<.001*		<.001*	.009*		.035*	.365		.026*	.033*	

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, tanto para OD como para OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. AA OD: amplitud de acomodación de ojo derecho; AA OI: amplitud de acomodación de ojo izquierdo; D: dioptrías; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.14. Flexibilidad acomodativa monocular

Los resultados descriptivos y comparaciones se detallan en la tabla 20.

##### 5.1.14.1. Flexibilidad acomodativa monocular de ojo derecho

La flexibilidad acomodativa monocular de ojo derecho (FAM OD) de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue 7.3 cpm. La FAM OD de los grupos diagnósticos fue 10.6, 3.3 y 1.1 cpm para los grupos NAA, IA y EA respectivamente.

La FAM OD de la muestra jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años fue casi de 6 cpm mientras que la de los grupos diagnósticos fueron de 9.7, 2.2 y 0.7 cpm para los grupos NAA, IA y EA.

La FAM OD de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue casi de 3 cpm. La FAM OD de los grupos diagnósticos fueron de 7.8, 2.2 y 1.5 cpm para los grupos NAA, IA y EA.

La FAM OD de los tres grupos diagnósticos (NAA, IA y EA) se comparó entre los grupos de edad. En el grupo NAA e IA la FAM disminuía al aumentar la edad, en cambio en el grupo EA los valores más bajos de FAM se presentaron en el grupo de jóvenes (13-30 años), pero estas diferencias no mostraron significancia estadística para ninguno de los grupos.

##### 5.1.14.2. Flexibilidad acomodativa monocular de ojo izquierdo

El comportamiento de los valores y las observaciones que se obtuvieron en el análisis del ojo izquierdo fueron iguales que los obtenidos para el ojo derecho.

Tabla 20. Resultados descriptivos de la variable “flexibilidad acomodativa” de OD y OI para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos de edad para cada grupo diagnóstico.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
FAM OD (cpm)	n	195			119			49			27		
	Max	17			17			15			12		
	Min	0			0			0			0		
	Media	6.3			7.3			5.9			2.8		
	DE	4.7			4.5			4.9			3.4		
	Mediana	6			8			5			2		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15	
Max	17	6	3	17	6	3	15	5	3	12	6	3	
Min	1	0	0	4	0	0	1	0	0	4	0	0	
Media	10.2	3	1.1	10.6	3.3	1.1	9.7	2.2	0.7	7.8	2.2	1.5	
DE	2.9	2	1.5	2.7	1.8	1	3.2	1.8	1	3	3	2.1	
Mediana	10	2.8	1	10.5	3	1	10	2	0	7.8	1.5	1	
p-valor		p-valor (NAA) =.126; p-valor (IA)=.69;p-valor (EA)=.373											
FAM OI (cpm)	n	195			119			49			27		
	Max	18			18			15			12		
	Min	0			0			0			0		
	Media	6.5			7.5			6.2			3		
	DE	4.8			4.5			5			3.4		
	Mediana	6			8			7			2		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	102	42	45	69	31	14	27	5	15	6	6	15	
Max	18	6	3	18	6	3	15	6	3	12	4	3	
Min	1	0	0	4	0	0	1	0	0	4	0	0	
Media	10.3	3.2	1.2	10.7	3.5	1.4	9.9	3.4	0.9	8	1.7	1.4	
DE	3.1	1.8	1.4	2.9	1.2	1.2	3.3	3.8	1.4	2.9	2	1.7	
Mediana	10	3.5	1	10.5	4	2	10	2	0	8	1	1	
p-valor		p-valor (NAA) =.111; p-valor (IA)=.60;p-valor (EA)=0.405											

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, tanto para OD como para OI, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos de edad (niños, jóvenes y adultos pre-présbitas) para cada grupo diagnóstico (NAA, IA y EA), donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. FAM OD: flexibilidad acomodativa monocular de ojo derecho; FAM OI: flexibilidad acomodativa monocular de ojo izquierdo; cpm: ciclos por minuto; D: dioptrías; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.15. Flexibilidad acomodativa binocular

---

Del total de la muestra (n=195) se registraron valores de flexibilidad acomodativa binocular (FAB) en el 78.5% (153/195) de los casos. El 21.5% presentó episodios de supresión sensorial durante la realización de la prueba. Para el grupo de niños, jóvenes y adultos pre-présbitas hubo unas tasas de supresión sensorial del 20.17% (24/119), 20.40% (10/49) y 29.62% (8/27) respectivamente.

La FAB de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue 5.2 cpm. Las FAB de los grupos diagnósticos fueron 6.92, 2.9 y 3.3 cpm para los grupos NAA, IA y EA. La FAB de los grupos IA y EA fueron comparadas con la FAB del grupo sin anomalía acomodativa, encontrándose que la FAB de todos los grupos tenía valores más bajos y existía significancia estadística ( $p < .001$ ).

La FAB de la muestra de niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años fue 5.6 cpm. Para los grupos NAA, IA y EA, la FAB fue 7.3, 3 y 2.3 cpm. Se comparó la FAB de los grupos IA y EA con la del grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA) y todos los grupos presentaron valores más bajos y, además con significancia estadística ( $p < .001$ ).

La FAB de la muestra de jóvenes con edades comprendidas entre 13 y 30 años fue ligeramente superior a 4 cpm, mientras que la de los grupos NAA, IA y EA fueron de 5.5, 1.2 y 2.8 cpm respectivamente. La FAB de los grupos IA y EA se compararon con la FAB del grupo sin anomalía acomodativa, y la de todos los grupos presentó valores más bajos pero no hubo significancia estadística ( $p = .205$  y  $p = .214$  en los grupos IA y EA respectivamente).

La FAB de la muestra de adultos pre-présbitas con edades comprendidas entre 31 y 40 años fue 5.1 cpm. La FAB de los grupos diagnósticos fue 9, 4.3 y 4.6 cpm para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. La FAB de los grupos IA y EA eran más bajas, sin significancia estadística, al compararlos con el grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA), con valores de  $p = .400$  y  $p = .137$  respectivamente.

Los resultados del análisis descriptivo se detallan en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados descriptivos de la variable “flexibilidad acomodativa binocular” para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
<b>FAB (cpm)</b>	n	153			95			39			19		
	Max	16			16			14			16		
	Min	0			0			0			0		
	Media	5.2			5.6			4.2			5.1		
	DE	4.3			4			4.2			5.3		
	Mediana	4			5			3			2		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
n	84	30	37	58	24	12	22	3	12	4	3	12	
Max	16	12	16	16	7	9	14	2.5	10	14	12	16	
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
Media	6.9	2.9	3.3	7.3	3	2.3	5.5	1.2	2.8	9	4.3	4.6	
DE	4.2	2.7	4	3.9	2.1	2.7	4.8	1.3	3.1	4.2	6.7	5.4	
Mediana	8	2.5	2	8	3	1.8	5	1	1.5	9	1	2	
p-valor	<.001*		<.001*	<.001*		<.001*	.205		.214	.400		.137	

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, además de los valores p-valor de la comparación de la variable entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. FAB; flexibilidad acomodativa binocular; cpm: ciclos por minuto; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación

### 5.1.16. Desviación motora horizontal

---

#### 5.1.16.1. Frecuencias de las desviaciones motoras horizontales para la muestra total

---

Del total de la muestra (n=195), presentaron en visión próxima exodesviaciones, endodesviaciones y ortodesviaciones el 61.03, 22.56 y 16.41 % respectivamente. En visión lejana, los porcentajes presentados fueron del 22.56, 11.28 y 66.16 %.

De las exodesviaciones en VP (119; 61.03%), presentaron exotropía constante el 0.84% (1/119), una exotropía intermitente el 3.36% (4/119) y el resto fueron exoforias con un 95.8% (114/119). De las exodesviaciones en VL (44; 22.56%), presentaron exotropía constante el 9.09% (4/44), exotropía intermitente el 15.91% (7/44) y el resto fueron exoforias con un 75 % (33/44). Al analizar el tipo de desviación exo en VL y VP, se observó que las exodesviaciones con componente estrábico fueron más frecuentes en lejos que en cerca. En concreto, el 25% de las exodesviaciones de VL fueron exotropías, mientras que las exotropías en VP fueron el 4.2%.

Dentro de las endodesviaciones en VP (44; 22.56%), presentaron endotropía constante el 20.45% (9/44) y el resto fueron endoforias con un 79.55% (35/44). No hubo registros de casos de endotropía intermitente. En cuanto a las endodesviaciones en VL (9; 22.56%), presentaron endotropía constante el 40.91% (9/22), endotropía intermitente el 9.09% (2/22) y el resto fueron endoforias con un 50 % (11/22). Al analizar el tipo de desviación endo en VL y VP, se observó que las endodesviaciones con componente estrábico fueron más frecuentes en lejos que en cerca. En concreto, el 50% de las endodesviaciones de VL fueron endotropías, frente al 20.45% de las endodesviaciones de VP.

Los resultados del análisis descriptivo de la clasificación de las desviaciones para la población acomodativa (6-40 años) se detallan en la tabla 22.

#### 5.1.16.2. Endoforia y exoforia en visión lejana

Del total de la muestra (n=195) presentaron endoforia y exoforia en VL, 11 y 33 casos respectivamente. Los resultados del análisis descriptivo del grado de exoforia y endoforia en lejos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico se detalla en la tabla 23.

El valor medio de EF VL de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue de algo más de 3.5 Δ. La EF VL de los grupos diagnósticos fue 4.4, 3 y de nuevo 3 Δ para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. La distribución de los 11 casos con endoforia en VL por los diferentes grupos de edades, resultó en la inclusión de un único caso en población adulta pre-présbita. La distribución de los sujetos fue mayor para el grupo EA que para el grupo IA.

El valor medio de XF VL de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años estaba alrededor de 9 Δ. La XF VL de los grupos diagnósticos fueron de 9.3, 10.1 y 6 para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. La distribución de los 33 casos con exoforia en VL, se corresponde con 7 casos en el grupo de IA y 4 sujetos en el grupo EA. Al contrario que en las endoforias, los casos de exoforias fueron más frecuentes en el grupo de IA que en el grupo EA.

Tabla 22. Resultados de frecuencias y porcentajes del tipo de desviación motora horizontal en la muestra total (6-40 años).

Muestra total 6-40 años N=195							
Desviación VP (n;%)							
EXO			ENDO			ORTO	
119;61.03			44;22.56			32;16.41	
	XT cte	XT int	XF	ET cte	ET int	EF	Orto
n	1	4	114	9	0	35	32
	(1/119)	(4/119)	(114/119)	(9/44)	0	(35/44)	
%	0.84	3.36	95.8	20.45		79.55	
Desviación VL (n;%)							
EXO			ENDO			ORTO	
44;22.56			22;11.28			129;66.16	
	XT cte	XT int	XF	ET cte	ET int	EF	orto
n	4	7	33	9	2	11	129
	(4/44)	(7/44)	(33/44)	(9/22)	(2/22)	(11/22)	
%	9.09	15.91	75	40.91	9.09	50	

VP: visión próxima; VL: visión lejana; XT cte: exotropia constante; XT int: exotropia intermitente; XF: exoforia; ET cte: endotropia constante; ET int: endotropia intermitente; EF: endoforia; orto: ortodesviación.

Tabla 23. Resultados descriptivos de la endoforia y exoforia en visión lejana para cada grupo de edad y grupo diagnóstico.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
EF VL (Δ)	n	11			4			6			1		
	Max	8			4			8			4		
	Min	2			2			2			4		
	Media	3.6			2.5			4.3			4		
	DE	1.7			1			2			4		
	Mediana	4			2			4			4		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
	n	5	2	4	2	1	1	3		3			1
	Max	8	4	4	4	2	2	8		4			4
	Min	2	2	2	2	2	2	4		2			4
	Media	4.4	3	3	3	2	2	5.3		3.3			4
	DE	2.2	1.4	1.2	1.4			2.3		1.2			
	Mediana	4	3	3	3	2	2	4		4			4
XF VL (Δ)	n	33			21			7			5		
	Max	30			30			20			8		
	Min	2			2			2			2		
	Media	9.1			10.1			8			6		
	DE	6.8			7.4			7			2.4		
	Mediana	6			6			4			6		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
	n	22	7	4	13	7	1	6		1	3		2
	Max	30	25	8	30	25	6	20		4	8		8
	Min	2	4	4	2	4	6	2		4	2		6
	Media	9.3	10.1	6	10.5	10.1	6	8.7		4	5.3		7
	DE	7.2	7.8	1.6	7.7	7.8		7.4			3.1		1.4
	Mediana	6	6	6	10	6	6	5		4	6		7

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico. EF: endoforia; XF: exoforia; VL: visión lejana; Δ: dioptría prismática; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

### 5.1.16.3. Endoforia y exoforia en visión próxima

---

Del total de la muestra (n=195) presentaron endoforia y exoforia en VP, 35 y 114 casos respectivamente. Los resultados del análisis descriptivo del grado de exoforia y endoforia en cerca para cada grupo de edad y grupo diagnóstico se detallan en la tabla 24.

El valor medio de EF VP de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años se situaba alrededor de 5.5 Δ. La EF VP medida en los grupos diagnósticos fue de 5.5, 4.9 y 5.3 Δ para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. La distribución de los sujetos fue mayor para el grupo EA que para el grupo IA, aunque solo con 2 casos de diferencia (2/35; 5.7%).

El valor medio de XF VP de la muestra total de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años fue 8.4 Δ. La XF VP medida en los grupos se situaba en 8.8, 8.3 y 6.8 Δ para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. En esta ocasión, la distribución de los sujetos fue igual para el grupo EA que para el grupo IA.

Al observar los valores de XF VP del grupo de sujetos sin alteración acomodativa para cada grupo de edad, hubo un aumento del valor de la exoforia al aumentar el rango de edad.

Tabla 24. Resultados descriptivos de la endoforia y exoforia en visión próxima para cada grupo de edad y grupo diagnóstico.

		Muestra total 6-40 años			Niños 6-12 años			Jóvenes 13-30 años			Adultos Pre-présbitas 31-40 años		
EF VP (Δ)	n	35			15			14			6		
	Max	14			12			14			6		
	Min	2			2			2			2		
	Media	5.3			4.7			6.4			4		
	DE	2.8			2.5			3.3			1.8		
	Mediana	4			4			6			4		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
	n	15	9	11	6	5	4	7	2	5	2	2	2
	Max	10	8	14	6	6	12	10	8	14	6	6	4
	Min	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	4	2
	Media	5.5	4.9	5.3	4.3	4.4	5.5	6.9	6	6	4	5	3
	DE	2.4	1.8	4	1.5	1.7	4.4	2.5	2.8	4.7	2.8	1.4	1.4
	Mediana	6	4	4	4	4	4	6	6	4	4	5	3
XF VP (Δ)	n	114			78			25			11		
	Max	35			35			30			14		
	Min	2			2			2			2		
	Media	8.4			8.3			8.6			8.2		
	DE	6.4			6.7			6.6			3.7		
	Mediana	6			6			6			8		
		Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA	Grupo NAA	Grupo IA	Grupo EA
	n	63	24	24	48	20	8	14	1	8	1	3	7
	Max	35	25	20	35	25	10	30	6	20	12	10	14
	Min	2	2	2	2	2	2	2	6	2	12	4	2
	Media	8.8	8.3	6.8	8.3	8.7	5.3	10	6	7.3	12	6.7	7.8
	DE	7.2	5.3	4.1	7.2	5.6	2.4	7.5		5.4		3.1	4.1
	Mediana	6	8	6	6	8	5	8	6	6	12	6	7

La tabla recoge los valores descriptivos para cada grupo de edad y grupo diagnóstico. EF: endoforia; XF: exoforia; VL: visión lejana; Δ: dioptría prismática; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

#### 5.1.17. Estereopsis

---

Del total de la muestra (n=195) se registraron valores de estereopsis para 181 casos (92.82%; 181/195). Los resultados del análisis descriptivo se detallan en la tabla 25.

La estereopsis (valor medio y nivel) de sujetos con edades comprendidas entre 6 y 40 años para los grupos NAA, IA y EA se situó respectivamente en 70.4 seg arco, con nivel en 7.6, en 114.5 seg arco y nivel 6.6 y 141.1 seg arco y nivel 5.8. La estereopsis, tanto en lo que se refiere al valor como al nivel, de los grupos IA y EA fueron comparadas con el grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA). La estereopsis presentó valores más altos, es decir, un peor resultado de la prueba, y todos presentaban significancia estadística. Los p-valor fueron  $p=.035$  y  $p<.001$  en los grupos IA y EA respectivamente.

La estereopsis en edades comprendidas entre 6 y 12 años para los grupos diagnósticos NAA, IA y EA fue de 54.2 seg arco y nivel 8.1, 109.3 seg arco y nivel 6.9, y 195.7 seg arco con un nivel de 4.1 respectivamente. Al comparar los valores de los grupos IA y EA con el grupo sin anomalía acomodativa (Grupo NAA) se observó que la estereopsis fue peor en ambos grupos con p-valores de  $p=.030$  y  $p<.001$  respectivamente.

En el caso de los sujetos con edades comprendidas entre 13 y 30 años, la estereopsis medida (valor medio y nivel) se situó en 116.9 seg arco y nivel 6.2, 176 seg arco y nivel 4.6 y 150.7 seg arco con un nivel de 5.9 para los grupos NAA, IA y EA respectivamente. Como en los otros casos, se comparó la estereopsis de los grupos IA y EA con el grupo que no tenía anomalía acomodativa y en esta ocasión la estereopsis de todos los grupos presentó valores más altos (peor resultado de la prueba) pero ninguno con significancia estadística. Los p-valor encontrados fueron  $p=.548$  y  $p=.841$  en los grupos IA y EA respectivamente.

Al pasar al grupo con edades entre 31 y 40 años, la estereopsis para NAA, IA y EA fue de 42 seg arco con un nivel de 8.8, 84 seg arco y un nivel de 6.6 y 80.7 seg arco y nivel 7.2 respectivamente. Al comparar la estereopsis de los grupos IA y EA con el grupo sin anomalía acomodativa, la estereopsis de todos los grupos presentaba valores más altos pero ninguno con significancia estadística, siendo los p-valores  $p=.095$  y  $p=.053$  para los grupos IA y EA respectivamente.

Los sujetos con insuficiencia y exceso de acomodación presentaron peores niveles de estereopsis que los sujetos sin alteración acomodativa si se considera la muestra de sujetos de 6-40 años. Esta tendencia se cumplió para los grupos de edad, sin embargo, no fue estadísticamente significativa para los sujetos mayores de 12 años.

Los valores de estereopsis de población sin alteración acomodativa presentaban peores resultados para el grupo de 13-30 años, aunque estos resultados no dan información clínicamente relevante ya que el sesgo derivado de la presencia de posibles alteraciones binoculares no ha sido controlado.

RESULTADOS: ESTUDIO I

Caracterización clínica de la población con insuficiencia y exceso de acomodación y de la población sin anomalía acomodativa

Tabla 25. Resultados descriptivos del nivel y valor de la estereopsis en visión próxima, y comparación entre grupos diagnósticos y el grupo sin anomalía acomodativa.

	Muestra total 6-40 años					
	Grupo NAA		Grupo IA		Grupo EA	
	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor
n	97	97	40	40	44	44
Max	9	400	9	800	9	800
Min	1	40	0	40	0	40
<b>Media</b>	<b>7.6</b>	<b>70.4</b>	<b>6.6</b>	<b>114.5</b>	<b>5.8</b>	<b>141.1</b>
DE	2.2	70.9	2.9	148.9	3.1	174.5
Mediana	90	40	8	50	6.5	70
<i>p-valor</i>			.035*	.035*	<.001*	<.001*
	Niños 6-12 años					
	Grupo NAA		Grupo IA		Grupo EA	
	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor
n	66	66	30	30	14	14
Max	9	200	9	800	9	800
Min	2	40	0	40	0	40
<b>Media</b>	<b>8.1</b>	<b>54.2</b>	<b>6.9</b>	<b>109.3</b>	<b>4.1</b>	<b>195.7</b>
DE	1.6	30.2	2.8	159.8	3.1	198.9
Mediana	9	40	8	50	3	170
<i>p-valor</i>			.030*	.030*	<.001*	<.001*
	Jóvenes 13-30 años					
	Grupo NAA		Grupo IA		Grupo EA	
	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor
n	26	26	5	5	15	15
Max	9	400	9	400	9	800
Min	1	40	1	40	0	40
<b>Media</b>	<b>6.2</b>	<b>116.9</b>	<b>4.6</b>	<b>176</b>	<b>5.9</b>	<b>150.7</b>
DE	3.1	117.5	4	148.6	3.2	203.8
Mediana	7.5	55	2	200	7	60
<i>p-valor</i>			.548	.548	.841	.841
	Adultos Pre-présbitas 31-40 años					
	Grupo NAA		Grupo IA		Grupo EA	
	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor
n	5	5	5	5	15	15
Max	9	50	9	140	9	400
Min	8	40	4	40	1	40
<b>Media</b>	<b>8.8</b>	<b>42</b>	<b>6.6</b>	<b>84</b>	<b>7.2</b>	<b>80.7</b>
DE	0.4	45	2.4	51.3	2.2	91.1
Mediana	9	40	8	50	8	50
<i>p-valor</i>			.095	.095	.053	.053

La tabla recoge los valores descriptivos del nivel (de 0 a 9) y valor (seg de arco) de estereopsis para cada grupo de edad y grupo diagnóstico, además de los valores p-valor de la comparación entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin anomalía acomodativa (NAA) para cada grupo de edad, donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación

## 5.2. ESTUDIO II. RELACIÓN DE LA AMPLITUD DE ACOMODACIÓN Y LA EDAD

---

### 5.2.1. Muestra total (6-40 años)

---

La representación gráfica, las ecuaciones de las curvas lineal y de crecimiento, los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) y los p-valor de ambos ajustes, el lineal y el de crecimiento, para la relación de la variable AA OD y la edad, se detallan en la figura 10.

Las ecuaciones lineales para el grupo NAA, grupo IA y grupo EA fueron  $AA=13.34 - (0.21 \times \text{edad})$ ,  $AA=9.42 - (0.17 \times \text{edad})$  y  $AA=10.79 - (0.14 \times \text{edad})$  respectivamente, mientras que los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) para cada uno de ellos fueron de 0.302, 0.363 y 0.252 respectivamente. Tras comprobar si la estimación del modelo de regresión era estadísticamente significativa, todas las ecuaciones mostraron pendientes diferentes a cero ( $p < .05$ ).

Los resultados para la relación de la variable AA OI y la edad se detallan en la figura 11. Las observaciones fueron las mismas que para la variable AA OD.

#### 5.2.1.1. Comparación de las ecuaciones lineales entre grupos con y sin alteración acomodativa.

---

La comparación de las ecuaciones de regresión lineal de los grupos IA y EA, con la ecuación del grupo NAA analizó las diferencias en las pendientes y en el punto de corte en el eje y. La tabla 26 resume los p-valores para ambas observaciones.

Las pendientes de las curvas no mostraron diferencias estadísticamente significativas, excepto para las curvas NAA vs IA considerando valor de AA del OI ( $p = .026$ ). Los puntos de corte en el eje y sí mostraron diferencias estadísticamente significativas para todos los casos.

Tabla 26. Comparación de las curvas de regresión lineal que relacionan la amplitud de acomodación y la edad, entre el grupo sin alteración acomodativa y grupos con disfunción acomodativa (insuficiencia y exceso de acomodación).

	OD		OI	
	NAA vs IA	NAA vs EA	NAA vs IA	NAA vs EA
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
<b>Punto de corte de la recta en eje y</b>	<.001*	.009*	<.001*	.002*
<b>Pendiente de la recta</b>	.359	.167	.026*	.088

La tabla recoge los resultados obtenidos al comparar la pendiente de la recta y el punto de corte de la recta en eje y, de las ecuaciones AA-edad de los diferentes grupos diagnósticos para la muestra total (6-40 años). Los valores p-valor se obtuvieron al comparar entre los grupos diagnósticos (IA y EA) y el grupo sin alteración acomodativa (NAA): grupo NAA vs grupo IA y grupo NAA vs grupo EA. Valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

### 5.2.2. Niños (6-12 años)

---

En la figura 12 se detallan la representación gráfica de la nube de puntos, las ecuaciones de las curvas lineal y de crecimiento, los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) y los p-valor de ambos ajustes, el lineal y el de crecimiento, para la relación AA OD-edad.

Las ecuaciones lineales para el grupo NAA, grupo IA y grupo EA fueron  $AA = 10.51 + (0.12 \times \text{edad})$ ,  $AA = 11.43 - (0.40 \times \text{edad})$  y  $AA = 3.626 + (0.65 \times \text{edad})$  respectivamente, mientras que los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) presentaron valores de 0.007, 0.078 y 0.143. El modelo de regresión no fue válido en ningún caso ya que todas las ecuaciones tenían pendientes próximas a cero ( $p > .05$ ).

Los resultados para la variable AA OI-edad se detallan en la figura 13, siendo las observaciones similares que para la variable AA OD.

### 5.2.3. Jóvenes (13-30 años)

---

La representación gráfica de la nube de puntos, las ecuaciones de las curvas lineal y de crecimiento, los  $R^2$  y p-valores de ambos ajustes para la variable AA OD- edad se detallan en la figura 14.

Las ecuaciones lineales para el grupo NAA, grupo IA y grupo EA fueron  $AA=14.53 - (0.29 \times \text{edad})$ ,  $AA=4.53 + (0.13 \times \text{edad})$  y  $AA=9.09 - (0.42 \times \text{edad})$  respectivamente y los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) presentaron valores de 0.342, 0.294 y 0.005 respectivamente. El modelo de regresión solo fue válido ( $p<.001$ ) para el grupo NAA ( $n=27$ ), mientras que los grupos IA y EA no presentaron un modelo válido ( $p>.05$ ).

Los resultados para la variable AA OI-edad se detallan en la figura 15. Las observaciones son las mismas que para la variable AA OD.

### 5.2.4. Adultos pre-présbitas (31-40 años)

---

La representación gráfica de la nube de puntos, las ecuaciones de las curvas lineal y de crecimiento, los ( $R^2$ ) y p-valores de ambos ajustes para la variable AA OD- edad están reflejados en la figura 16.

Las ecuaciones lineales para el grupo NAA, grupo IA y grupo EA resultantes fueron  $AA=2.5 + (0.13 \times \text{edad})$ ,  $AA=0.105 + (0.09 \times \text{edad})$  y  $AA=8.85 - (0.1 \times \text{edad})$  respectivamente, mientras que los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) presentaron valores de 0.037, 0.045 y 0.028. Por su lado, las variables edad y AA no mostraron una correlación válida, ya que las ecuaciones tenían pendientes próximas a cero ( $p>.05$ ).

Los resultados para la variable AA OI-edad se detallan en la figura 17 y las observaciones son similares a las de la variable AA OD.

#### 5.2.5. Población sin anomalía acomodativa (Grupo NAA)

---

En la muestra de sujetos sin alteración acomodativa la relación de AA y la edad no tiene el mismo comportamiento en función del grupo de edad seleccionado.

La AA disminuye con la edad en la muestra de sujetos de 6 a 40 años (n=102) y en el grupo de jóvenes de 13 a 30 años (n=27).

En cambio, esta relación no se cumple para el grupo de niños de 6 a 12 años (n=69) y el grupo de adultos pre-présbitas de 31 a 40 años (n=6).

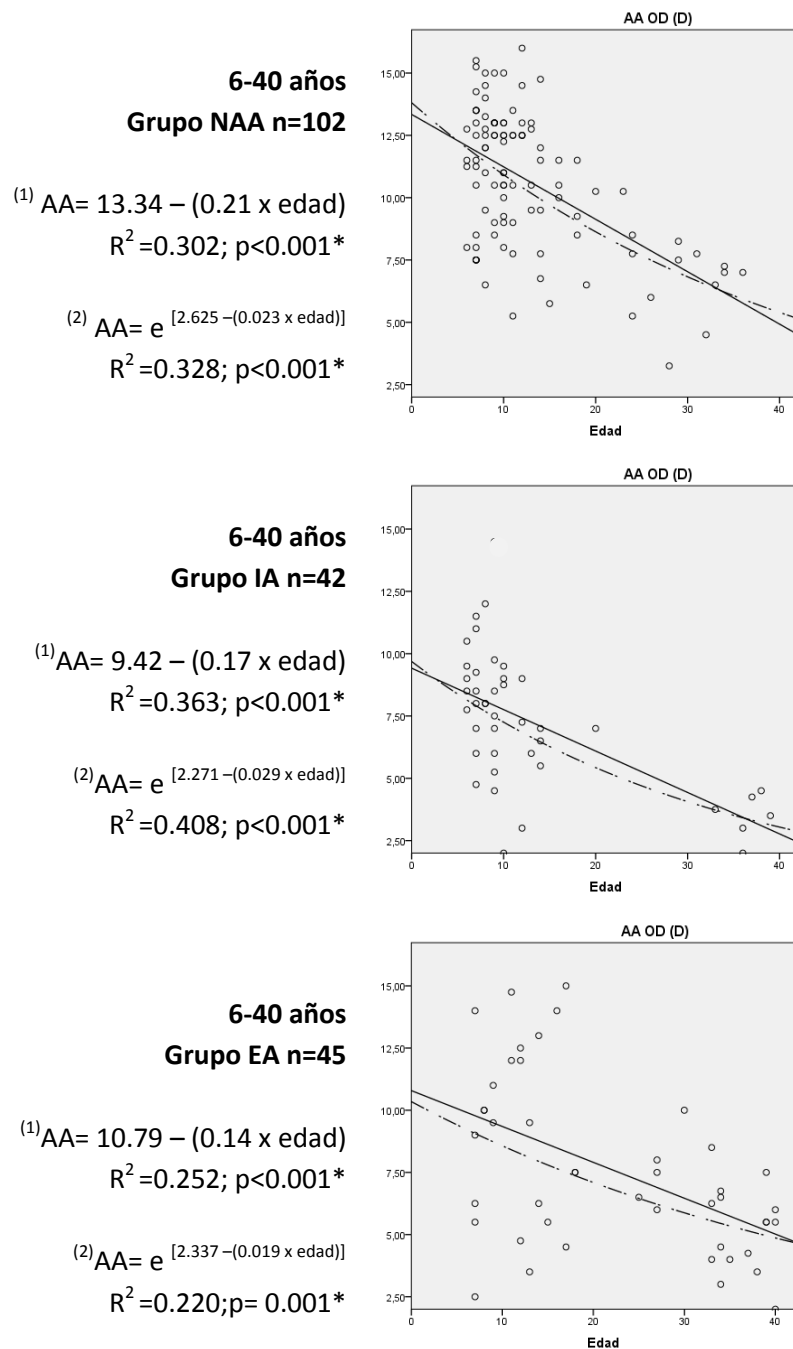


Figura 10. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra total (6 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OD y edad de la muestra total de sujetos (6 a 40 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < 0.05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OD: ojo derecho; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

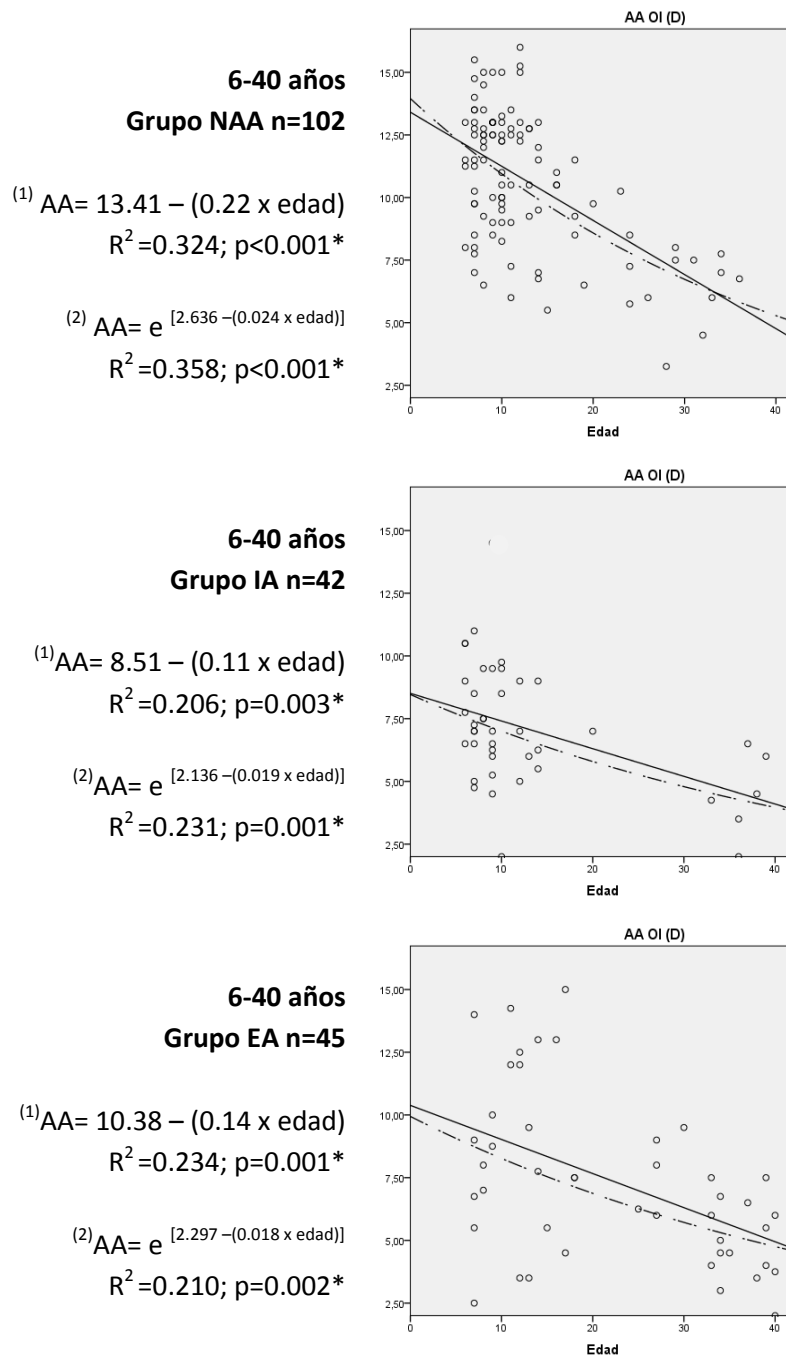


Figura 11. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra total (6 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OI y edad de la muestra total de sujetos (6 a 40 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < 0.05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OI: ojo izquierdo; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

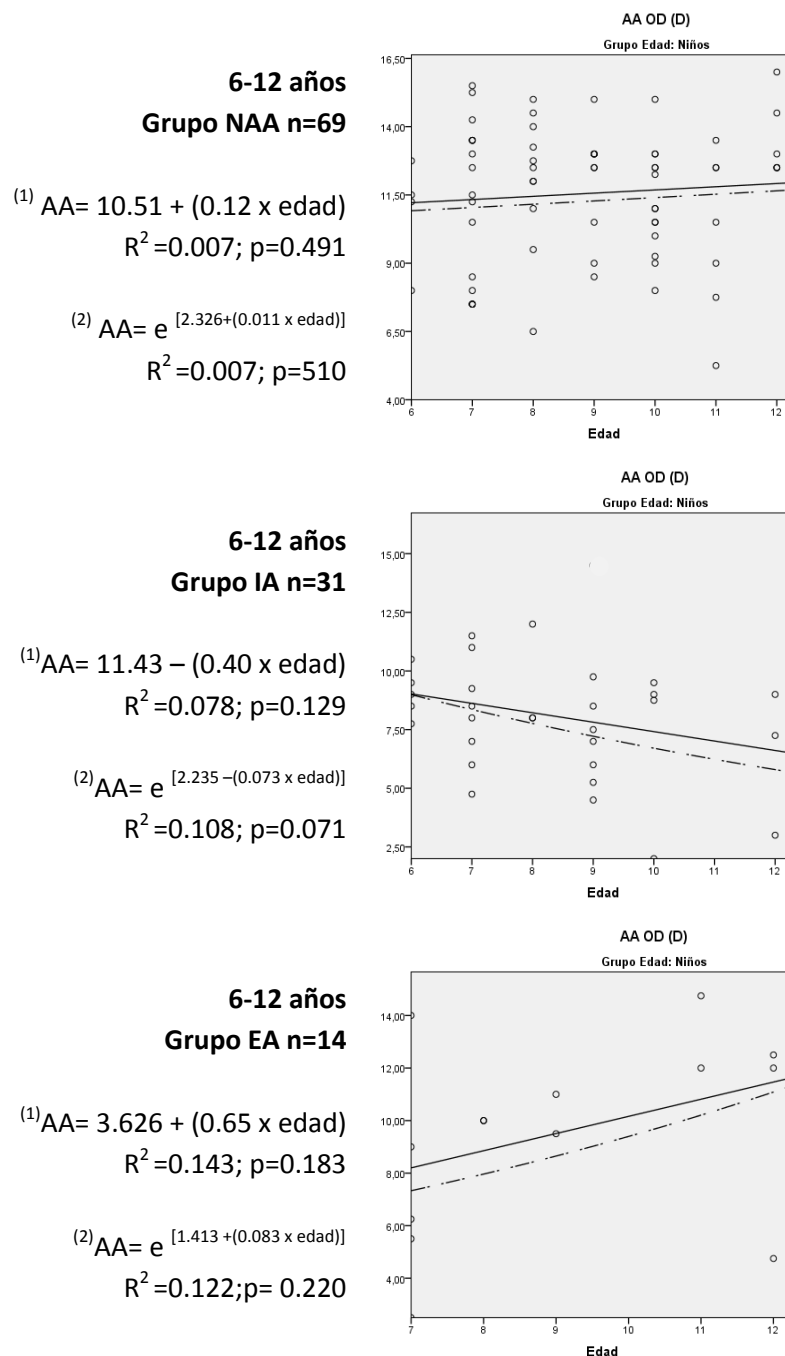


Figura 12. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra de niños (6 a 12 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OD y edad de la muestra de niños (6 a 12 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < 0.05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OD: ojo derecho; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

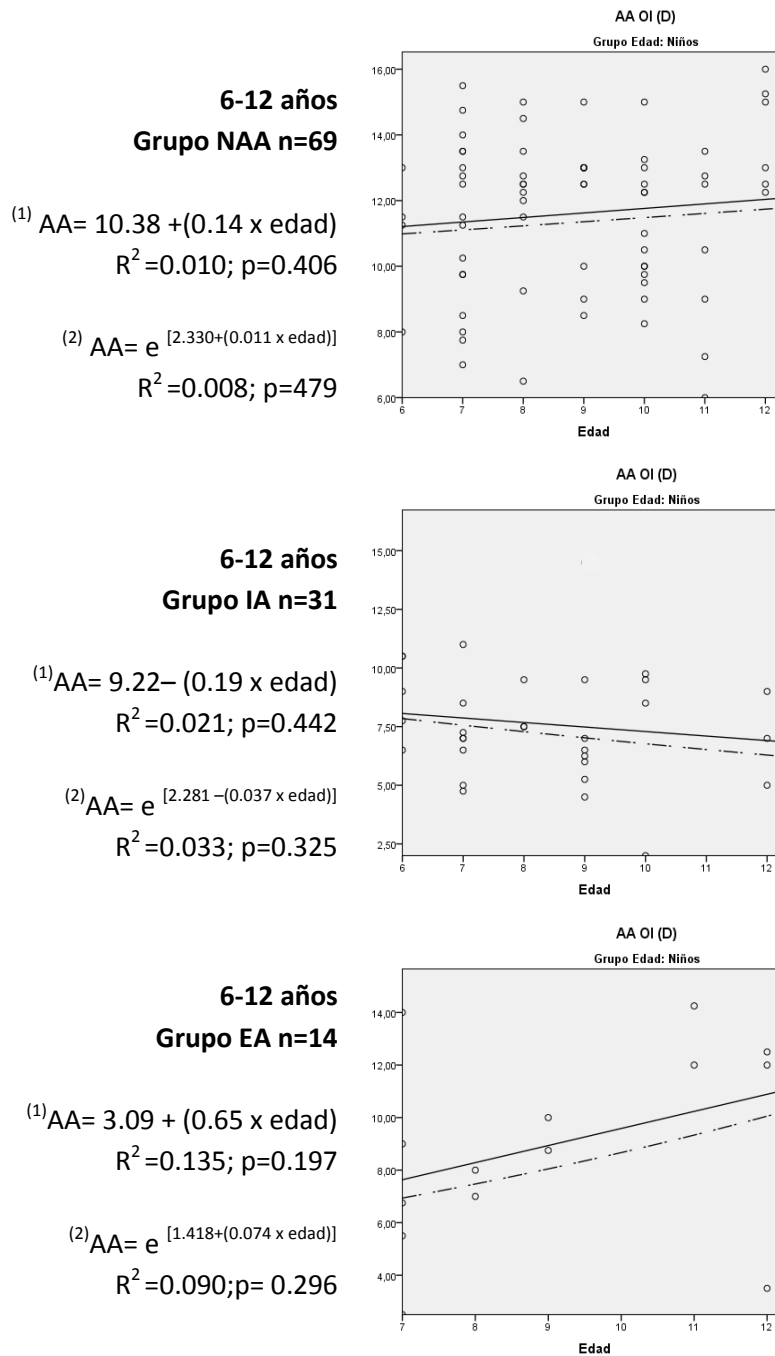


Figura 13. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra de niños (6 a 12 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OI y edad de la muestra de niños (6 a 12 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OI: ojo izquierdo; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

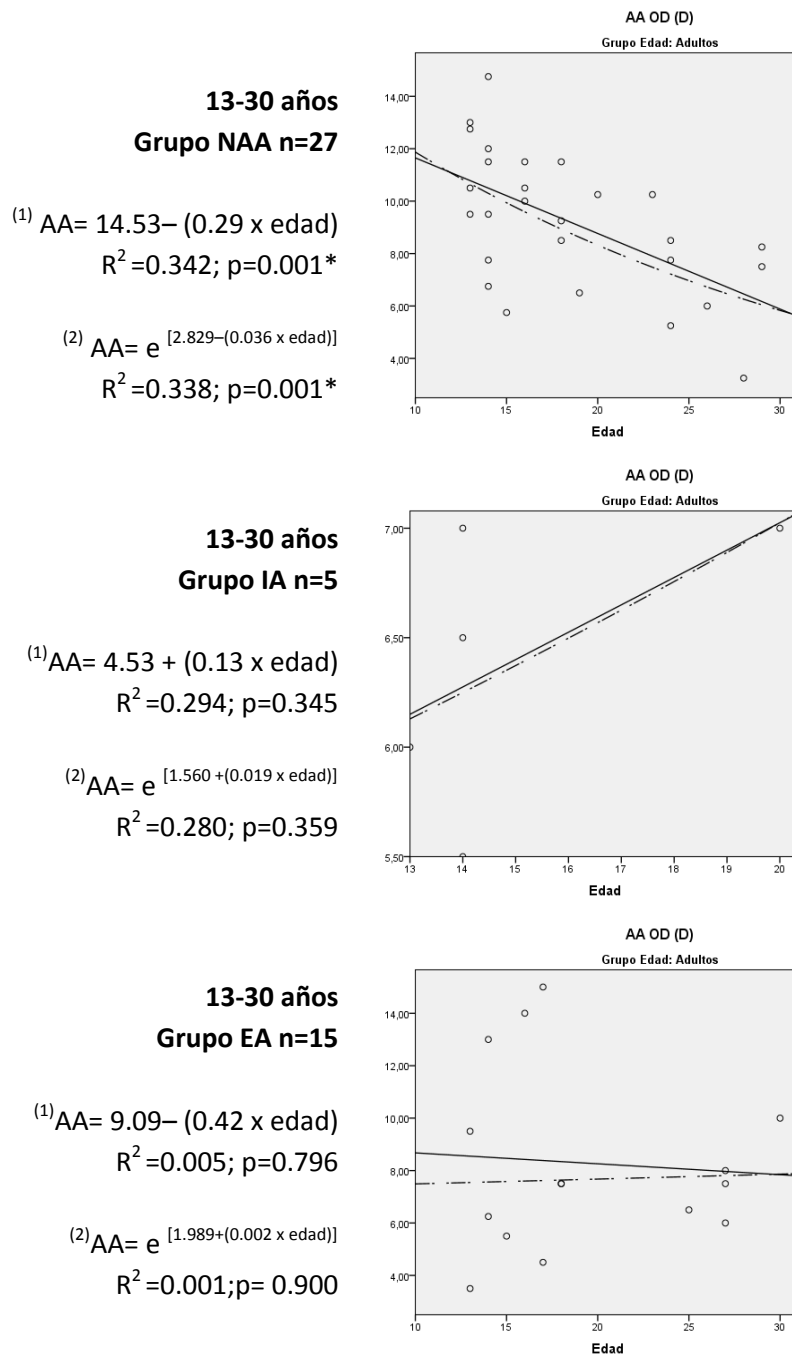


Figura 14. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra de jóvenes (13 a 30 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OD y edad de la muestra de jóvenes (13 a 30 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores p<.05 se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OD: ojo derecho; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

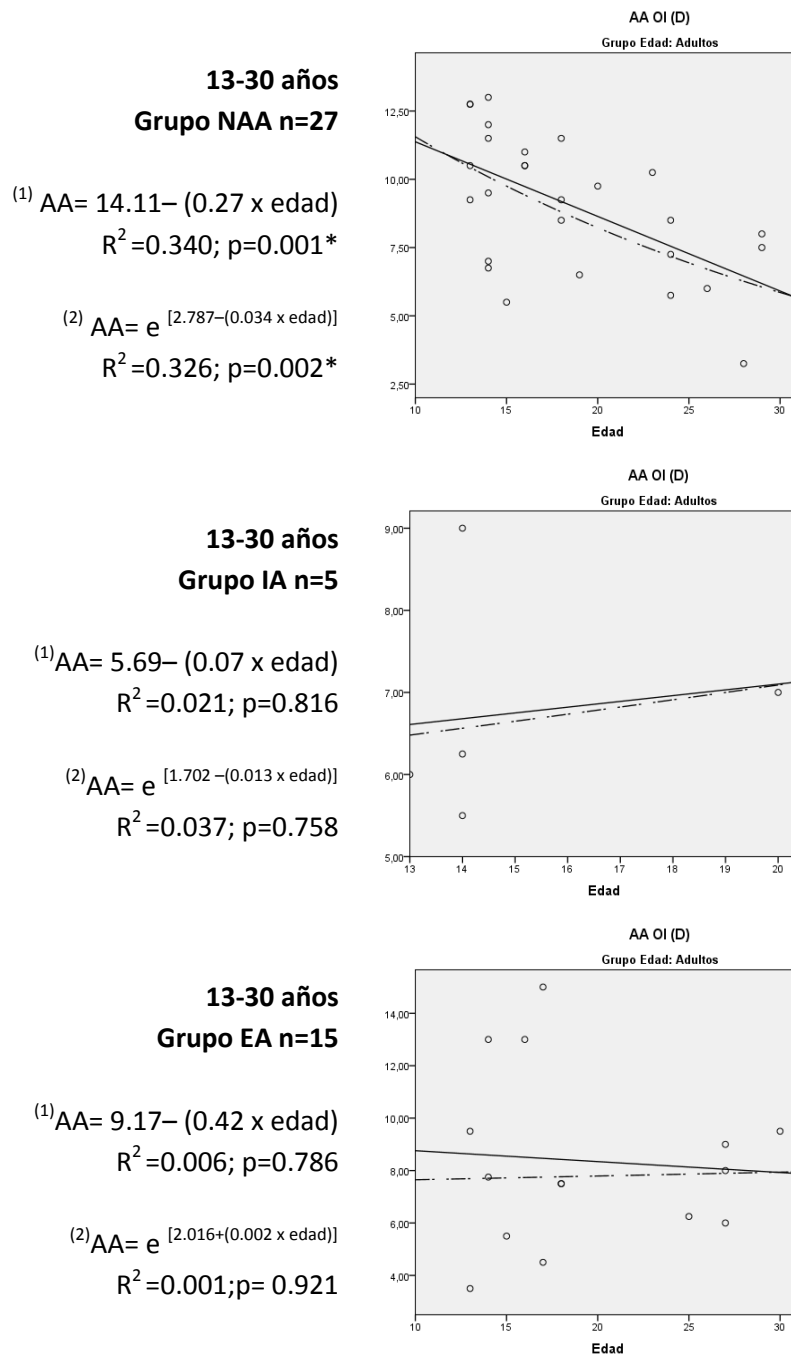


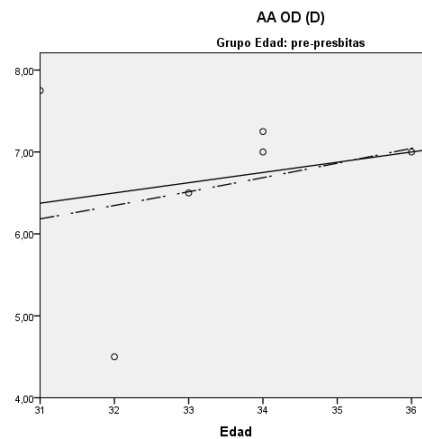
Figura 15. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra de jóvenes (13 a 30 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OI y edad de la muestra de jóvenes (13 a 30 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OI: ojo izquierdo; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

**31-40 años**  
**Grupo NAA n=6**

<sup>(1)</sup>  $AA = 2.5 + (0.13 \times \text{edad})$   
 $R^2 = 0.037; p = 0.715$

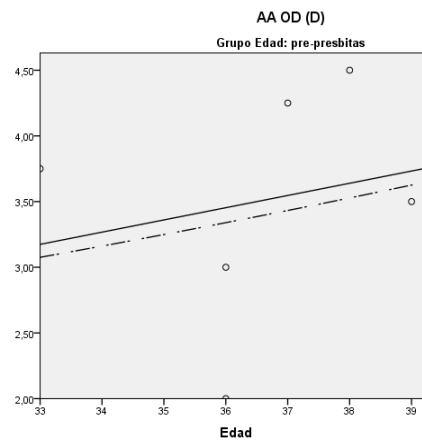
<sup>(2)</sup>  $AA = e^{[1.014 + (0.026 \times \text{edad})]}$   
 $R^2 = 0.055; p = 0.654$



**31-40 años**  
**Grupo IA n=6**

<sup>(1)</sup>  $AA = 0.105 + (0.09 \times \text{edad})$   
 $R^2 = 0.045; p = 0.686$

<sup>(2)</sup>  $AA = e^{[0.219 + (0.027 \times \text{edad})]}$   
 $R^2 = 0.037; p = 0.715$



**31-40 años**  
**Grupo EA n=15**

<sup>(1)</sup>  $AA = 8.85 - (0.1 \times \text{edad})$   
 $R^2 = 0.028; p = 0.539$

<sup>(2)</sup>  $AA = e^{[2.423 - (0.023 \times \text{edad})]}$   
 $R^2 = 0.031; p = 0.516$

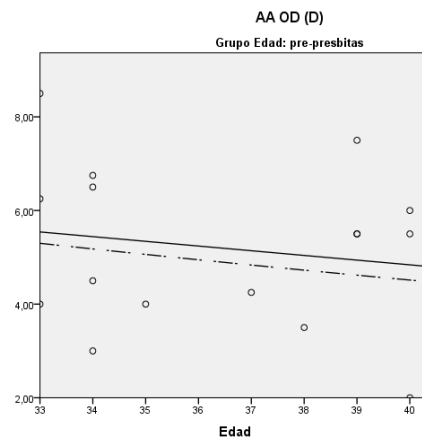


Figura 16. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, en la muestra de adultos pre-présbitas (31 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas de la nube de puntos, de la relación entre la AA OD y edad de la muestra de adultos pre-présbitas (31 a 40 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < 0.05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OD: ojo derecho; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

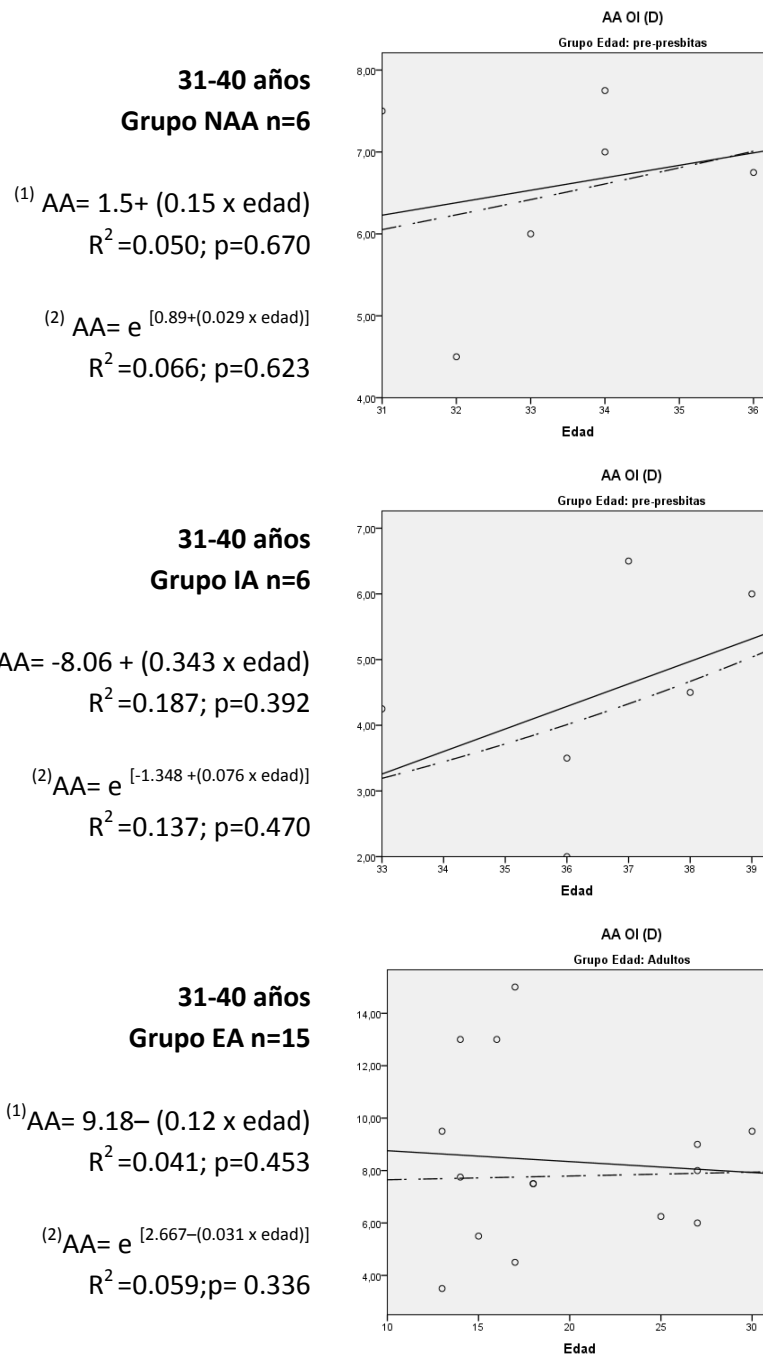


Figura 17. Relación entre la amplitud de acomodación del OI y la edad, en la muestra de adultos pre-présbitas (31 a 40 años) para los grupos con insuficiencia y exceso de acomodación y el grupo sin anomalía acomodativa.

La figura muestra las ecuaciones lineales<sup>(1)</sup> y las ecuaciones de crecimiento<sup>(2)</sup>, además de sus correspondientes representaciones gráficas, de la relación entre la AA OI y edad de la muestra de adultos pre-présbitas (31 a 40 años) para los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. La validez de las ecuaciones se reflejan en los valores p-valor donde valores  $p < .05$  se consideran significativos\*. AA: amplitud de acomodación; OI: ojo izquierdo; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

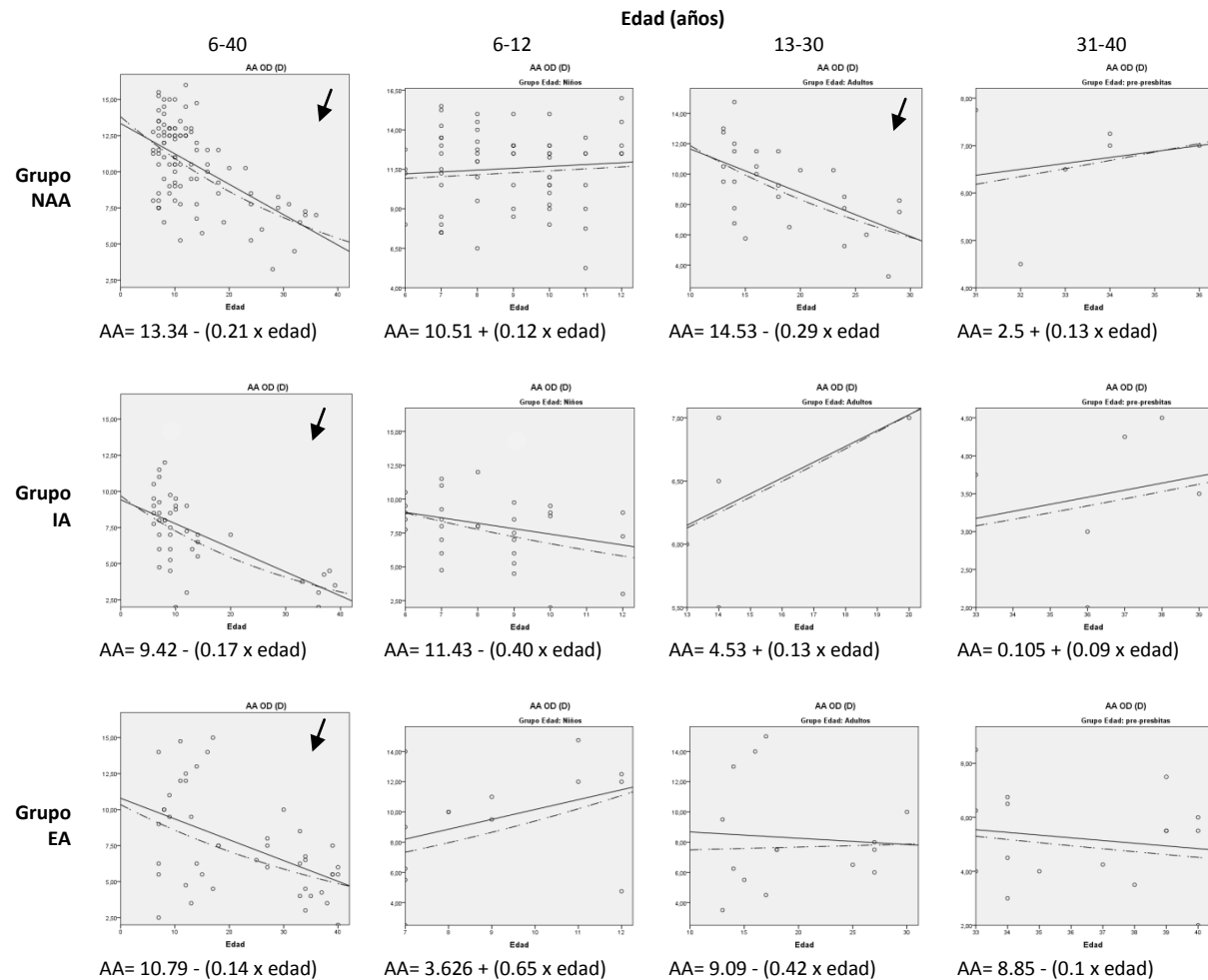


Figura 18. Relación entre la amplitud de acomodación del OD y la edad, para todos los grupos de edad y grupos diagnósticos.

La figura resume las ecuaciones lineales y las curvas de la relación entre la AA OD y edad, para todos los grupos de edad y los tres grupos diagnósticos: NAA, IA y EA. Las gráficas marcadas con una flecha son aquellas en las que el análisis de la pendiente de la recta de la ecuación lineal presenta un p-valor <.05, mostrando así un modelo de regresión válido. AA: amplitud de acomodación; NAA: no disfunción acomodativa; IA: insuficiencia de acomodación; EA: exceso de acomodación.

### 5.3. ESTUDIO III. ERROR REFRACTIVO LATENTE EN MIOPE CON EXCESO DE ACOMODACIÓN

---

#### 5.3.1. Población miope (6-30 años)

---

De la muestra completa de 235 sujetos, 25 de ellos fueron seleccionados según los criterios de inclusión del estudio III, denominando a este grupo “*población miope*”.

La *población miope* presentó una edad media  $15 \pm 7$  (rango 6-30) años. Los valores medios del equivalente esférico de refracción manifiesta y cicloplégica fueron de  $-2.30 \pm 2.02$  D (rango de -8.00 /-0.25) y de  $-2.04 \pm 2.16$  D (rango de -8.00 /-0.25) respectivamente, mientras que el valor medio del error refractivo latente fue de  $-0.27 \pm 0.43$  D (rango de -1.25 /+0.50).

#### 5.3.1.1. Análisis descriptivo y comparativo de la población miope con exceso de acomodación y sin alteración acomodativa

---

La *población miope* (n=25) fue dividida en dos grupos, perteneciendo el 56% (14/25) al grupo sin alteración acomodativa (NAA) y el 44% (11/25) al grupo de exceso de acomodación (EA). La tabla 27 resume los valores descriptivos para el grupo EA y grupo NAA y los valores p-valor para cada una de las variables descritas. No hubo diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables ( $p > .05$ ), excepto para la variable ERL, que sí presentó diferencias estadísticamente significativas. El ERL fue significativamente mayor en el grupo EA ( $-0.58 \pm 0.39$  D) que en el grupo NAA ( $-0.02 \pm 0.27$  D) ( $p$ -valor=.001).

Se realizó análisis de la calidad diagnóstica de la variable ERL, ya que fue la única que mostró diferencias entre el grupo EA y el grupo NAA. Los resultados se detallan a continuación.

Tabla 27. Resultados del análisis descriptivo y comparativo de las variables a estudio en población miope ( $EERx_c$  OD <0 D) del grupo sin alteración acomodativa y del grupo con exceso de acomodación para el ojo derecho.

	GRUPO EA									GRUPO NAA									p-valor
	N		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Percentiles			N		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Percentiles			
	Válidos	Perdidos					25	50	75	Válidos	Perdidos					25	50	75	
<b>Edad (años)</b>	11	0	17	7.82	7	30	11	16	27	14	0	13.29	5.85	8	29	9	12	14	.206
<b>EER<sub>m</sub> OD (D)</b>	11	0	-2.47	2.06	-8.00	-0.88	-3.00	-1.63	-1.00	14	0	-2.17	2.06	-5.50	-0.25	-4.91	-1.50	-0.44	.725
<b>EER<sub>c</sub> OD (D)</b>	11	0	-1.89	2.28	-8.00	-0.25	-2.50	-1.00	-0.25	14	0	-2.15	2.14	-5.50	-0.25	-4.97	-1.25	-0.25	.770
<b>AA OD (D)</b>	11	0	10.86	2.94	6.00	15.00	8.00	11.00	14.00	14	0	11.21	2.26	7.75	14.50	8.88	11.25	13.00	.747
<b>ERL OD (D)</b>	11	0	-0.58	0.39	-1.25	0.00	-0.75	-0.63	-0.25	14	0	-0.02	0.27	-0.75	0.50	0.00	0.00	0.00	<b>.001*</b>
<b>AV VL Rx<sub>m</sub> OD (logMAR)</b>	11	0	0.03	0.08	-0.08	0.24	0.00	0.02	0.05	14	0	.00	.08	-0.08	.22	-0.08	.00	.00	.131
<b>AV VL Rx<sub>c</sub> OD (logMAR)</b>	11	0	-0.02	0.06	-0.08	0.10	-0.08	0.00	0.00	13	1	-.01	.05	-0.08	.09	-.04	.00	.00	.724

La muestra de sujetos seleccionada es población miope, en la que el equivalente esférico obtenido en condiciones ciclópticas es menor de cero dioptrías ( $EERx_c$  OD <0 D). Se detallan los valores descriptivos para el ojo derecho de las variables edad, equivalente esférico de la refracción manifiesta ( $EERx_m$ ), equivalente esférico de la refracción ciclóptica ( $EERx_c$ ), amplitud de acomodación (AA), error refractivo latente ( $ERL = EERx_m - EERx_c$ ), agudeza visual en lejos mediante la refracción manifiesta ( $AV VL Rx_m$ ), agudeza visual en lejos con la refracción ciclóptica ( $AV VL Rx_c$ ). Los resultados del análisis comparativo entre el grupo EA y NAA se muestran en la última columna, donde p-valores <.05 se consideran estadísticamente significativos. EA: exceso de acomodación; NAA: no alteración acomodativa.

### 5.3.2. Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) del error refractivo latente

---

El área bajo la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) (véase Figura 19) fue 0.870, con un intervalo de confianza del 95% (0.720-1.000) y un p-valor = .002. Los valores de sensibilidad y especificidad se detallan en la tabla 28, en la que se puede apreciar valores de ERL en -0.375 D como el punto de corte que mantiene altos niveles de sensibilidad y de especificidad, 0.929 y (1-0.273) respectivamente. El siguiente punto de corte que mantiene la misma sensibilidad (0.929) pero menor valor de especificidad (1-0.545) es el valor de ERL=-0.6875 D. Cuanto mayor sea el valor de sensibilidad, mayor capacidad posee la variable ERL para identificar correctamente a sujetos con exceso de acomodación, mientras que valores elevados de especificidad proporciona mayor capacidad de identificar correctamente a aquellos que no tienen la enfermedad. Cuanto más hacia arriba y la izquierda se desplaza la curva ROC, mayor calidad diagnóstica tendrá la prueba que se estudia.

Tabla 28. Coordenadas de la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*)

ERL	Sensibilidad	1-Especificidad
-2.2500	1.000	1.000
-1.1250	1.000	.909
-.8750	1.000	.818
-.6875	.929	.545
-.5625	.929	.455
-.3750	.929	.273
-.1250	.857	.182
.1250	.143	0.000
.3750	.071	0.000
1.5000	0.000	0.000

Coordenadas de la curva ROC para la variable ERL. Los valores de la franja gris corresponden con el punto marcado con una flecha de la curva ROC (véase Figura 19). ERL: error refractivo latente

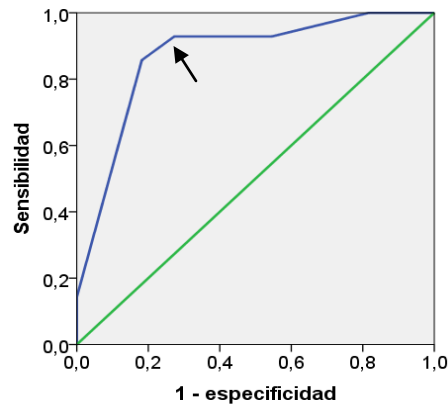


Figura 19. Curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) del error refractivo latente.

El punto marcado con una flecha corresponde al valor de ERL de -0.375 D, donde los niveles de sensibilidad y especificidad son más elevados.

### 5.3.3. Árbol de clasificación y regresión (*Classification and Regression Tree – CRT*) del error refractivo latente

El CRT o árbol de clasificación y regresión (*Classification and Regression Tree*) está detallado en la figura 20. La variable dependiente fue categórica: sano vs enfermo, donde el grupo sin anomalía acomodativa (grupo NAA) fue el grupo de sanos y el grupo con exceso de acomodación (grupo EA) el grupo de enfermos; mientras que la variable independiente fue el error refractivo latente (ERL), definido como la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia.

La estimación del riesgo del modelo CRT fue de 0.160 con un error típico de 0.073. Se trata de una medida de la capacidad predictiva del árbol, que en el caso de variables dependientes categóricas, es la proporción de casos clasificados incorrectamente después de haber sido corregido respecto a las probabilidades previas y los costes de clasificación errónea. Por tanto el modelo CRT obtenido era capaz de estimar el  $84 \pm 7.3\%$  de los sujetos con exceso de acomodación.

El árbol de clasificación estaba formado por un nodo principal ó nodo 0 y 4 nodos que surgen a partir del nodo principal. Están representados por un cuadrado. Se trata de nodos de decisión, ya que en ese punto del diagrama de flujo se tomaba una decisión. Cada nodo contiene una tabla y gráfico de frecuencias que muestra el número de casos (frecuencia y porcentaje) para cada categoría de la variable

dependiente. La categoría “pronosticada”, que es la categoría con el mayor valor de frecuencia en cada nodo, aparece resaltada con una franja gris.

En primer lugar, nos fijamos en el nodo 0 que describe la variable dependiente: porcentaje de sujetos miopes clasificados como sanos (grupo NAA) y enfermos (grupo EA). Seguidamente observamos que la variable dependiente se ramifica en dos nodos: nodo 1 y 2 pertenecientes a la variable ERL, que es la variable predictiva que se ha definido en el modelo. El modelo CRT divide el árbol de forma binaria buscando el valor de ERL que más disminuya la impureza del modelo. Esto está representado por el grado de mejora, que en esta primera ramificación, fue de 0.227. El valor de ERL detectado en la primera ramificación fue de  $-0.375D$ , coincidiendo con el valor de ERL obtenido en la curva ROC con los niveles de sensibilidad y especificidad más elevados (0.929 y 1-0.273 respectivamente). Así, el modelo predice que cuando el valor de ERL sea mayor que  $-0.375 D$ , la probabilidad de que el sujeto sea sano o enfermo sería del 81.2% y 18.8% respectivamente. En cambio, cuando el valor de ERL sea menor o igual a  $-0.375$  la probabilidad de que el sujeto sea sano o enfermo sería del 11.1 % y 88.9% respectivamente.

El nodo 1 se ramificó en dos nuevos nodos: nodo 3 y 4, con un valor de ERL de  $-0.688D$ , coincidiendo con el valor de ERL obtenido en la curva ROC con los niveles de sensibilidad más elevados (0.929) y de especificidad más bajos (1-0.545). En esta segunda ramificación, se observó una mejora del 0.004. Los puntos de corte del árbol de clasificación correspondían con los valores de ERL que tenían la mayor sensibilidad y especificidad. En este caso, cuando el valor de ERL era menor o igual que  $-0.688 D$ , la probabilidad de que el sujeto sea sano o enfermo sería del 16.7 % y 83.3% respectivamente. Mientras que cuando el valor de ERL era menor o igual a  $-0.375 D$  y mayor a  $-0.688 D$ , la probabilidad de que el sujeto fuera enfermo era del 100%.

Los nodos 1 y 2, dividían a la muestra con esta tendencia: a menor valor de ERL menor probabilidad de estar sano. Si se observa la situación en el nodo 3 y 4, no se cumple la condición anterior para todos los casos, ya que había un caso ( $n=1$ ) que presentaba valores de ERL menores de  $-0.688 D$  y estaba clasificado como sano (si el modelo fuese perfecto, este sujeto debería haber sido clasificado como enfermo). Se trataba de la situación con valores de ERL menores de  $-0.688 D$ , que presentaban buenos índices de sensibilidad (capacidad de detectar enfermos) pero bajos índices de especificidad (capacidad de detectar sanos). Este caso sería un falso negativo, un

sujeto enfermo clasificado como sano. Del mismo modo, cuando el ERL mostraba valores mayores de -0.688 D (nodo 4), alguno de los 3 sujetos clasificados como enfermo quizá podrían ser un falso positivo.

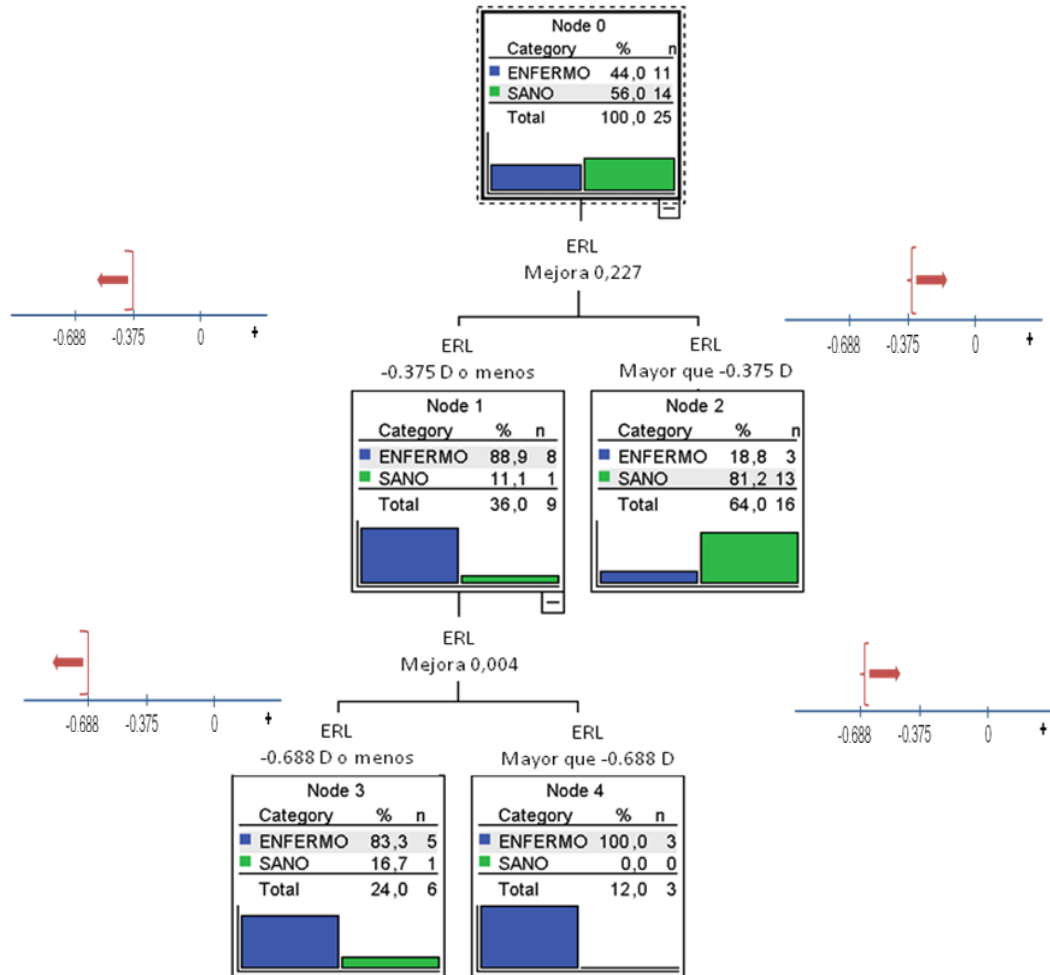


Figura 20. Diagrama del árbol de clasificación de la población miope en el grupo de enfermo (exceso de acomodación) o sano (sin alteración acomodativa) en función del valor del error refractivo latente.

La figura muestra el árbol de clasificación y regresión (CRT) para la variable independiente ERL y la variable dependiente categórica: sano vs enfermo, donde el grupo sin anomalía acomodativa (grupo NAA) fue el grupo de sanos y el grupo con exceso de acomodación (grupo EA) el grupo de enfermos. En cada nodo, representado por cajas, se puede observar la distribución de frecuencias (n y %) de sujetos sanos y enfermos. El valor del error refractivo latente (diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia) que antecede a cada nodo es el que guía en la clasificación de sujetos, así si el valor del ERL de un sujeto miope es de -0.75 D, la probabilidad de que tenga un exceso de acomodación es del 83.3%.



---

## 6. DISCUSIÓN

---

### 6. DISCUSIÓN

---

#### 6.1. ESTUDIO I. CARACTERIZACIÓN CLÍNICA DE LA POBLACIÓN CON INSUFICIENCIA Y EXCESO DE ACOMODACIÓN Y DE LA POBLACIÓN SIN ANOMALÍA ACOMODATIVA

---

Nuestros resultados muestran las características clínicas de la insuficiencia de acomodación y del exceso de acomodación en población sintomática segmentada por grupos de edad. Además, la comparación con un grupo sin alteración acomodativa nos ha permitido identificar algunas características diferenciadoras en este tipo de anomalías acomodativas.

##### 6.1.1. La edad y entidad de remisión de pacientes

---

La edad es un parámetro que influye en la función acomodativa<sup>39-43</sup>. En nuestro estudio, la muestra poblacional fue dividida en tres grupos de edad similares a las de estudios previos realizados sobre valores normativos de pruebas clínicas diagnósticas de disfunciones acomodativas<sup>31</sup> y estudios de prevalencia de alteraciones acomodativas<sup>117,118,120</sup>. Igualmente, los resultados de Wick y cols.<sup>84,87</sup> sobre los valores de FAM y FAB en jóvenes, arrojan valores diferentes para jóvenes y niños, y advierten sobre la consideración de emplear flipper de potencias diferentes en función de la edad del paciente. La segmentación de la muestra total en tres grupos de edad nos ha permitido controlar en mayor medida los sesgos derivados de esta variable.

Nuestros resultados muestran que la mayor parte de la población pertenece al grupo de niños entre 6 y 12 años (véase Figura 7), datos que tienen relación con las tasas de frecuencia de afluencia de pacientes a partir de los servicios de orientación

educativa de la zona. El mayor flujo de remisión de pacientes procede de las consultas de oftalmología general, seguido de los servicios de orientación educativa de diferentes centros escolares de la zona (véase Figura 8). La remisión de posibles candidatos en edad escolar, para descartar algún tipo de disfunción visual que interfiera en el proceso escolar, ha contribuido a una distribución de la muestra por edades en la que más de la mitad de la muestra tiene entre 6 y 12 años.

Los resultados de este estudio muestran que la edad no es un factor diferenciador de la insuficiencia de acomodación respecto al grupo de sujetos sin alteración acomodativa, a pesar de que para el grupo de edad de 31 a 40 años, en el grupo con insuficiencia de acomodación la edad media fue mayor que en el grupo sin alteración acomodativa. En cambio, los sujetos con exceso de acomodación si presentaron una edad media mayor que los sujetos sin alteración acomodativa cuando se consideró a la muestra total y al grupo de 31 a 40 años (véase Tabla 11).

Sin embargo, esta observación puede ser debida al criterio aplicado para cada una de las disfunciones estudiadas. Algunos estudios sugieren que la pérdida de AA asociada a la edad no sigue una relación lineal como la establecida por la fórmula mínima de Hofstetter aplicada en el criterio diagnóstico de la IA<sup>56</sup>. De hecho, nuestros resultados sobre la relación AA-edad (resultados del Estudio II) en el grupo de adultos pre-présbitas (31-40 años), muestran curvas planas, donde no hay una dependencia de una variable con la otra (véase Figura 16). Además, considerando los resultados de algunos autores donde los valores normativos de FAM disminuyen con la edad: a mayor edad mayor probabilidad habrá de que fallen en esta prueba, siempre y cuando la potencia del flipper diagnóstico de  $\pm 2.00$  D no sea sustituida por potencias menores como sugieren Wick y cols<sup>84</sup>. Por tanto, aunque nuestros resultados muestran que en población entre 31 y 40 años la edad es significativamente mayor en sujetos con IA y EA que en población sana, estos resultados pueden estar sesgados por el tipo de pruebas empleadas en el proceso diagnóstico de ambas condiciones.

### 6.1.2. Frecuencia de insuficiencia y exceso de acomodación

---

Nuestros resultados muestran que las tasas de frecuencia de exceso de acomodación, varían en función de la edad de la muestra seleccionada. El análisis estadístico ha mostrado diferencias significativas en las tasas de frecuencia del EA, en cambio no ha habido diferencias para el caso de la IA. El EA aumenta su presencia cuanto mayor es la edad de la muestra (véase Tabla 10). La gran mayoría de los estudios que presentan resultados sobre ambas disfunciones, insuficiencia y exceso de acomodación, manejan sujetos menores de 30 años y los menos numerosos llegan a incluir sujetos de hasta 38 años<sup>123</sup>. En nuestro estudio, probablemente el tipo de muestra empleado en el estudio favorece la aparición de tasas de frecuencia de anomalías acomodativas mayores, ya que se trata de población sintomática, que a pesar de que se descartó defecto refractivo y causa orgánica como posible etiología de la sintomatología, la presencia de alteraciones binoculares asociadas no fue un criterio de exclusión.

#### Insuficiencia de acomodación

Para menores de 30 años (6-30 años), la frecuencia de insuficiencia de acomodación en nuestra muestra fue del 21.42% (36/168). La prevalencia de IA encontrada por otros autores en población menor de 30 años ha sido muy variable. Se han obtenido valores del 55% para muestra de 119 sujetos con edad media de  $22.9 \pm 9$  años<sup>109</sup>, 38% para muestra de 130 sujetos entre 7 y 16 años<sup>116</sup>, 6.2% para muestra de 65 sujetos con edad media de  $22 \pm 3$  años<sup>120</sup>, 2% para muestra de 1650 sujetos con edades comprendidas entre 6-18 años<sup>118</sup>, 9.9% para muestra de 453 sujetos con edad media  $11.3 \pm 0.6$  años<sup>115</sup>, 61.70% para muestra de 120 sujetos entre 6 y 16 años<sup>127</sup>, 32% para sujetos entre 6 y 10 años<sup>58</sup>, 10.5% para muestra de 392 sujetos con edades comprendidas entre 8 y 15 años<sup>111</sup>, 8% para muestra de 144 sujetos con edades comprendidas entre 7 y 18 años<sup>114</sup>, 7% - 5% para muestra de 899 de entre 7 y 5 años<sup>59</sup>, 18.3% para muestra de 1031 sujetos entre 9 y 13 años<sup>121</sup> y 4.5% para una muestra de 1211 sujetos con edades comprendidas entre 13 y 19 años<sup>125</sup>.

Para mayores de 30 años (31-40 años), la frecuencia de insuficiencia de acomodación en nuestra muestra fue del 22.2 %. Los resultados de otros autores en población que incluye población mayor de 30 años reportan tasas del 12.5% y 4.27 %

para muestra de 328 sujetos entre 13 y 35 años<sup>110</sup>, 3.0% para muestra de 265 sujetos con edades comprendidas entre 10 y 35 años<sup>117</sup>, 3.96% para muestra de 328 sujetos entre 13 y 35 años<sup>119</sup>, 8.82% para muestra de 34 sujetos entre 18 y 31 años<sup>77</sup>, 2.29 % para muestra de 175 sujetos entre 18 y 35 años<sup>122</sup> y 11.4% para muestra de 1679 sujetos con edades entre 18 y 38 años<sup>123</sup>.

Todos los valores descritos son menores que las tasas de frecuencia obtenidas en el presente estudio, exceptuando los resultados de Adbi y cols. (2005), Adbi y cols. (2006)<sup>116,127</sup> y Hodoka (1985)<sup>109</sup> que aplicaron como criterio diagnóstico de la IA presentar una AA menor a 10.00 D, independientemente de la edad del sujeto<sup>127</sup>, signos del estado refractivo y estado motor/sensorial del paciente<sup>116</sup> y AA menor en 2.00 D del valor norma mínimo según la fórmula de Hofstetter y  $ARP \leq 1.25 D$ <sup>109</sup>, respectivamente. Parece que el criterio diagnóstico seleccionado puede favorecer la sobrestimación de frecuencia de insuficiencia de acomodación en su muestra seleccionada.

Los criterios diagnósticos varían en función del número y punto de corte del signo clínico, pero todos los autores citados consideran a la AA como signo clínico necesario. La gran mayoría emplea la fórmula de AA mínima de Hofstetter, de forma que si la AA del sujeto es menor a esta en 2.00 D, se cumple la condición para ser incluido en el grupo de IA (en espera de ver si cumple el resto de criterios necesarios). Para todos aquellos autores, que además de usar la AA como signo clínico, añaden alguno más con la condición de ser condición necesaria, todos eligen la FAM con dificultad en negativos, (FAM(-)), y la gran mayoría en el punto de corte de  $\leq 6 \text{ cpm}$ <sup>77,110,119,120,122,123</sup>. Hay un estudio que define el punto de corte de FAM(-) en  $\leq 4.5 \text{ cpm}$ <sup>121</sup>. Otros autores añaden a la AA y FAM(-), pruebas que evalúan la función acomodativa de forma indirecta: FAB, MEM, CCF y ARP<sup>77,109,114,115,117-123</sup>.

Los criterios diagnósticos aplicados a la IA en nuestro estudio han seguido las recomendaciones del estudio de Cacho y cols. (2002)<sup>110</sup> y las tasas obtenidas en su estudio muestran valores de 4.27%.

Las tasas de IA obtenidas en nuestra muestra pueden estar sobreestimadas, debido a que la metodología empleada para medir la AA es diferente a la empleada por todos los estudios mencionados. Nuestros resultados están basados en medidas de AA mediante lente negativa, mientras que el resto de autores emplean método de *push-up*, con el que los valores de AA son mayores que los obtenidos mediante lente negativa<sup>45-54</sup>.

A pesar de que la técnica mediante lente negativa no ha sido empleada en ninguno de los estudios referidos, es la técnica subjetiva de medida de AA que presenta mayor repetibilidad<sup>47</sup>, y además sus valores se aproximan más a los valores de AA objetiva.

Debido a la variabilidad de muestra y métodos empleados en cada uno de los estudios, no es posible realizar un análisis comparativo de las tasas de frecuencia encontradas. En cambio, el análisis crítico de los diferentes sesgos en cada uno de ellos, nos permite identificar y definir protocolos con mayor calidad diagnóstica.

Por tanto, respecto a la metodología empleada en la medida de la AA, nosotros recomendamos emplear la técnica subjetiva de lente negativa.

Como ya hemos comentado, uno de los criterios diagnósticos de la IA se basa en la relación que existe entre el valor de la AA y la edad del sujeto. Es la fórmula mínima de Hofstetter la que se emplea en todos los estudios, incluido el nuestro. De forma que cuando los valores de AA son menores en 2.00 D que los esperados para la edad, se dice que el sujeto puede presentar una insuficiencia de acomodación y la fatiga y visión borrosa pueden aparecer como síntomas asociados a este déficit.

Sabemos que un paciente presbita posee bajos valores de AA y por ello necesita una ayuda óptica o intervención quirúrgica para suplir la falta de amplitud de acomodación que le permita poder leer cómodamente. Para permanecer durante un periodo prolongado enfocando objetos próximos se requiere disponer de una reserva de AA de al menos la mitad o un tercio de la AA. Así, si leer a 40 cm exige una AA de 2.50 D (si el paciente es emétrope o está en situación de emetropización de lejos) se requiere una AA de 5.00 D, para que cuando el paciente esté leyendo use el 50% de su AA y mantenga en reserva el otro 50% o como mínimo de 3.75 D, para emplear 2.50 D y tener en reserva 1.25 D (un tercio de 3.75 D). Esta situación, en la que los valores de AA norma son de 5.00 D y 3.75 D corresponden con las edades de 40 y 45 años respectivamente al aplicar la fórmula mínima de Hofstetter.

Considerando esta situación, lo lógico sería establecer diferentes márgenes de error en la fórmula que relacionan la edad y la AA en función de la edad del paciente o relacionar un déficit en la AA de un sujeto en función de la cantidad de AA que permanece en reserva mientras que el sujeto enfoca objetos en VP.

Un niño de 10 años debe tener según la fórmula mínima de Hofstetter una AA de 12.5 D. Si la medida de su AA es de 10.00 D, se cumple la condición de que su AA es menor en 2.00 D al valor norma mínima de la fórmula de Hofstetter (AA mínima

=12.50 D). Para leer a 40 cm, necesita activar 2.50 D, por lo que mantiene en reserva aún 7.50 D, más de la mitad de su AA (10.00 D), en cambio, será diagnosticado como sujeto con IA si además cumple otros de los criterios diagnósticos.

Desde esta perspectiva, empleando los criterios actuales que relacionan la AA con la edad para catalogar a sujetos con IA, las tasas de IA estarían sobrevaloradas en población joven, pero es el valor de corte de la prueba de la FAM el que frena esta sobreestimación. El valor de la FAM debe ser menor que el marcado por el criterio diagnóstico elegido (6 cpm ó 3 cpm), pero en todos ellos se debe dar la condición de que la dificultad debe estar en la posición de las lentes negativas. Un flipper de  $\pm 2.00$  D, exige poner en juego 2.00 D de acomodación (lente negativa) tras haber relajado 2.00 D de acomodación (lente positiva). Un estímulo a 40 cm exige poner en juego 2.50 D, que al añadir una lente de -2.00 D, la nueva demanda de acomodación se eleva a 4.50 D. Por tanto, el sujeto anterior de 10 años con una AA de 10.00 D, no será catalogado como “enfermo” debido a que no falla en la prueba de FAM que le exige activar 4.50 D, menos de la mitad de su AA total. No podemos olvidar que la prueba de FAM evalúa además la flexibilidad que tiene el sistema acomodativo para pasar de una situación de relajar a activar la acomodación, por lo que en sujetos con AA dentro de la norma se pueden observar bajos valores de FA en la posición de lentes negativas y el sujeto no podrá ser clasificado en ninguna de las categorías de clasificación actuales:

- No presenta IA, porque a pesar de tener un valor de FAM por debajo del punto de corte diagnóstico fallando en negativos, tiene un valor de AA en norma.
- No presenta exceso de acomodación, porque no falla en las lentes positivas en la prueba de FAM.
- No presenta inflexibilidad de acomodación, porque aunque el valor de FAM está por debajo de la norma, no presenta dificultad en negativos y positivos, solo presenta dificultad en negativos.

### Exceso de acomodación

Respecto a las tasas de frecuencia del exceso de acomodación, se han encontrado menos datos que los reportados sobre frecuencia de insuficiencia de acomodación. De los estudios mencionados anteriormente, reportan datos de exceso de acomodación todos excepto 8 de ellos.

Para muestras menores de 30 años (6-30 años), la frecuencia de exceso de acomodación en nuestra muestra fue del 17.26% (29/168). Los resultados de otros autores muestran valores del 15% para muestra de 119 sujetos con edad media de  $22.9 \pm 9$ <sup>109</sup>, 10.8 % para muestra de 65 sujetos con edades de  $22 \pm 3$  años<sup>120</sup>, 8% para muestra de 144 sujetos con edades comprendidas entre 7 y 18 años<sup>114</sup>, 3.7 % para muestra de 1031 sujetos entre 9 y 13 años<sup>121</sup> y 2.8% para una muestra de 1211 sujetos con edades comprendidas entre 13 y 19 años<sup>125</sup>.

Para muestras mayores de 30 años (31-40 años), la frecuencia de exceso de acomodación en nuestra muestra fue del 55.5%. Los resultados de otros autores en población que incluye población mayor de 30 años, reportan tasas del 6.4% para muestra de 265 sujetos con edades comprendidas entre 10 y 35 años<sup>117</sup>, 5.48% para muestra de 328 sujetos entre 13 y 35 años<sup>119</sup>, 44.12% para muestra de 34 sujetos entre 18 y 31 años<sup>77</sup>, 2.29% para muestra de 175 sujetos entre 18 y 35 años<sup>122</sup> y 6.5% para muestra de 1679 sujetos con edades entre 18 y 38 años<sup>123</sup>.

Al igual que para la insuficiencia de acomodación, las tasas de exceso de acomodación reportadas por otros autores son menores que los resultados del presente estudio. Los criterios diagnósticos empleados por los diferentes estudios reportados tienen como mínimo 2 signos<sup>122</sup> y un máximo de 6 signos<sup>120</sup>. Si el tipo de muestra se mantiene invariable, cuantos más signos diagnósticos vinculados con la capacidad de relajar la acomodación se apliquen, menores serán las tasas de la condición a estudiar. En cambio, los valores reportados por el estudio que emplea 2 signos clínicos presentan menor tasa de EA que el que emplea 5 signos clínicos (10.8% vs 2.29%). Esta diferencia puede ser debida a las diferencias en la muestra poblacional. En nuestra muestra, solo se empleó un signo clínico basado en el valor de la FAM con dificultad en lentes positivas (FAM(+)), además de la condición también necesaria de presentar sintomatología. Los puntos de corte de la prueba FAM (+) que reportan los estudios mencionados son  $\leq 6$  y  $\leq 4.5$  cpm, mientras que nuestro punto de corte se marcó en  $\leq 3$  cpm. Cuanto mayor es el valor del punto de

corte de la prueba FAM(+), mayor probabilidad de sobreestimar las tasas de frecuencia de exceso de acomodación. En nuestro caso, los valores de FAM(+), menores que los aplicados por los otros autores, podrían favorecer a reducir las tasas de frecuencia de la condición, pero ocurre lo contrario. Aunque, el uso de un solo signo clínico favorece la sobreestimación de nuestras tasas de frecuencia de EA.

La prueba FAM(+), es una condición considerada como necesaria para todos los estudios descritos, a la que se añaden las pruebas FAB, MEM, CCF y ARN, todas ellas evalúan de forma indirecta la función acomodativa. En nuestro estudio, en el que no se excluyeron a sujetos con posible alteración binocular, no hemos querido aplicar pruebas indirectas para definir el criterio diagnóstico del exceso de acomodación. Teniendo en cuenta que marcar sólo un signo clínico diagnóstico no es recomendable, se consideró reducir el punto de corte de la prueba FAM(+), para ser algo más exigentes.

#### *Población sin alteración acomodativa*

La frecuencia de población sin alteración acomodativa (grupo NAA) se mantuvo en valores del 58-55% para edades entre 6 y 30 años, disminuyendo hasta tasas del 22% en población entre 31 y 40 años en contraposición al aumento de sujetos con exceso de acomodación en este último grupo de edad.

El grupo NAA está definido por la ausencia de anomalía acomodativa, pero es necesario remarcar que fue seleccionado a partir de la muestra total en la que la presencia de sintomatología fue uno de los criterios de inclusión. Por tanto, los valores descriptivos del grupo NAA no podrán ser extrapolables a población normal, ya que se trata de población sintomática, aunque la etiología de la sintomatología no tiene porqué ser visual en todos los casos. En cambio, la comparación del grupo NAA con los grupos IA y EA de la población seleccionada nos permite identificar parámetros diferenciadores entre grupo sin alteración acomodativa y grupo con alteración acomodativa.

De igual forma, los grupos IA y EA no excluyen a sujetos con alteración de visión binocular. Debido a esto, los análisis de inferencia de observaciones entre grupos diagnósticos y de edad se han realizado para variables refractivas y acomodativas monoculares en los que hay menor influencia del sistema binocular. Los análisis comparativos de las variables binoculares (FAB, heteroforias y estereopsis) son

tomados con especial precaución y de esta forma son discutidos en sus apartados correspondientes que aparecen al final de este capítulo.

### 6.1.3. Síntomas

---

Existe una gran disparidad de síntomas en relación a las disfunciones acomodativas y binoculares en la literatura científica, muchos de los cuales se asocian a la visión de cerca y a las disfunciones binoculares<sup>150</sup>.

El concepto *astenopia* engloba a un conjunto de síntomas/signos que aportan incomodidad al paciente y que pueden incluir a otras entidades como el dolor de cabeza, borrosidad y dolor ocular, entre otros<sup>60,111,112,127</sup>. Sheedy y cols.(2013) describieron dos tipos de astenopia<sup>151</sup> basándose en las vías de inervación aferente en función de la localización del dolor y del tipo de sensación. Nuestros resultados de la muestra total (n=195) entre 6 y 40 años, muestran valores elevados de presencia de astenopia (43%) y dolor de cabeza (34%) (véase Figura 9).

En relación al síntoma “visión borrosa”, en nuestro estudio se clasificó en función de la distancia en la que se mostraba el síntoma (lejos vs cerca) y la duración del síntoma (visión borrosa de forma mantenida vs visión borrosa de forma fluctuante). Se han registrado tasas del 26% y 27% para el síntoma “visión borrosa” en cerca y lejos respectivamente. La distribución de la duración del síntoma fue equilibrada para lejos, en el que el 12% de los casos presentaba visión borrosa mantenida y el 15% de manera fluctuante. En cambio, en visión próxima, la gran mayoría de los casos presentaba visión borrosa de forma fluctuante; 21% de casos frente a un 5% de casos con visión borrosa en VP mantenida.

La visión borrosa es un síntoma asociado a las disfunciones acomodativas. Se reporta como síntoma asociado a la insuficiencia de acomodación<sup>110,112,113,152-156</sup>, al exceso de acomodación<sup>157</sup> y a alteraciones acomodativas en general<sup>114,117,119,120,158-161</sup>. García-Muñoz y cols.(2014), encontraron 46 estudios con reportes de este síntoma, en los que se emplearon 34 expresiones diferentes para su definición y la gran mayoría de ellos relativos a tareas en visión próxima<sup>150</sup>.

La presencia de diplopía y el signo o síntoma que cuenta el paciente de “tapar un ojo al leer” son indicativos de posibles alteraciones en la visión binocular. En nuestro estudio, el síntoma de diplopía, se clasificó al igual que para el síntoma de “visión borrosa”: en función de la distancia y la duración. Se han registrado tasas del 17% y

6% para el síntoma “diplopía” en cerca y lejos respectivamente. La gran mayoría de los casos presenta diplopía de forma ocasional, tanto en lejos como en cerca, con valores del 15% y 6% respectivamente. La proporción de sujetos con diplopía constante tan baja respecto a aquellos sujetos con diplopía ocasional, corresponde a la lógica en la aplicación de los protocolos de tratamiento de pacientes estrábicos. Los sujetos con diplopía constante no son derivados a la UTV, ya que el tratamiento y seguimiento es de ámbito neuro y estrabológico. Los resultados mostraron tasas del 9% de sujetos con síntoma “tapar un ojo al leer”.

Las disfunciones acomodativas pueden tener un efecto negativo en el rendimiento escolar del niño, sobre todo en niños mayores de 8-9 años en los que el tamaño de la letra de los textos disminuye y aumentan las demandas de trabajo en cerca. Debido a la incomodidad, el niño puede no ser capaz de completar la lectura o la tarea asignada y puede presentar peor rendimiento escolar<sup>107</sup>. Los resultados de la distribución de los signos definidos como “rendimiento escolar bajo” y “baja velocidad lectora” en nuestro estudio, presenta tasas del 40% y 34% respectivamente. Estos resultados hay que analizarlos con cautela, ya que en el flujo de remisión de pacientes, los servicios de orientación educativa aportaban una cuarta parte de los pacientes estudiados, por lo que la muestra está sesgada.

En el ámbito clínico, se recomienda el uso de cuestionarios validados para poder hacer un uso con carácter retrospectivo que sea válido<sup>150</sup>.

A pesar de que no se han encontrado cuestionarios validados para disfunciones acomodativas, el carácter de la sintomatología vinculado a tareas en VP, hace posible el uso de los cuestionarios validados sobre sintomatología asociada a disfunciones. Actualmente, algunos de los cuestionarios validados son el *Convergence Insufficiency Symptom Survey (CISS V-15)* específico para la insuficiencia de convergencia, el cuestionario de *Conlon*, desarrollado para anomalías visuales en general y el *Computer-Vision Symptom Scale (CVSS17)* creado para medir los síntomas oculares y/o visuales asociados al uso del ordenador en el trabajo<sup>162-164</sup>.

En nuestra investigación no fue posible el empleo de alguno de estos cuestionarios ya que se trata de un estudio clínico retrospectivo en el que se ha trabajado con historias clínicas realizadas con anterioridad al diseño del proyecto, lo que puede constituir una limitación de nuestro estudio en el registro de la sintomatología. Aunque no se cumplen estrictamente los requisitos necesarios de

validez, nuestros resultados aportan una descripción muy detallada del mapa de síntomas y signos de la muestra.

#### 6.1.4. Agudeza visual

---

##### Agudeza visual en lejos en el exceso de acomodación

Los sujetos que presentan signos de exceso de acomodación pueden manifestar disminución de los valores de AV en lejos<sup>31,107</sup>, y esta situación se ha corroborado para los valores de AV con la refracción, tanto en condiciones cicloplégicas como no cicloplégicas. La AV en lejos ha sido peor en el grupo EA respecto al grupo NAA, y las diferencias han resultado ser estadísticamente significativas para la muestra total (6-40 años) y la muestra de niños (6-12 años) (véase Tabla 12 y 14).

##### Agudeza visual en lejos en la insuficiencia de acomodación

La AV VL en el grupo con IA es peor que en el grupo NAA, excepto para el grupo de jóvenes (13-30 años), en el que la AV VL del grupo IA es mejor que en el grupo NAA. Atendiendo a los valores de AV VL  $Rx_c$  y  $Rx_m$ , esta observación sólo la hemos encontrado con significancia estadística para el grupo de niños (6-12 años). Desde un punto de vista teórico de la definición de insuficiencia de acomodación, los valores de AV VL no tendrían que verse afectados, ya que un defecto en la capacidad de activar la acomodación sólo implicaría un detrimento de la agudeza visual en cerca, y no de la AV de lejos. Una posible explicación de estos resultados podría estar relacionada con la metodología de la prueba FAM. La observación subjetiva sobre la mayor dificultad ante una de las dos posiciones del flipper, lentes positivas o negativas, podría enmascarar situaciones en las que una aparente mayor dificultad en lentes negativas no asegura una óptima respuesta ante lentes positivas.

### Agudeza visual en cerca

La agudeza visual en cerca es peor en sujetos con IA y EA respecto al grupo de sujetos sin alteración acomodativa, y muestra diferencias estadísticamente significativas para la muestra total y el grupo de niños (véase Tabla 13)

La IA implica una disminución del valor de la AA, y por tanto, puede involucrar a la agudeza visual en cerca, como ocurre de forma fisiológica en el proceso de la presbicia. A partir de esta premisa, podríamos sustentar los resultados obtenidos, en los que los sujetos con IA presentan peor agudeza visual en cerca que sujetos sin alteración acomodativa. De esta forma, en el manejo diagnóstico de la IA se pueden encontrar disminuidos los valores de AV en VP. Aunque, si observamos los valores medios de AA en la muestra de niños con IA, (véase Tabla 19) valores de  $8.09 \pm 2.59$  D en ojo derecho y valores de  $7.61 \pm 2.41$  D en ojo izquierdo, no justifican el fallo en la tarea de discriminar un estímulo visual en VP de AV unidad.

Los sujetos con exceso de acomodación están definidos como aquellos sujetos que no presentan dificultad para poner en juego la acomodación, al contrario, presentan dificultad para relajar el sistema acomodativo. Por tanto, encontrar valores de peor agudeza visual en cerca en los sujetos con exceso de acomodación frente a sujetos sin alteración acomodativa, no se justifica si nos ajustamos solo a la definición de la condición. Aunque, si analizamos la variable AA en el grupo de EA (véase Tabla 19), podemos observar que la AA presenta valores más bajos en el grupo de EA que en el grupo NAA. Esta situación podría explicar, que la agudeza visual en cerca en sujetos con exceso de acomodación también se vea afectada, aunque, al igual que el caso de la IA, los valores de AA no son tan bajos como para justificar el fallo en la medida de la AV VP.

Parece que ante ambas anomalías, exceso e insuficiencia de acomodación, podría haber un fallo en los detectores de borrosidad que provoca el empeoramiento de los niveles de AV VP.

#### 6.1.5. Equivalente esférico

---

Los resultados de este estudio muestran la tendencia de que los sujetos con diagnóstico de EA presentan valores del equivalente esférico de la refracción

cicloplégica ( $EERx_c$ ) y del equivalente esférico de la refracción manifiesta ( $EERx_m$ ) más negativos que los sujetos sin alteración acomodativa. Esta condición se cumple para todos los grupos de edad y para valores de OD y OI, excepto para el grupo de adultos pre-présbitas (véase Tabla 15).

Los grupos diagnosticados de EA entre 6 y 30 años presentan un p-valor  $<.05$ , confirmando que los valores de equivalente esférico en sujetos con exceso de acomodación, tanto de la refracción cicloplégica como manifiesta, son más negativos que en población sin alteración acomodativa, con la excepción del valor de  $EERx_c$  de OI del grupo de jóvenes ( $p=.078$ ).

En cambio, los sujetos del grupo IA de nuestro estudio, presentan la tendencia de valores de refracción manifiesta y cicloplégica más positivos que los sujetos sin anomalía acomodativa, pero el análisis comparativo realizado en valores de OD y OI solo comparte significancia estadística para el valor  $EERx_c$  del grupo de adultos pre-présbitas.

No hemos encontrado estudios que relacionen el error refractivo con la IA y el EA, en cambio, si hay evidencia sobre la relación de las pruebas clínicas que miden la función acomodativa y el tipo de error refractivo (miopía, emetropía e hipermetropía). La amplitud de acomodación en miopes puede presentar valores más elevados, y se han encontrado series de sujetos entre 35 y 44 años<sup>165</sup>, entre 18 y 22 años<sup>33</sup> y una muestra de 150 sujetos con edades entre 11 -30 años<sup>166</sup>, donde la AA fue mayor en sujetos miopes respecto a emétopes e hipermétropes. Aunque hay algunos autores que reportan lo contrario, mostrando valores de AA disminuidos en miopes<sup>39,167</sup> y otros no encuentran diferencias<sup>37</sup>.

Nuestros resultados muestran que la población con exceso de acomodación presenta valores refractivos más negativos respecto a población sin alteración acomodativa, pero no cataloga por grupos refractivos, por lo que un valor refractivo más negativo que otro solo representa que es más miópico o menos hipermetrópico. Aunque los resultados de distribución de casos según grupo refractivo miope vs no miope de la tabla 17 apuntan a que el porcentaje de sujetos con exceso de acomodación es mayor en el grupo de miopes que en el grupo de no miopes; resultados que sugieren que la población miope presenta mayor probabilidad de presentar exceso de acomodación.

#### 6.1.6. Error refractivo latente

---

La refracción cicloplégica mediante el uso de ciclopentolato es considerado como el *gold standard* para determinar el defecto refractivo<sup>96,98</sup>, por lo que la medida del equivalente esférico de la refracción cicloplégica fue la empleada para clasificar a los sujetos como “miopes” vs “no miopes”.

Una de las limitaciones de nuestro estudio fue que los valores de la refracción en condiciones manifiestas y la refracción en condiciones cicloplégicas no fue realizado por la misma persona, de forma que la variabilidad interexaminador de la medida no se ha controlado. Otra limitación fue el criterio aplicado para catalogar a miopes vs no miopes, empleando el punto de corte en el valor del EERx<sub>c</sub> en 0 dioptrías. Sin embargo a pesar de ello, los resultados son interesantes para el planteamiento de nuevas hipótesis.

Los resultados de nuestro estudio muestran que la diferencia entre la Rx pre y post cicloplegia, definido como error refractivo latente (ERL), en población sin alteración acomodativa es mayor en población no miope que en población miope (véase Tabla 17). Los valores encontrados de ERL en miopes se asemejan a los obtenidos en un estudio con 229 sujetos miopes, con valores de ERL de -0.19 D entre los 30 y 40 años de edad<sup>101</sup>. La tendencia de que la diferencia entre la Rx pre y post cicloplegia sea mayor en no miopes se observa también en los resultados de una muestra de 85 sujetos entre 7 y 18 años, donde concluyen que el ERL aumenta al aumentar la potencia positiva del error refractivo<sup>168</sup>.

Para sujetos con insuficiencia de acomodación, se sigue cumpliendo que la diferencia entre la Rx pre y post cicloplegia es mayor en población no miope que en población miope, en cambio en sujetos con exceso de acomodación el ERL no adopta ese comportamiento. Los sujetos miopes con exceso de acomodación presentan una diferencia entre la Rx pre y post cicloplegia mayor que los miopes sin alteración acomodativa, y además dicho valor se asemeja al de los sujetos no miopes con exceso de acomodación.

Otros estudios muestran resultados similares; los resultados de una serie de 4 casos con espasmo de acomodación mostraron valores de ERL entre -1.0 y -4.5 D con un valor medio de  $-2.8 \pm 1.3$  D<sup>169</sup>, otra serie de 5 casos, con valores entre -1.50 D y -4.00 D<sup>130</sup> y una serie de 6 casos asociados a traumatismo craneal con valores de ERL entre -1.5 y -2.00 D<sup>130</sup>.

Los resultados de nuestro estudio sugieren que el ERL podría ser un indicador diagnóstico del exceso de acomodación en miopes, ya que las observaciones apuntan a que el ERL es mayor en sujetos miopes con exceso de acomodación que en sujetos miopes sin alteración acomodativa, mientras que la población no miope con exceso de acomodación no presenta cambios en el valor del ERL, respecto a población sin alteración acomodativa.

Estos resultados, junto con la mayor proporción de casos de exceso de acomodación en miopes, justifican el estudio III de la presente tesis.

#### 6.1.7. Amplitud de acomodación

---

La AA es el signo clínico por excelencia para catalogar la insuficiencia de acomodación y definir la pérdida de poder acomodativo en el ojo<sup>39,43,170-173</sup>. Al incluir la AA como uno de los signos clínicos de la IA es evidente que los resultados reflejen que el grupo de sujetos con IA presente valores de AA menores que el grupo sin alteración acomodativa.

La relación entre la AA y la edad adoptada en la gran mayoría de los estudios sobre frecuencia de la IA es la fórmula de la AA mínima de Hofstetter<sup>60</sup>. De esta forma, cuando el sujeto presenta un valor de AA 2.00 D menor al esperado, se incluye como posible candidato a presentar IA. Los resultados descriptivos de nuestro estudio sobre la variable AA en los diferentes grupos de edad refleja como la AA disminuye al aumentar la edad, relación universalmente aceptada<sup>78</sup>. Sin embargo, parece que esta relación no se cumple igual para todos los grupos de edad<sup>58</sup>. La relación AA-edad para cada grupo de edad y grupo diagnóstico se ha analizado en el estudio II de la presente tesis.

El exceso de acomodación no se define por cambios en el valor de la AA. Los diferentes autores en sus sistemas de clasificación de esta anomalía acomodativa advierten que la AA puede estar o no disminuida. Aunque algunos autores adoptan como criterio diagnóstico del exceso de acomodación que la AA tenga valores normales para la edad del paciente<sup>123</sup>, la tendencia general es que la AA no sea un signo clínico diagnóstico del exceso de acomodación.

Los resultados de nuestro estudio muestran que los sujetos con exceso de acomodación presentan valores de AA menores que el grupo sin alteración

acomodativa, y con diferencias significativas para todos los grupos de edad excepto para el grupo de jóvenes (13-30 años) (véase Tabla 19). La AA no es un signo diagnóstico del exceso de acomodación, en cambio se observa una tendencia a estar disminuida para este grupo de sujetos. Esta observación no implica que la AA sea una variable predictiva del exceso de acomodación, solo muestra que la AA tiende a ser menor en sujetos con EA que en sujetos sin alteración acomodativa. El término “exceso” de acomodación puede llevar a errores en el concepto de la condición, relativos al valor de la AA. No se trata de una condición en la que la AA es mayor a la esperada. Es una condición en la que hay un fallo en la relajación de la acomodación y, que según los resultados del presente trabajo, podría cursar con valores de AA disminuidos.

#### 6.1.8. Flexibilidad acomodativa monocular

---

La FAM ha sido uno de los signos clínicos diagnóstico empleados para la clasificación de sujetos en los grupos IA y EA, por lo que los valores de esta variable serán diferentes si se comparan con el grupo de sujetos sin alteración acomodativa. Los puntos de corte aplicados para la IA y el EA en valores menores o iguales a 6 cpm y 3 cpm respectivamente, marcan los valores máximos de la FAM en el análisis descriptivo.

En nuestro estudio, los valores medios de FAM en población sin alteración acomodativa fueron de  $10 \pm 3$  cpm para edades comprendidos entre 6 y 40 años. En cambio, estos valores no se mantenían para los diferentes grupos de edad, en los que a mayor edad, menor valor de FAM. A pesar de que la tendencia de nuestros resultados es que sujetos entre 31-40 años presentan valores de FAM disminuidos frente a los valores de la muestra de 13-30 años y 6-12 años, el análisis comparativo no muestra significancia estadística ( $p > .05$ ) (véase Tabla 20).

En concordancia con nuestros resultados, otros autores muestran disminución en el valor de la FAM, pero solo a partir de 30 años de edad<sup>85,92,174</sup>, cuando la AA disminuye y se mantiene el flipper diagnóstico de  $\pm 2.00$  esf. En estas condiciones la prueba es más exigente y los valores de FAM disminuyen<sup>84</sup>. En cambio, en sujetos menores de 30 años, la tendencia que reportan otros autores es que la FAM aumenta con la edad<sup>86,90,91</sup>. Los resultados de nuestro estudio sugieren que en población sin

alteración acomodativa la FAM disminuye con la edad, aunque no hay significancia estadística.

En lo que respecta a los sujetos con insuficiencia de acomodación de nuestro estudio, los valores medios de FAM fueron de  $3 \pm 2$  cpm para edades comprendidas entre 6 y 40 años. El punto de corte diagnóstico se estableció en 6 cpm, y los valores medios de FAM disminuían a medida que aumentaba el rango de edad, pero sin significancia estadística.

Los sujetos con exceso de acomodación presentan valores medios menores que los sujetos con de acomodación debido a que el punto de corte diagnóstico era menor, fijado en 3 cpm vs 6 cpm. Sin embargo, no se ha observado la tendencia anterior, en la que a mayor edad menor valor de FAM, sino que se observaron valores mayores en población entre 31-40 años. Aunque, al comparar los valores de FAM entre los grupos de edad no se obtuvo significancia estadística.

#### 6.1.9. Flexibilidad acomodativa binocular

---

Los resultados de nuestro estudio, reflejados en la tabla 21, confirman la tendencia general observada en otros estudios de que los valores binoculares de FA son menores que los monoculares<sup>31,35,91,125</sup>.

Respecto a la influencia de la edad en el valor de la FAB no se ha observado un patrón de continuidad, ya que los valores en niños y adultos pre-présbitas se mantenían, disminuyendo para los jóvenes. Debido a que la muestra estudiada era sintomática y no estaban excluidos sujetos con alteración del sistema binocular, el análisis comparativo del valor de FAB entre grupos de edad no aportan relevancia clínica.

Gran número de autores incluyen la prueba FAB como criterio diagnóstico de la IA y del EA<sup>60</sup>. La prueba FAB se realiza en condiciones binoculares y aunque evalúa la función acomodativa, no lo hace sin influencia del sistema binocular. De hecho, en nuestro estudio la prueba FAB detecta aproximadamente un 20% de supresiones sensoriales, por lo que pone en evidencia la relación de esta prueba con el sistema vergencial del paciente. En nuestro análisis la FAB no se ha incluido en ninguno de los criterios diagnósticos, sin embargo sujetos con IA y EA presentan valores disminuidos respecto a sujetos sin alteración acomodativa. Esta situación se advierte para todos

los grupos de edad, pero no muestra significancia estadística para todos los grupos de edad.

Considerando el valor de FAB para la muestra de 6 a 40 años en sujetos con IA y EA, se observan valores similares, aproximados a 3 cpm. Aunque los resultados apuntan a que la FAB es menor en sujetos con IA y EA, los valores presentados no diferencian sobre en qué posición del flipper el sujeto presenta mayor dificultad. Los estudios sobre prevalencias o frecuencias de IA y EA que incluyen la FAB como signo clínico, incluyen valores de corte y posiciones del flipper en el que muestran dificultad. Así, para la IA se requiere cumplir un valor determinado de FAB presentando dificultad en lentes negativas, mientras que para el EA se precisa dificultad en lentes positivas. Esta caracterización de la prueba FAB no se ha tenido en cuenta en el análisis que discutimos, por lo que los resultados deben ser tomados con precaución.

A pesar de que la prueba FAB no evalúa de forma directa la función acomodativa, los resultados de nuestro estudio sugieren que los sujetos con IA y EA presentan valores disminuidos respecto a población sin disfunción acomodativa.

#### 6.1.10. Heteroforias

---

Los resultados obtenidos para la muestra total (6-40 años) relativos a las tasas de frecuencia de ortodesviación, muestran más casos de ortodesviación en lejos que en cerca con un ratio aproximado de 4/1 y las desviaciones con componente estrábico son más frecuentes en lejos que en cerca (véase Tabla 22).

Las exodesviaciones son más frecuentes que las endodesviaciones, en lejos y en cerca. Mientras que en VP la relación entre exodesviaciones y endodesviaciones es de 3/1 (cada tres casos de exoforia hubo un caso de endoforia), en VL la relación es de 2/1.

En cambio, algunos estudios muestran que en población infantil las endodesviaciones son entre 3 y 5 veces más frecuentes que las exodesviaciones<sup>175-177</sup>. Aunque esta diferencia probablemente puede estar relacionada con el hecho de que la prevalencia general de las exodesviaciones es mayor en población adulta que en niños, ya que esta relación se invierte cuando se incluye población adulta en los estudios<sup>178</sup>. La exoforia en VP aumenta con la edad debido a la falta de inervación de

la convergencia acomodativa<sup>179</sup> y los valores observados en el presente estudio apuntan en esta dirección.

La insuficiencia de acomodación puede estar asociada a exoforia, debido a la falta de inervación de la convergencia acomodativa, mientras que el exceso de acomodación puede asociarse al exceso de convergencia, encontrando mayor proporción de casos de endoforia que de exoforia<sup>16</sup>. Nuestros resultados muestran que los sujetos endofóricos y exofóricos en VL se distribuyen de forma desigual entre el grupo de IA y EA, habiendo mayor proporción de sujetos con endoforia en el grupo de exceso de acomodación y mayor proporción de sujetos con exoforia en el grupo de insuficiencia de acomodación. En cambio, para visión próxima, la distribución fue similar.

#### 6.1.11. Estereopsis

---

Uno de los objetivos de la presente tesis era caracterizar a población con disfunción acomodativa y como grupo control se ha empleado un grupo de sujetos sin disfunción acomodativa. La presencia de alteraciones binoculares asociadas no fue considerada como criterio de exclusión en el proceso de selección de sujetos debido a la relación que existe entre ambos mecanismos, acomodación y sistema binocular, y al interés por estudiar la relación de desviaciones motoras horizontales con las disfunciones acomodativas. Las comparaciones entre grupo de sujetos sin alteración acomodativa y grupos con insuficiencia de acomodación o exceso de acomodación, tendrán mayor o menor relevancia clínica solo para los valores monoculares en los que no haya una influencia del sistema binocular.

Por lo tanto, afirmar que los sujetos con IA y EA presentan peores valores de estereopsis no aporta información relevante, cuando la muestra no ha sido cribada en función de parámetros de normalidad de la visión binocular.

## 6.2. ESTUDIO II. RELACIÓN DE LA AMPLITUD DE ACOMODACIÓN Y LA EDAD

---

Los resultados de nuestro estudio muestran que para la muestra total (6-40 años), la AA disminuye con la edad, pero este comportamiento no se mantiene en los diferentes grupos de edad estudiada. Las fórmulas de Hofstetter (1950)<sup>44</sup> relacionan la AA y la edad a partir de los datos recopilados de Duane (1912)<sup>43</sup> y Donders (1864)<sup>39</sup>, pero Hofstetter advirtió que la relación lineal existía solo en la muestra entre 20 y 40 años. Para fines clínicos, sus fórmulas se han empleado para todos los rangos de edad, aunque en población infantil no cumplían tal relación.

### Muestra total (6-40 años)

En población entre 6 y 40 años, ambas variables, edad y AA, están correlacionadas (véase Figura 10 y 11). Los modelos de ecuación lineal y no lineal presentan modelos válidos en los que las ecuaciones pueden ser empleadas para predecir el valor de la AA a partir de la edad. Esta situación se ha observado en población sin alteración acomodativa, además de en población con insuficiencia y exceso de acomodación. Nuestros resultados en población sin alteración acomodativa se comportan de forma análoga a los resultados de otros autores, donde la AA disminuye al aumentar la edad<sup>39-44,50,56,66,78</sup>.

Los sujetos (6-40 años) con insuficiencia de acomodación presentan una ecuación lineal con un punto de corte al eje y más baja que la curva del grupo NAA. Esta observación es evidente teniendo en cuenta el criterio diagnóstico del grupo IA y los resultados comparativos de la variable AA entre ambos grupos (NAA-IA) del estudio I. De hecho, los p-valores obtenidos al comparar los puntos de corte de la ecuación en el eje y entre la curva del grupo NAA y grupo IA, vuelven a confirmarlo. Además, al analizar la pendiente de la curva del grupo IA, se observa correlación entre AA y edad y una pendiente diferente de cero y significativa. Las pendientes de las curvas del grupo NAA y grupo IA se comportan del mismo modo para valores de AA del OD, mientras que para valores de OI, la pendiente de la curva IA es diferente a la de la curva del grupo NAA, siendo algo más plana.

Las curvas de los sujetos con exceso de acomodación presentan un punto de corte al eje y más baja que la curva del grupo NAA. Los resultados de la comparación

de la variable AA entre grupo NAA y grupo EA mostraron diferencias (resultados del estudio I) y estos resultados, junto con los p-valor obtenidos al comparar los puntos de corte de la ecuación en el eje y entre la curva del grupo NAA y grupo EA, lo corroboran. Además, al igual que el grupo IA, los sujetos con EA presentan valores menores de AA a medida que la edad aumenta con un modelo de regresión lineal válido. Las pendientes de las curvas de EA son iguales a las pendientes del grupo NAA, tanto para OD como para OI.

#### Niños (6-12 años)

Los resultados de nuestro estudio muestran que para población entre 6 y 12 años, la AA y la edad no son variables que estén correlacionadas (véase Figura 12 y 13). Nuestros resultados en población sin alteración acomodativa se comportan de forma análoga a los resultados de otros autores, donde la relación AA y edad presenta una curva plana, donde la pendiente es próxima a cero<sup>38,56-59</sup>. Los valores medios de AA son de  $11.55 \pm 2.44$  D y no varían en función de la edad.

Según los resultados obtenidos, quizás se esté sobreestimando la frecuencia de IA en población infantil.

#### Jóvenes (13-30 años)

Los resultados de nuestro estudio muestran que para población entre 13 y 30 años, la AA disminuye con la edad, pero solo para el grupo sin alteración acomodativa (véase Figura 14 y 15). Ambas variables, edad y AA, están correlacionadas y los modelos de la ecuación lineal y no lineal tienen sentido. En cambio, para los grupos IA y EA, la edad no es un factor que influya en el valor de la AA. Los resultados de nuestro estudio muestran que para población entre 13-30 años, con presencia de IA o EA, la AA y la edad no son variables que estén correlacionadas. Nuestros resultados se han obtenido con un tamaño de muestra muy reducido, por lo que este análisis debe ser tratado con precaución.

Adultos pre-présbitas (31-40 años)

Nuestros resultados en población sin alteración acomodativa se comportan de forma análoga a la relación de la AA en sujetos présbitas, donde la relación AA y edad presenta una curva plana con pendientes próximas a cero (véase Figura 16 y 17). En cambio, esta observación que se hace patente a partir de los 50 años<sup>3,39-41,43,50,66,78,173</sup>, nosotros comenzamos a observarla a partir de los 31 años. En nuestra muestra, sujetos de 31 a 40 años, presentan valores medios de AA de  $6.67 \pm 1.14$  D, y a pesar de que los escasos puntos de la gráfica muestran valores más elevados de AA cuanto mayor es la edad, esta observación ha de considerarse con prudencia debido al reducido número de sujetos estudiados.

.....

Si aceptamos que la AA disminuye con la edad, en nuestra muestra de sujetos sin alteración acomodativa solo ha podido corroborarse para la muestra de 102 sujetos entre 6 y 40 años de edad, ya que al segmentar por grupos de edad, 6-12 años, 13-30 años y 31-40 años, solo se ha observado una relación válida para el grupo de jóvenes (13-30 años) sin alteración acomodativa (n=27). Por lo tanto, en población sin alteración acomodativa entre 6 y 12 años, la AA no disminuye al aumentar la edad.

A pesar de los resultados obtenidos, el análisis estadístico aplicado pierde potencia estadística a medida que disminuye el número de casos. Por tanto, en el caso de jóvenes (13-30 años) y adultos pre-présbitas (31-40 años) sería necesario aumentar la muestra para validar estos resultados.

En esta situación, y asumiendo que los criterios diagnósticos de la IA emplean la AA como uno de los signos clínicos a considerar a partir de la fórmula mínima de Hofstetter<sup>60</sup>, las tasas de IA pueden estar sobreestimadas. De esta forma, cuando los valores de AA son menores que los esperados para la edad, se dice que el sujeto puede presentar una insuficiencia de acomodación y la fatiga y visión borrosa pueden aparecer como síntomas asociados a este déficit. Por tanto, si tal y como los resultados de este estudio y otros autores muestran, la AA no cambia con la edad en ciertos grupos de edad, los criterios diagnósticos de la insuficiencia de acomodación deberían ir enfocados a establecer diferentes márgenes de error en la fórmula que relaciona la AA y la edad, o bien, relacionar un déficit en la AA de un sujeto en función de la cantidad de AA que permanece en reserva mientras que el sujeto enfoca objetos en VP.

### 6.3. ESTUDIO III. ERROR REFRACTIVO LATENTE EN MIOPE CON EXCESO DE ACOMODACIÓN

---

Los resultados de nuestro estudio muestran que en población miope entre 6 y 30 años, la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia, definido como error refractivo latente (ERL), es mayor en sujetos diagnosticados de exceso de acomodación que en sujetos sin alteración acomodativa. En cambio, la edad, la AA y las AV de lejos no han mostrado diferencias estadísticamente significativas (véase Tabla 27).

Respecto a la variable edad, el no haber encontrado diferencias entre el grupo con exceso de acomodación y el grupo sin alteración acomodativa, nos permite eliminar un posible sesgo derivado de la prueba diagnóstica empleada para clasificar a la población con exceso de acomodación. La prueba FAM, empleando un flipper de +/-2.00 D, es una prueba que aumenta su exigencia a medida que se incrementa la edad del sujeto<sup>84,88</sup>. Debido a ello, la muestra seleccionada se recortó hasta los 30 años, para minimizar errores.

Los valores de AV en lejos, tanto con la Rx manifiesta como con la Rx cicloplégica, fueron algo peores para la muestra de sujetos con exceso de acomodación, pero las diferencias no fueron significativas. A pesar de no encontrar diferencias, estas fueron aún menores para los valores de AV con la Rx cicloplégica, ya que la mejora de los valores de AV VL en condiciones cicloplégicas respecto a condiciones no cicloplégicas es mayor en el grupo de sujetos con exceso de acomodación.

La AA no ha mostrado diferencias en la muestra de sujetos miopes con EA y NAA. Aunque algunos autores sí reportan valores menores de AA para población miope<sup>35</sup>, lo hacen para muestras de sujetos sin alteraciones acomodativas.

Algunos autores definen como espasmo de acomodación aquella condición en la que hay un cambio involuntario en el poder refractivo del ojo en ausencia de un estímulo acomodativo que lo genere, y clínicamente se manifiesta con valores diferentes entre la refracción pre y post cicloplegia<sup>180</sup>. Las revisiones bibliográficas sobre estudios relativos al exceso de acomodación dentro del ámbito optométrico no incluyen como signo clínico la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia, definido como error refractivo latente (ERL), en cambio, los resultados de este estudio indican que el ERL es un signo clínico válido a tener en cuenta en el proceso de identificación de sujetos con exceso de acomodación en población miope.

La calidad diagnóstica de las pruebas clínicas son analizadas normalmente mediante el análisis de las curvas ROC<sup>181</sup>, donde el área bajo la curva representa la precisión de la prueba diagnóstica. Los modelos CRT o árboles de clasificación y regresión (*Classification and Regression Tree*) están ganando cada vez más popularidad como un método para el estudio de toma de decisiones debido a su probada capacidad predictiva<sup>182</sup>. El análisis de CRT es un método estadístico que fue desarrollado por Breiman<sup>149</sup>. El análisis combina las ventajas de la aproximación estadística (modelos de regresión) y las técnicas de *Data Mining* que generan diagramas de decisión fácilmente interpretables<sup>183</sup>. La metodología basada en los CRT ha aumentado su presencia en los estudios de ciencias de la salud e investigación clínica<sup>183</sup>, de forma que siguiendo las indicaciones del flujo de decisiones, el clínico puede predecir la probabilidad de presentar o no la condición estudiada<sup>184</sup>.

El análisis de la curva ROC (véase Tabla 28 y Figura 19) y el modelo CRT (véase Figura 20) han mostrado una aproximación similar respecto a la calidad de la variable ERL como posible variable predictiva del exceso de acomodación en población miope. Además, ambos modelos, han mostrado los mismos puntos de corte diagnósticos. La ventaja del modelo CRT frente a la curva ROC es su simplicidad en su utilización e interpretación.

Los resultados de este estudio sugieren incluir la variable ERL como posible signo clínico diagnóstico del exceso de acomodación en población miope, de forma que si la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia es de -0.375 D, la probabilidad de que el sujeto presente un exceso de acomodación es del 88.9%.





---

## 7. CONCLUSIONES

---

### 7. CONCLUSIONES

---

1. La insuficiencia y el exceso de acomodación son anomalías acomodativas que se encuentran entre la población clínica sintomática. La frecuencia de casos de exceso de acomodación varía en función del grupo de edad seleccionado, siendo mas frecuente cuanto mayor es la edad. En cambio, las tasas de frecuencia de la insuficiencia de acomodación no varían.
2. La AV en lejos, obtenida con la refracción cicloplégica y no cicloplégica, es peor en los sujetos con exceso de acomodación que en sujetos sin alteración acomodativa.
3. La AV en cerca es peor en sujetos con exceso e insuficiencia de acomodación que en sujetos sin alteración acomodativa.
4. La amplitud de acomodación de los sujetos con exceso de acomodación es menor que en sujetos sin alteración acomodativa.
5. Los sujetos entre 6 y 30 años diagnosticados de exceso de acomodación presentan valores de equivalente esférico (en condiciones cicloplégicas y no cicloplégicas) más negativos respecto a población sin alteración acomodativa.
6. Como cabía esperar en población sin alteración acomodativa, la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia, definido como error refractivo latente, es mayor en los sujetos no miopes que en los sujetos miopes. Esta condición también se cumple para los sujetos con insuficiencia de

acomodación. Sin embargo, en población con exceso de acomodación, la diferencia entre el error refractivo pre y post cicloplegia es igual en miopes y no miopes.

7. Los miopes con exceso de acomodación tienen un error refractivo latente más negativo que los miopes sin alteración acomodativa.
8. El error refractivo latente en miopes entre 6 y 30 años es una prueba objetiva que posee buena capacidad diagnóstica para detectar excesos de acomodación en miopes.
9. En población sin alteración acomodativa con edades entre 6 y 12 años, la amplitud de acomodación no varía con la edad. El uso de fórmulas que relacionan la amplitud de acomodación y la edad, como uno de los signos clínicos diagnósticos de la insuficiencia de acomodación, debe ser aplicado con cautela para este grupo de edad.





---

## 8. REFERENCIAS

---

### 8. REFERENCIAS

---

1. Scheiner C. *Oculus, hoc est: Fundamentum opticum*: Innsbruck; 1620.
2. Von Helmholtz H, Gullstrand A, Von Kries J, Nagel W. *Handbuch der Physiologischen Optik*: Leopold Voss; 1909.
3. Fincham E. The mechanism of accommodation. *BMJ* 1937;No VIII.
4. Weale RA. Presbyopia. *Br J Ophthalmol* 1962;46:660-8.
5. Fisher RF. The elastic constants of the human lens. *J Physiol* 1971;212:147-80.
6. Kaufman PL, Alm A. *Adler Fisiología del ojo: aplicación clínica*. 10ª ed. Madrid: Elsevier, 2004.
7. Hollman KW, O'Donnell M, Erpelding TN. Mapping elasticity in human lenses using bubble-based acoustic radiation force. *Exp Eye Res* 2007;85:890-3.
8. Burd HJ, Wilde GS, Judge SJ. Can reliable values of Young's modulus be deduced from Fisher's (1971) spinning lens measurements? *Vision research* 2006;46:1346-60.
9. Heys KR, Cram SL, Truscott RJ. Massive increase in the stiffness of the human lens nucleus with age: the basis for presbyopia? *Mol Vis* 2004;10:956-63.
10. Rohen JW. Scanning electron microscopic studies of the zonular apparatus in human and monkey eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18:133-44.
11. Heath GG. Components of accommodation. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1956;33:569-79.
12. Ciuffreda KJ, Kruger PB. Dynamics of human voluntary accommodation. *Am J Optom Physiol Opt* 1988;65:365-70.
13. Fincham EF. The accommodation reflex and its stimulus. *Br J Ophthalmol* 1951;35:381-93.
14. Hung GK, Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16:31-41.
15. Horwood AM, Riddell PM. The use of cues to convergence and accommodation in naive, uninstructed participants. *Vision Res* 2008;48:1613-24.
16. Hung GK. Adaptation model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt* 1992;12:319-26.
17. Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Hung GK. The linearity of proximally induced accommodation and vergence. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1991;32:2985-91.

18. Schor CM, Kotulak JC, Tsuetaki T. Adaptation of tonic accommodation reduces accommodative lag and is masked in darkness. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27:820-7
19. Gilmartin B, Hogan RE. The relationship between tonic accommodation and ciliary muscle innervation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26:1024-8.
20. Gilmartin B, Bullimore MA. Adaptation of Tonic Accommodation to Sustained Visual Tasks in Emmetropia and Late-Onset Myopia. *Optom Vis Sci* 1991;68:22-6.
21. Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Hung GK, Gilmartin B. Tonic accommodation - a review .2. Accommodative adaptation and clinical aspects. *Ophthalmic Physiol Opt* 1994;14:265-77.
22. Gamlin PD. Subcortical neural circuits for ocular accommodation and vergence in primates. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999;19:81-9.
23. Mallen EAH, Gilmartin B, Wolffsohn JS. Sympathetic innervation of ciliary muscle and oculomotor function in emmetropic and myopic young adults. *Vision Res* 2005;45:1641-51.
24. Chen JC, Schmid KL, Brown B. The autonomic control of accommodation and implications for human myopia development: a review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2003;23:401-22.
25. Gilmartin B. A review of the role of sympathetic innervation of the ciliary muscle in ocular accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1986;6:23-37.
26. Garner LF. Mechanisms of accommodation and refractive error. *Ophthalmic Physiol Opt* 1983;3:287-93.
27. Toates FM. Accommodation function of the human eye. *Physiol Rev* 1972;52:828-63.
28. Barrett K. GANONG Fisiología médica. 21ªed.Madrid: McGraw-Hill; 2010.
29. Crosby EC, Humphrey T, Lauer EW. Correlative anatomy of the nervous system. New York: MacMillan Co.; 1962. p. 519-49
30. Corbett JJ, Thompson HS. Pupillary function and dysfunction. In Asbury AK, McKhann GM, McDonald WI, eds. Diseases of the nervous system. Clinical neurobiology. Philadelphia: Saunders; 1986. p. 606-17
31. Scheiman M, Wick B. Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders. 4th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2014.
32. Maddock RJ, Millodot M, Leat S, Johnson CA. Accommodation responses and refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1981;20:387-91.
33. McBrien NA, Millodot M. Amplitude of accommodation and refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27:1187-90.
34. Abraham L, Kuriakose T, Sivanandam V, Venkatesan N, Thomas R, Muliylil J. Amplitude of Accommodation and its Relation to Refractive Errors. *Indian J Ophthalmol* 2005;53:105-8.
35. Allen PM, O'Leary DJ. Accommodation functions: Co-dependency and relationship to refractive error. *Vision Res* 2006;46:491-505.
36. Fong DS. Is myopia related to amplitude of accommodation? *Am J Ophthalmol* 1997;123:416-8.
37. Fisher SK, Ciuffreda KJ, Levine S. Tonic accommodation, accommodative hysteresis, and refractive error. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:799-809.
38. Wold RM. The spectacle amplitude of accommodation of children aged six to ten. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1967;44:642-64.

39. Donders FC. On the anomalies of accommodation and refraction of the eye. In: With a Preliminary Essay on Physiological Dioptrics, vol. XXII (translated by W. D. Moore) The New Sydenham Society, London: 1864.
40. Duane A. An attempt to determine the normal range of accommodation at various ages, being a revision of Donder's experiments. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1908;11:634-41.
41. Hamasaki D, Ong J, Marg E. The amplitude of accommodation in presbyopia. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1956;33:3-14.
42. Daum KM. Accommodative insufficiency. *Am J Optom Physiol Opt* 1983;60:352-9.
43. Duane A. Normal values of the accommodation at all ages. *JAMA* 1912;59:1010-3.
44. Hofstetter HW. Useful age-amplitude formula. *Optom World* 1950:42-5.
45. Sheard C. *Dynamic ocular test: the Shear volume*. Philadelphia: Chilton Company; 1957:pp 93-4.
46. Anderson HA, Stuebing KK. Subjective versus Objective Accommodative Amplitude: Preschool to Presbyopia. *Optom Vis Sci* 2014;91:1290-301
47. Antona B, Barra F, Barrio A, Gonzalez E, Sanchez I. Repeatability intraexaminer and agreement in amplitude of accommodation measurements. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:121-7.
48. Atchison DA, Capper EJ, McCabe KL. Critical subjective measurement of amplitude of accommodation. *Optom Vis Sci* 1994;71:699-706.
49. Kragha IK. Measurement of amplitude of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1989;9.
50. Ostrin LA, Glasser A. Accommodation measurements in a prepresbyopic and presbyopic population. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1435-44.
51. Momeni-Moghaddam H KJ, Askarizadeh F. . Comparing measurement techniques of accommodative amplitudes. . *Indian J Ophthalmol* 2014;62:683-7.
52. Kragha IK. Amplitude of accommodation: population and methodological differences. *Ophthalmic Physiol Opt* 1986;6:75-80.
53. Rouse MW, Deland PN, Chous R, Determan TF. Monocular Accommodative Facility Testing Reliability. *Optom Vis Sci* 1989;66:72-7.
54. Grosvenor TP. *Primary care optometry: a clinical manual*. Chicago: The Professional Press; 1982.
55. Glasser A, Campbell MCW. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. *Vision Res* 1998;38:209-29.
56. Anderson HA, Hentz G, Glasser A, Stuebing KK, Manny RE. Minus-lens-stimulated accommodative amplitude decreases sigmoidally with age: A study of objectively measured accommodative amplitudes from age 3. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:2919-26.
57. Woodruff ME. Ocular accommodation in children aged 3 to 11 years. . *Can J Optom* 1987:141-5.
58. Sterner B, Gellerstedt M, Sjöström A. The amplitude of accommodation in 6-10-year-old children - not as good as expected! *Ophthalmic Physiol Opt* 2004;24:246-51.
59. Eames TH. Accommodation in school children, aged five, six, seven, and eight years. *Am J Ophthalmol* 1961;51:1255-7.

60. Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Cantero MT. Is there any evidence for the validity of diagnostic criteria used for accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom* 2013.
61. Aldaba M, Vilaseca M, Arjona M, Pujol J. Age-related changes in accommodation measured with a double-pass system. *Ophthalmic Physiol Opt* 2013;33:508-15.
62. Wold JE, Hu A, Chen S, Glasser A. Subjective and objective measurement of human accommodative amplitude. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1878-88.
63. Wolffsohn JS, Hunt OA, Naroo S, et al. Objective accommodative amplitude and dynamics with the 1CU accommodative intraocular lens. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:1230-5
64. Anderson HA, Stuebing KK. A Conversion Equation to Predict Objective Accommodative Amplitude from the Subjective Push-Up Test. *ARVO Annual Meeting Abstract Search and Program Planner* 2011:841.
65. Wang B, Ciuffreda KJ. Depth-of-focus of the human eye: Theory and clinical implications. *Surv Ophthalmol* 2006;51:75-85.
66. Koretz JF, Kaufman PL, Neider MW, Goeckner PA. Accommodation and presbyopia in the human-eye - Aging of the anterior segment .2. *Vision Res* 1989;29:1685-92.
67. Aggarwala KR, Kruger ES, Mathews S, Kruger PB. Spectral bandwidth and ocular accommodation. *J Opt Soc Am A Opt* 1995;12:450-5.
68. Owens DA. Comparison of accommodative responsiveness and contrast sensitivity for sinusoidal gratings. *Vision Res* 1980;20:159-67.
69. Kruger PB. The effect of cognitive demand on accommodation. *Am J Optom Physiol Opt* 1980;57:440-5.
70. Iwasaki T. Effects of a visual task with cognitive demand on dynamic and steady-state accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993;13:285-90.
71. Cawthon SW, Kaye AD, Lockhart LL, Beretvas SN. Effects of linguistic complexity and accommodations on estimates of ability for students with learning disabilities. *J Sch Psychol* 2012;50:293-316.
72. Bullimore MA, Gilmartin B. Tonic accommodation, cognitive demand, and ciliary muscle innervation. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:45-50.
73. Kruger PB. Changes in fundus reflex luminance with increased cognitive processing. *Am J Optom Physiol Opt* 1977;54:445-51.
74. Davies LN, Wolffsohn JS, Gilmartin B. Cognition, ocular accommodation, and cardiovascular function in emmetropes and late-onset myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1791-6
75. Elliott DB. *Clinical procedures in primary eye care*. Edinburgh: Butterworth Heinemann; 2003.
76. del Pilar Cacho M, Garcia-Munoz A, Garcia-Bernabeu JR, Lopez A. Comparison between MEM and Nott dynamic retinoscopy. *Optom Vis Sci* 1999;76:650-5.
77. Garcia A, Cacho P. MEM and Nott dynamic retinoscopy in patients with disorders of vergence and accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 2002;22:214-20.
78. Anderson HA, Glasser A, Manny RE, Stuebing KK. Age-Related Changes in Accommodative Dynamics from Preschool to Adulthood. *Investigative ophthalmology & visual science* 2010;51:614-22.

79. Anderson HA, Glasser A, Stuebing KK, Manny RE. Minus Lens Stimulated Accommodative Lag as a Function of Age. *Optom Vis Sci* 2009;86:685-94.
80. Chen AH, O'Leary DJ. Are there age differences in the accommodative response curve between 3 and 14 years of age? *Ophthalmic Physiol Opt* 2002;22:119-25.
81. Tarczy-Hornoch K. Accommodative lag and refractive error in infants and toddlers. *J AAPOS* 2012;16:112-7.
82. Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, Held R. Myopic children show insufficient accommodative response to blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34:690-4.
83. Millodot M. The effect of refractive error on the accommodative response gradient: a summary and update. *Ophthalmic Physiol Opt* 2015;35:607-12.
84. Wick B, Yothers TL, Jiang B-C, Morse SE. Clinical testing of accommodative facility: Part 1. A critical appraisal of the literature. *Optometry* 2002;73:11-23.
85. Zellers JA, Alpert TL, Rouse MW. A review of the literature and a normative study of accommodative facility. *J Am Optom Assoc* 1984;55:31-7.
86. Scheiman M, Herzberg H, Frantz K, Margolies M. Normative study of accommodative facility in elementary schoolchildren. *Am J Optom Physiol Opt* 1988;65:127-34.
87. Wick B, Gall R, Yothers T. Clinical testing of accommodative facility: part III. Masked assessment of the relation between visual symptoms and binocular test results in school children and adults. *Optometry* 2002;73:173-81.
88. Siderov J, Diguglielmo L. Binocular accommodative facility in prepresbyopic adults and its relation to symptoms. *Optom Vis Sci* 1991;68:49-53.
89. Hennessey D, Iosue RA, Rouse MW. Relation of symptoms to accommodative infacility of school-aged children. *Am J Optom Physiol Opt* 1984;61:177-83.
90. Jimenez R, Gonzalez MD, Perez MA, Garcia JA. Evolution of accommodative function and development of ocular movements in children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2003;23:97-107.
91. Pandian A, Sankaridurg PR, Naduvilath T, et al. Accommodative facility in eyes with and without myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:4725-31.
92. Garcia A, Cacho P, Lara F, Megias R. The relation between accommodative facility and general binocular dysfunction. *Ophthalmic Physiol Opt* 2000;20:98-104.
93. Allen PM, Charman WN, Radhakrishnan H. Changes in dynamics of accommodation after accommodative facility training in myopes and emmetropes. *Vision Res* 2010;50:947-55.
94. AOA. *Optometric Clinical Practice Guidelines: Care of the Patient with Accommodative and Vergence Dysfunction*. St. Louis: American Optometric Association; 1998.
95. Antona B. *Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2010.
96. Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, Grzybowski A. Cycloplegic refraction is the gold standard for epidemiological studies. *Acta Ophthalmol* 2015;n/a-n/a.
97. Walker JPS. Myopia and Pseudo-myopia. *Br J Ophthalmol* 1946;30:735-42.
98. Ozdemir O, Tunay ZO, Petricli IS, Acar DE, Erol MK. Comparison of non-cycloplegic photorefractometry, cycloplegic photorefractometry and cycloplegic retinoscopy in children. *Int J Ophthalmol Clin Res* 2015;8:128-31.

99. Hiraoka T, Miyata K, Nakamura Y, et al. Influences of Cycloplegia with Topical Atropine on Ocular Higher-Order Aberrations. *Ophthalmol* 2013;120:8-13.
100. Hussaindeen JR, Ramani KK. Comparison of Cycloplegic refraction between Retinoscopy, Closed field and Open field autorefractometry in Pseudomyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(15):5706
101. Jeong, Woo-Jae; Kang, Ji-Hun; Jeon, In-Chul. Difference between Manifest Refraction (MR) and Cycloplegic Refraction (CR) with Age and Myopic Value. *J Korean Ophthalmic Opt Soc* 2013;18:86-91.
102. Chen J, Xie AL, Hou LJ, Su YF, Lu F, Thorn F. Cycloplegic and Noncycloplegic Refractions of Chinese Neonatal Infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:2456-61.
103. Chan OYC, Edwards M. Comparison of cycloplegic and noncycloplegic retinoscopy in chinese preschool-children. *Optom Vis Sci* 1994;71:312-8.
104. Young FA, Leary GA, Baldwin WR, et al. Comparison of cycloplegic and non-cycloplegic refractions of Eskimos *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 1971;48:814–825.
105. Duke-Elder S. *The practice of refraction.* 5th ed. St. Louis: Mosby; 1949.
106. CAM R.A.M. / Reacciones Adversas a Medicamentos/V21/Nº 1.Alteraciones de la refracción y de la acomodación por medicamentos.Notificaciones en niños y adolescentes. Boletín informativo del centro de farmacovigilancia de la comunidad de Madrid 2014
107. Cooper JS BC, Cotter SA, Daum KM, Griffin JR, ScheimanMM. *Care of the patient with accommodative and vergence dysfunction.* St. Louis: American Optometric Association; 2006.
108. Daum KM. Accommodative dysfunction *Doc Ophthalmol* 1983;55:177-98.
109. Hokoda SC. General binocular dysfunctions in an urban optometry clinic. *J Am Optom Assoc* 1985;56:560-2.
110. Cacho P, García Á, Lara F, Seguí, Mamar. Diagnostic Signs of Accommodative Insufficiency. *Optom Vis Sci* 2002;79:614-20.
111. Borsting E, Rouse MW, Deland PN, et al. Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry* 2003;74:25-34.
112. Marran LF, De Land PN, Nguyen AL. Accommodative Insufficiency Is the Primary Source of Symptoms in Children Diagnosed With Convergence Insufficiency. *Optom Vis Sci* 2006;83:281-9
113. Sterner B, Gellerstedt M, Sjöström A. Accommodation and the relationship to subjective symptoms with near work for young school children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006;26:148-55.
114. Dwyer. The prevalence of vergence accommodation disorders in a school-age population. *Clin Exp Optom* 1992;75:10-8.
115. Rouse MW, Borsting E, Hyman L, et al. Frequency of Convergence Insufficiency Among Fifth and Sixth Graders. *Optom Vis Sci* 1999;76:643-9.
116. Abdi S, Rydberg A, Pansell T, Brautaset R. Evaluation of accommodative Insufficiency with the Visual Analogue Scale (VAS). *Strabismus* 2006;14.
117. Lara F, Cacho P, García Á, Megías R. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21:70-4.
118. Scheiman M, Gallaway M, Coulter R, et al. Prevalence of vision and ocular disease conditions in a clinical pediatric population. *J Am Optom Assoc* 1996;67:193-202.

119. García Á, Cacho P, Lara F. Evaluating Relative Accommodations in General Binocular Dysfunctions. *Optom Vis Sci* 2002;79:779-87.
120. Porcar E, Martinez-Palomera A. Prevalence of General Binocular Dysfunctions in a Population of University Students. *Optom Vis Sci* 1997;74:111-3.
121. Shin HS, Park SC, Park CM. Relationship between accommodative and vergence dysfunctions and academic achievement for primary school children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29:615-24.
122. García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cantó-Cerdán M, Cacho-Martínez P. Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clin Exp Optom*. 2016 Jul;99(4):313-21
123. Montes-Mico R. Prevalence of general dysfunctions in binocular vision. *Ann Ophthalmol* 2001;33:205-8.
124. Hoseini-Yazdi SH, Yekta A, Nouri H, Heravian J, Ostadimoghaddam H, Khabazkhoob M. Frequency of convergence and accommodative disorders in a clinical population of Mashhad, Iran. *Strabismus* 2015;23:22-9.
125. Wajuihian SO, Hansraj R. Accommodative anomalies in a sample of black high school students in South Africa. *Ophthalmic Epidemiol* 2016:1-8.
126. Sterner B. Ocular Accommodation. Studies of amplitude, insufficiency, and facility training in young school children. Sweden: Göteborg University; 2004.
127. Abdi S, Rydberg A. Asthenopia in schoolchildren, orthoptic and ophthalmological findings and treatment. *Doc Ophthalmol* 2005;111:65-72.
128. Gwiazda J, Bauer J, Thorn F, Held R. A dynamic relationship between myopia and blur-driven accommodation in school-aged children. *Vision Res* 1995;35:1299-304.
129. Rosenfield M, Desai R, Portello JK. Do progressing myopes show reduced accommodative responses? *Optom Vis Sci* 2002;79:268-73.
130. Goldstein JH, Schneekloth BB. Spasm of the near reflex: a spectrum of anomalies. *Surv Ophthalmol* 1996;40:269-78.
131. Chan RV, Trobe JD. Spasm of accommodation associated with closed head trauma. *J Neuroophthalmol* 2002;22:15-7.
132. Dagi LR, Chrousos GA, Cogan DC. Spasm of the near reflex associated with organic disease. *Am J Ophthalmol* 1987;103:582-5.
133. Kawasaki A, Borruat FX. Spasm of accommodation in a patient with increased intracranial pressure and pineal cyst. *Klin Monbl Augenheilkd* 2005;222:241-3.
134. Monteiro ML, Curi AL, Pereira A, Chamon W, Leite CC. Persistent accommodative spasm after severe head trauma. *Br J Ophthalmol* 2003;87:243-4.
135. Rutstein RP, Daum KM, Amos JF. Accommodative spasm: a study of 17 cases. *J Am Optom Assoc* 1988;59:527-38.
136. Ghosh A, Padhy SK, Gupta G, Goyal MK. Functional convergence spasm. *Indian J Psychol Med* 2014;36:332-4
137. Sukhija J, Dogra M, Zadeng T, Ram J. Functional spasm of accommodation: Changes on scheimpflug imaging. *Oman J Ophthalmol*. 2014 Sep-Dec; 7(3): 150–152

138. Laria C, Merino-Suaez ML, Pinero DP, Gomez-Hurtado A, Perez-Cambrodi RJ. Botulinum Toxin as an Alternative to Treat the Spasm of the Near Reflex. *Seminars in Ophthalmology* 2015;30:393-6.
139. Merino P, Rojas P, Gomez de Liano P, Franco Iglesias G. Spasm of the near reflex. Treatment with botulinum toxin. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2015;90:244-6.
140. Alio JL, Radner W, Plaza-Puche AB, et al. Design of short Spanish sentences for measuring reading performance: Radner-Vissum test. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:638-42.
141. Ansons AM, Davis H. *Ocular Deviation. Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons; 2013:97-120
142. Carlson NB KD. *Clinical Procedures for Ocular Examination*. Third Edition ed: Europe; McGraw-Hill Education; 2003.
143. Stidwill D, Fletcher R, Stidwill D, Fletcher R. Measurement of Binocular Motor and Sensory Status, in *Normal Binocular Vision*. West Sussex, UK : John Wiley & Sons,2010:196-217
144. Ngan J, Goss DA, Despirito J. Comparison of fixation disparity curve parameters obtained with the Wesson and Saladin fixation disparity cards. *Optom Vis Sci*. United States 2005:69-74.
145. Gardner JS PB, Stergachis A. Automated Databases in Pharmacoepidemiological Studies A.G. Hartzema, M.S. Porta, H.H. Tilson (Eds.), *Pharmacoepidemiology* (3rd ed.), Harvey Whitney Books Company, Cincinate (1998), pp. 368-388
146. Abdul SS, Ahmed LA, Sudhir RR, Scholl J, Li Y-C, Liou D-M. Comparison of documentation time between an electronic and a paper-based record system by optometrists at an eye hospital in south India: A time-motion study. *Comput Methods Programs Biomed* 2010;100:283-8.
147. Silvey GM, Lobach DF, Macri JM, Hunt M, Kacmaz RO, Lee PP. Overcoming obstacles to collecting narrative data from eye care professionals at the point-of-care. *AMIA Annual Symposium proceedings / AMIA Symposium*; 2005 2005. p. 1116.
148. Chadha V. Sample size determination in health studies. *NTI bulletin* 2006;42:55-62.
149. Breiman L, Friedman J, Stone CJ, Olshen RA. *Classification and Regression Trees*. Wadsworth, Belmont, CA, 1984. Since 1993 this book has been published by Chapman & Hall, New York.
150. Garcia-Munoz A, Carbonell-Bonete S, Cacho-Martinez P. Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies. *J Optom* 2014;7:178-92.
151. Sheedy JE, Hayes JN, Engle J. Is all asthenopia the same? *Optom Vis Sci* 2003;80:732-9.
152. Wahlberg M, Abdi S, Brautaset R. Treatment of Accommodative Insufficiency with Plus Lens Reading Addition: is +1.00 D Better than +2.00 D? *Strabismus* 2010;18:67-71.
153. Chase C, Tosha C, Borsting E, Ridder WH, 3rd. Visual discomfort and objective measures of static accommodation. *Optom Vis Sci* 2009;86:883-9.
154. Abdi S, Brautaset R, Rydberg A, Pansell T. The influence of accommodative insufficiency on reading. *Clin Exp Optom* 2007;90:36-43.
155. Russell GE, Wick B. A prospective study of treatment of accommodative insufficiency. *Optom Vis Sci* 1993;70:131-5.
156. Chrousos GA, O'Neill JF, Lueth BD, Parks MM. Accommodation deficiency in healthy young individuals. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1988;25:176-9.
157. Rutstein RP. Accommodative spasm in siblings: a unique finding. *Indian J Ophthalmol* 2010;58:326-7.

158. Vaughn W, Maples WC, Hoenes R. The association between vision quality of life and academics as measured by the College of Optometrists in Vision Development Quality of Life questionnaire. *Optometry* 2006;77:116-23.
159. Borsting E, Chase CH, Ridder WH, 3rd. Measuring visual discomfort in college students. *Optom Vis Sci* 2007;84:745-51.
160. Borsting E, Chase C, Tosha C, Ridder WH, 3rd. Longitudinal study of visual discomfort symptoms in college students. *Optom Vis Sci* 2008;85:992-8.
161. Cooper J, Feldman J. Reduction of symptoms in binocular anomalies using computerized home therapy—HTS™. *Optometry* 2009;80:481-6.
162. Rouse M, Borsting E, Mitchell GL, et al. Validity of the Convergence Insufficiency Symptom Survey: A Confirmatory Study. *Optom Vis Sci* 2009;86:357-63.
163. Conlon EG, Lovegrove WJ, Chekaluk E, Pattison PE. Measuring Visual Discomfort. *Vis Cogn* 1999;6:637-63.
164. Gonzalez-Perez M, Susi R, Antona B, Barrio A, Gonzalez E. The Computer-Vision Symptom Scale (CVSS17): Development and Initial Validation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55:4504-11.
165. Abraham L, Kuriakose T, Sivanandam V, Venkatesan N, Thomas R, Muliylil J. Amplitude of Accommodation and its Relation to Refractive Errors. *Indian J Ophthalmol* 2005;53:105-8.
166. Maheshwari R, Sukul RR, Gupta Y, et al. Accommodation: its relation to refractive errors, amblyopia and biometric parameters. *NEPJOPH* 2011;3:146-50.
167. Gawron VJ. Differences among myopes, emmetropes, and hyperopes. *Am J Optom Physiol Opt* 1981;58:753-60.
168. Shultz L. Variations in refractive change induced by cyclogyl upon children with differing degrees of ametropia. *Am J Optom Physiol Opt* 1975;52:482-4.
169. Kanda H, Kobayashi M, Mihashi T, Morimoto T, Nishida K, Fujikado T. Serial measurements of accommodation by open-field Hartmann–Shack wavefront aberrometer in eyes with accommodative spasm. *Jpn J Ophthalmol* 2012;56:617-23.
170. Sheard C. Ocular accommodation. Hartford, Conn.: Dept. Education, American Optometric Association; 1920.
171. Charman WN. The eye in focus: accommodation and presbyopia. *Clin Exp Optom* 2008;91:207-25.
172. Kasthurirangan S, Glasser A. Age related changes in accommodative dynamics in humans. *Vision Res* 2006;46:1507-19.
173. Atchison DA. Accommodation and presbyopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 1995;15:255-72.
174. Siderov J, DiGuglielmo L. Binocular accommodative facility in prepresbyopic adults and its relation to symptoms. *Optom Vis Sci* 1991;68:49-53.
175. Graham PA. Epidemiology of strabismus. *Br J Ophthalmol* 1974;58:224-31.
176. Nordloew W. Squint—the frequency of onset of different ages and the incidence of some defects in a Swedish population. *Acta Ophthalmol* 1964;42:1015-37.
177. Garvey KA, Dobson V, Messer DH, Miller JM, Harvey EM. Prevalence of strabismus among preschool, kindergarten, and first-grade Tohono O'odham children. *Optometry* 2010;81:194-9.

178. Yu CB, Fan DS, Wong VW, Wong CY, Lam DS. Changing patterns of strabismus: a decade of experience in Hong Kong. *Br J Ophthalmol* 2002;86:854-6.
179. Freier BE, Pickwell LD. Physiological exophoria. *Ophthalmic Physiol Opt* 1983;3:267-72.
180. Macdonald JG. Spasm of accommodation. *Trans Ophthalmol Soc Aust* 1947;1
181. Hanley JA. Receiver operating characteristic (ROC) methodology - The state of the art. *Crit Rev Diagn Imaging* 1989;29:307-35.
182. Reibnegger G, Weiss G, Werner-Felmayer G, Judmaier G, Wachter H. Neural networks as a tool for utilizing laboratory information: comparison with linear discriminant analysis and with classification and regression trees. *Proc Natl Acad Sci USA* 1991;88:11426-30.
183. Lemon S, Roy J, Clark M, Friedmann P, Rakowski W. Classification and regression tree analysis in public health: Methodological review and comparison with logistic regression. *Ann Behav Med* 2003;26:172-81.
184. Adams ST, Leveson SH. Clinical prediction rules. *BMJ*. 2012 Jan 16;344.