



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## Flexibilidad acomodativa con autorrefractómetro de campo abierto

Autor/es

**David Fernández-Lomana Fernández**

Director/es

**Sara Perchés Barrena**  
**Laura Remón Martín**

Facultad de Ciencias – Universidad de Zaragoza  
Grado en Óptica y Optometría  
Curso académico 2016-2017

# Resumen

Para realizar una correcta evaluación del sistema acomodativo es necesario estudiar sus diferentes parámetros que determinan la capacidad del ojo de mantener la imagen nítida de objetos a diferentes distancias y la capacidad de cambiar este enfoque de forma brusca. Estos parámetros como son: la amplitud de acomodación, la flexibilidad acomodativa y la respuesta acomodativa. Se pueden evaluar mediante métodos objetivos y subjetivos.

En este trabajo se ha utilizado el autorrefractómetro Grand Seiko WAM-5500 para valorar la flexibilidad acomodativa a diferentes distancias (cerca y lejos) y con distintos objetos (línea de optotipos y cruz de Malta). Las medidas han sido realizadas en 21 pacientes anteponiendo lentes en un ojo y observando la respuesta acomodativa del ojo contralateral. Se han realizado dos experimentos distintos. Los resultados obtenidos demuestran que existe un lag acomodativo o retardo acomodativo, siendo éste mayor en visión cercana que en lejana. No se han encontrado diferencias claras entre los diferentes objetos utilizados.

Se concluye que el autorrefractómetro Grand Seiko WAM-5500 permite una medida de la flexibilidad de acomodación en diferentes condiciones de medida, siendo un método fiable de medida.

# Índice

<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.1 ESTIMULACIÓN DE LA ACOMODACIÓN.....	5
1.2 MÉTODOS PARA MEDIR LA ACOMODACIÓN.....	6
1.2.1 <i>Métodos subjetivos</i> .....	6
1.2.2 <i>Métodos objetivos</i> .....	7
<b>2 HIPÓTESIS Y OBJETIVO .....</b>	<b>8</b>
<b>3 MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
3.1 SUJETOS.....	8
3.2 MONTAJE EXPERIMENTAL .....	8
3.3 PROTOCOLO DE MEDIDA .....	10
Experimento 1. Flexibilidad acomodativa subjetiva.....	11
Experimento 2. Flexibilidad acomodativa objetiva.....	11
3.4. ANÁLISIS DE DATOS .....	11
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
4.1 MEDIDA DE LA REFRACCIÓN OBJETIVA: .....	12
4.2 MEDIDA DE LA AMPLITUD ACOMODATIVA MEDIANTE DONDERS. ....	12
4.3 MEDIDA DE LA FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA .....	13
4.3.1 <i>Experimento 1. Flexibilidad acomodativa SUBJETIVA.</i> ....	13
4.3.2 <i>Experimento 2. Flexibilidad acomodativa objetiva.</i> .....	15
<b>5 DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>6 CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>7 PERSPECTIVAS DE FUTURO.....</b>	<b>23</b>
<b>8 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>24</b>
<b>9 ANEXOS .....</b>	<b>26</b>
9.1 ANEXO I: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	26
9.2 ANEXO II: HOJA DE RECOGIDA DE DATOS.....	28

# 1 Introducción

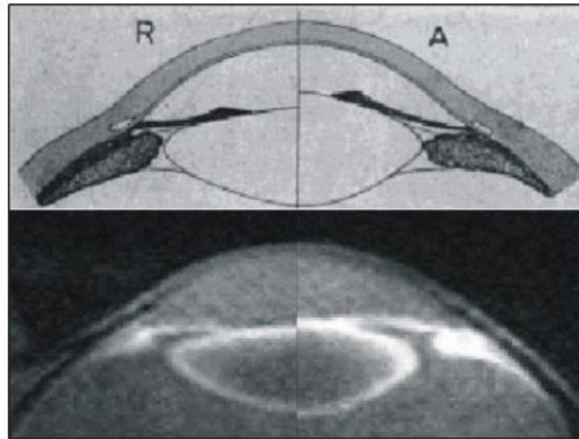
La mayoría de nuestros conocimientos sobre la acomodación proceden principalmente de Hemholtz, Gullstrand<sup>1</sup> y Fincham<sup>2</sup>. Sabemos que la acomodación es un cambio óptico dinámico de la potencia del ojo que nos permite modificar el punto de enfoque respecto a objetos lejanos y cercanos para crear una imagen clara de los mismos. Este aumento es debido a que el cristalino, con un índice refractivo de 1,385 en la proximidad de los polos y de 1,406 en el centro del núcleo, incrementa sus curvaturas anterior y posterior y el espesor del mismo, gracias a la contracción del músculo ciliar<sup>3</sup>.

En la figura 1 se muestra el proceso de la acomodación, en la cual intervienen diferentes estructuras del ojo humano como son el cuerpo ciliar, el músculo ciliar, la coroides, las fibras zonulares anteriores y posteriores y el cristalino. En estado de reposo, mirando a una distancia lejana (ojo emétrope), el músculo ciliar está relajado, las fibras de la zónula ejercen tensión con fuerza en dirección externa sobre el cristalino a través de su cápsula, dándole una forma aplanada y sin acomodación. La acomodación del cristalino para enfocar un objeto cercano, se produce cuando el músculo ciliar se contrae, lo que provoca la relajación de la zónula y permite la contracción elástica de la cápsula del cristalino, la reducción de su diámetro en el ecuador, el aumento de su grosor axial y la reducción de los radios de curvatura anterior y posterior. El conjunto de estas modificaciones en el proceso de la acomodación se traduce en un aumento de la potencia óptica del cristalino<sup>3</sup>.

Cuando cesa el esfuerzo de acomodación, el músculo ciliar retorna a su configuración previa debido a la elasticidad de fibras zonulares posteriores y coroideas. Con la edad debido a la pérdida de distensibilidad de la unión posterior del músculo ciliar y el endurecimiento del cristalino se reduce la capacidad acomodativa, es lo que se conoce como presbicia que aparece sobre los 40 años<sup>3</sup>.

La corteza de asociación visual se encarga de determinar si la imagen está fuera del punto de enfoque y envía señales correctoras a los núcleos supraoculares los cuales generan señales bilateralmente al complejo oculomotor para dar lugar a los procesos acomodativos, produciéndose así una respuesta consensual en ambos ojos<sup>4</sup>.

Estudios han comprobado que el ojo contralateral no acomoda igualmente que el fijador, acomodando el contralateral un promedio de 0,1/0,2D menos. Sin embargo, esta diferencia no es muy elevada, pudiendo servirnos de utilidad a la hora de realizar estudios científicos<sup>5</sup>.



**Figura 1.** Dibujo de Helmholtz en la parte superior e imagen de resonancia magnética en la parte inferior, a la izquierda se muestra el ojo relajado, y a la derecha acomodado.<sup>3</sup>

### 1.1 Estimulación de la acomodación

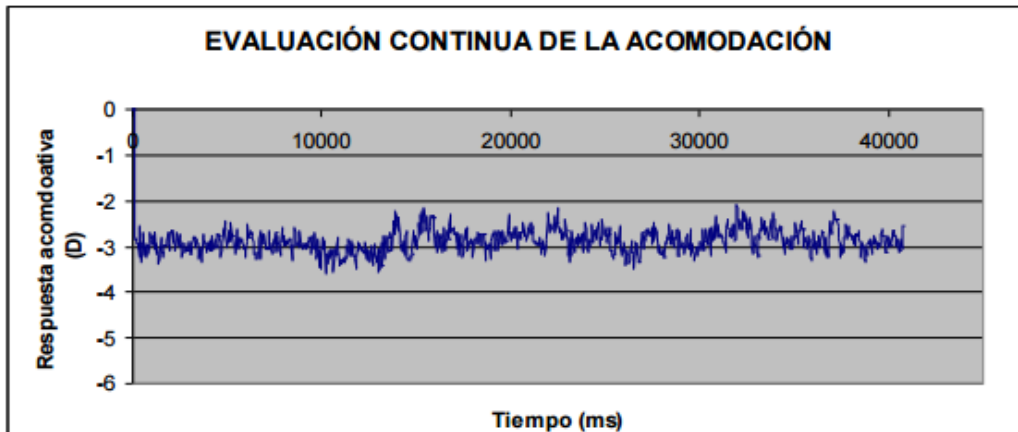
El acto de la acomodación da lugar a 3 respuestas fisiológicas: la pupila se contrae, los ojos muestran una convergencia y una respuesta acomodativa que tiene como fin que la visión de cerca sea clara y nítida. El conjunto de estas tres respuestas se denomina: triada al punto próximo.

La acomodación puede estimularse por varios métodos. Campbell<sup>6</sup> estudió que la acomodación se produce como respuesta a estímulos borrosos. Si se hipermetropiza uno de los dos ojos con una lente negativa se podrá observar que ambos ojos acomodan para contrarrestar el desenfoque, si se incrementa la convergencia mediante prisma base externa o reduciendo la distancia objeto se da lugar a una constricción pupilar, convergencia y también una acomodación de ambos ojos. La aberración cromática es otro factor a tener en cuenta ya que el cristalino desvía los rayos de luz azules, por lo que los rojos quedan un poco más atrás. La acomodación también se puede inducir mediante fármacos los cuales estimulan el músculo ciliar<sup>3</sup>.

La acomodación tiene cuatro componentes básicos, acomodación refleja, vergencial, proximal y tónica. La acomodación refleja es la que se produce como ajuste involuntario de la potencia ocular a un desenfoque. La vergencial se debe a la relación neurológica entre acomodación y convergencia. La acomodación proximal es aquella que se da debido a la proximidad real o aparente de un objeto y la acomodación tónica se da cuando no hay estímulo visual, es decir, en reposo los ojos presentan una cierta acomodación residual de aproximadamente entre 1,00 y 2,50D<sup>7</sup>.

La respuesta acomodativa no es exacta, normalmente conlleva una hiperacomodación en visión lejana mientras que en visión próxima normalmente una hipoacomodación la cual se debe a que gracias a la profundidad de foco el ojo es capaz de ver nítidamente sin emplear toda la acomodación. Se ha demostrado que la respuesta acomodativa no permanece constante cuando observamos un estímulo fijo, sino que se producen

microfluctuaciones<sup>5</sup>. Las microfluctuaciones son variaciones en la acomodación de unas 0,25D aproximadamente que se producen con una frecuencia de alrededor de 5 ciclos/segundo, estas microfluctuaciones ayudan a determinar la dirección de la respuesta acomodativa ante una imagen desenfocada<sup>7</sup>. Existe un aumento significativo en la magnitud de las microfluctuaciones cuando se aumenta el nivel de respuesta acomodativa<sup>5</sup>. En la Figura 2 se observa la respuesta acomodativa a lo largo del tiempo, donde se pueden observar las microfluctuaciones para un estímulo fijo<sup>8</sup>.



*Figura 2. Gráfica que muestra las fluctuaciones al observar un estímulo fijo.<sup>8</sup>*

## 1.2 Métodos para medir la acomodación

Para realizar una correcta evaluación del sistema acomodativo es necesario estudiar sus diferentes parámetros que determinan la capacidad del ojo de mantener la imagen nítida de objetos a diferentes distancias y la capacidad de cambiar este enfoque de forma brusca. Estos parámetros como son: la amplitud de acomodación, la flexibilidad acomodativa y la respuesta acomodativa. Se puede evaluar mediante métodos objetivos, en los cuales no se requiere la colaboración del paciente, siendo utilizados más comúnmente en trabajos de investigación, o subjetivos, en los que sí se requiere la respuesta del paciente, siendo estos últimos los más usados habitualmente en clínicas aunque generalmente imprecisos y tienden a sobreestimar los verdaderos resultados<sup>3</sup>.

### 1.2.1 Métodos subjetivos

Los métodos más usados para medir la **amplitud acomodativa** de manera subjetiva son los métodos de Donders y Sheard. El método de Donders (véase figura 3 izquierda) consiste en acercar lentamente un objeto de fijación hasta que el sujeto perciba borrosidad (Push up) y viceversa, empezar con el objeto muy cerca y alejarlo lentamente hasta que lo perciba nítido (Push down). Las principales desventajas son la variación del tamaño relativo del

objeto y la profundidad de foco debido a que se produce una contracción pupilar y se reducen los círculos de difusión.

El método de Sheard (véase figura 3 derecha) consiste en que fijando un objeto cercano a 40cm anteponer lentes negativas en pasos de 0,25D hasta que el sujeto perciba borrosidad y se suma posteriormente -2,50D debido a la distancia de trabajo, las desventajas que presenta esta prueba es que en este caso se disminuye el tamaño angular debido al efecto de las lentes, para solucionar esto Scheiman y Wick proponen que el test se realice a 33cm pero que la adición en lugar de ser las 3,00D que corresponde sigan siendo 2,50D<sup>9</sup>.



**Figura 3.** Dibujo representativo que muestra el método de Donders (izquierda) y el de Sheard (derecha).<sup>10</sup>

La **flexibilidad acomodativa** subjetivamente se realizará tomando medidas durante un minuto y contando el número de fijaciones que es capaz de realizar en este tiempo, para ello se antepondrán lentes delante del sujeto el cual nos indicará cuando perciba nitidez, esta prueba se puede realizar de manera monocular o binocular. Para visión lejana usaremos una lente negativa y para visión próxima una negativa y otra positiva alternadamente.

### **1.2.2 Métodos objetivos**

Con los métodos objetivos se puede la respuesta acomodativa mediante una retinoscopia dinámica, la cual es una variante de la retinoscopia convencional en la que el test de fijación está situado en visión próxima. También existe la retinoscopia infrarroja en la cual se ilumina el ojo del paciente y una cámara registra la imagen, si el ojo está enfocado en el plano de la cámara no se observará luz en la pupila ya que el reflejo retiniano forma imagen en la fuente luminosa y no llega al sensor de la cámara<sup>10</sup>.

Como método objetivo la toma de medidas mediante autorrefractómetro de campo abierto es la más usada en investigación, este tipo de autorrefractómetro nos permite una estimulación de la acomodación más natural, examinar el ojo contralateral, medir la acomodación a diferentes distancias y con diferentes estímulos y realizar toma de medidas bien de manera estática o dinámica. Existen distintos tipos de autorrefractómetros de campo abierto pero con características similares, en este caso emplearemos el Grand Seiko WAM-5500.<sup>10</sup>

## 2 Hipótesis y objetivo

### **HIPÓTESIS**

El autorrefractómetro de campo abierto Grand Seiko WAM-5500 es un instrumento que nos permite medir la acomodación frente a diferentes estímulos o distancias de forma dinámica. Dada esta característica de especial interés para la práctica clínica creemos que es posible medir la flexibilidad acomodativa de un paciente a través de los cambios de acomodación que se producen al voltear un flipper y que reflejará el módulo del instrumento.

### **OBJETIVO**

Para validar la hipótesis planteada en este estudio se estableció como objetivo principal evaluar el estado acomodativo en sujetos jóvenes con un autorrefractómetro de campo abierto WAM-5500 para diferentes condiciones: distintas distancias (4m y 40cm) y tipos de objetos (línea de letras y cruz de malta). Se realizaron medidas de flexibilidad acomodativa para las distintas distancias y objetos con el instrumento de manera subjetiva y de manera objetiva anteponiendo lentes en un ojo y observando la respuesta acomodativa del ojo contralateral.

## 3 Métodos

### **3.1 Sujetos**

Se evaluaron un total de 21 pacientes jóvenes, con edades comprendidas entre los 18 y los 24 años [promedio,  $21,23 \pm 1,48$  años]. Todos los sujetos incluidos en el estudio eran emétopes ( $\pm 0,50$  D esféricas;  $\pm 0,50$  D cilíndricas) o corregidos con lentes de contacto, con visión binocular y una agudeza visual decimal superior a 0.80. Los criterios de exclusión fueron: cualquier patología ocular, ser mayor de 40 años, ambliopía, antecedentes de cirugía refractiva o agudeza visual menor a 20/20 con la mejor refracción. Durante la realización de las medidas los sujetos amétopes debían ir corregidos con su corrección habitual en lentes de contacto exclusivamente, en ningún caso se permitirá el uso de gafas durante el proceso. Todos los sujetos fueron informados previamente de las pruebas a realizar y firmaron un consentimiento informado (véase anexo 1).

### **3.2 Montaje experimental**

Para la realización de las medidas se utilizó el autorrefractómetro de campo abierto Grand Seiko WAM-5500 (véase Figura 4) que permite la colocación de tarjetas externas, con el fin de poder evaluar la refracción a diferentes distancias y examinar el ojo contralateral, lo cual es muy útil en estudios de acomodación.

El estado refractivo se obtiene mediante el análisis automático de la imagen de un anillo de luz infrarroja reflejada desde la retina. La prescripción se calcula a partir del análisis




digital de la imagen del anillo en todos los meridianos. Los rangos de medida del error refractivo son  $\pm 22$  D de esfera y  $\pm 10$  D de cilindro en incrementos de 0,01, 0,12 o 0,25 D para la potencia y 1 grado para el eje cilíndrico. Los rangos de medida para el radio corneal central van de 5,0 mm a 10,0 mm, en pasos de 0,01 mm y 33,75 D a 67,50 D de poder refractivo.



**Figura 4.** Autorrefractómetro WAM-5500.

Las medidas de flexibilidad acomodativa se realizaron en visión lejana (4 m) y cercana (40 cm) y se utilizaron dos tipos de objetos diferentes, la cruz de Malta y una línea de optotipos de AV 0,5 (véase figura 5). Los objetos se imprimieron en papel. Se utilizó un flipper de lentes -2,00D/ 0,00D para lejos y de -2,00D/ +2,00D para la toma de medidas en visión cercana. En la figura 6 se muestra el montaje modificado utilizado.

Para la toma de medidas se utiliza el módulo HI-SPEED que incorpora el autorrefractómetro (véase la figura 7) que permite tomar medidas refractivas y del diámetro pupilar en intervalos cortos (cada 0,20s). En nuestro caso el tiempo de medida fue de 1 min.

CRUZ de MALTA	LÍNEA DE OPTOTIPOS
	<b>B P T E S</b>

**Figura 5.** Objetos utilizados para la medida de la flexibilidad acomodativa.



**Figura 6.** Montaje con pantalla oclusora y flipper.

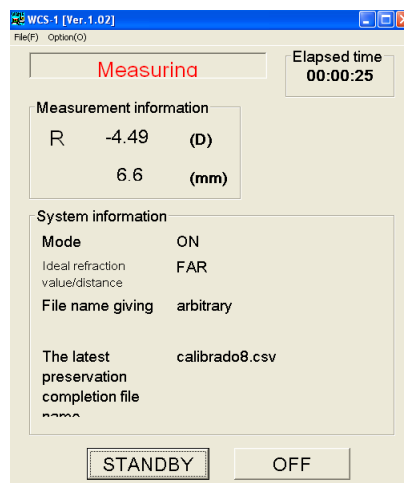


Figura 7. Módulo hi-speed.

### 3.3 Protocolo de medida

Las medidas del experimento se realizaron en los gabinetes de optometría de la Facultad de Ciencias (Universidad de Zaragoza) en las mismas condiciones de iluminación (fotópica) para no influir en el diámetro pupilar ni en la acomodación y fueron realizadas por el mismo examinador (DFLF). La duración máxima de las medidas para cada sujeto fue de aproximadamente 30-40 minutos hora para evitar el cansancio y la fatiga. Las medidas fueron realizadas monocularmente en el mismo ojo de cada sujeto (OI).

Para todos los sujetos se sigue el mismo procedimiento y orden de las pruebas. En el anexo 2 se muestra la ficha optométrica utilizada. Se realizaron las siguientes pruebas:

- 1) Anamnesis previa para descartar sujetos que presenten algún criterio de exclusión.
- 2) Medida de la refracción objetiva con el autorrefractómetro de campo abierto. Se realizaron tres medidas de cada ojo del paciente
- 3) Medida de la amplitud de acomodación subjetiva con el método de Donders. Se realizó monocularmente en el OI del paciente, que es el que posteriormente se evaluará con el autorefractómetro. Se determinó el push up y el push down. Estos dos procedimientos se realizan 3 veces y se saca una media y desviación estándar (DE).
- 4) Medida de la flexibilidad acomodativa con el autorrefractómetro Grand Seiko WAM-5500 utilizando el módulo HI-SPEED (véase apartado anterior). Las medidas se realizaron en un intervalo de tiempo de 1 min en visión lejana (4 m) y cercana (40 cm) para ambos objetos (véase figura 5). Se ha procedido a ocluir el OI mediante una pantalla blanca luminosa colocada delante del autorrefractómetro, así el sujeto se ve forzado fijar la vista únicamente con el OD, mientras que la toma de medidas se realiza en el OI ya que existe una acomodación bilateral.

Para la medida de la flexibilidad acomodativa se llevaron a cabo dos experimentos, los cuales se describen a continuación:

### **Experimento 1. Flexibilidad acomodativa subjetiva**

Se empieza realizando el experimento en visión lejana con el flipper de -2,00D/ 0,00D y con la línea de optotipos, en este experimento se pide al paciente que nos indique, mediante un ligero movimiento de mano (para evitar cualquier movimiento ocular), cuando ve nítido el objeto tras los cambios de lentes. Se toman las medidas mediante el autorrefractómetro durante un minuto y se apunta en una hoja el número de ciclos por minuto (cpm) que nos ha indicado de manera subjetiva el sujeto.

Este experimento se repitió para los dos objetos (Figura 5) y para las dos distancias evaluadas (6m y 40cm). En el caso de la distancia de 40cm se empleó un flipper de -2,00D/ +2,00D.

### **Experimento 2. Flexibilidad acomodativa objetiva**

El protocolo seguido para este experimento es igual que el anterior a excepción de que esta vez en lugar de indicarnos de manera subjetiva cuando se perciba nitidez en el objeto seremos nosotros quienes cada 10seg realizaremos cambios de lentes, de -2,00D/ 0,00D para lejos y de -2,00D/ +2,00D para cerca. Igualmente se tomarán las medidas durante 1min para lejos y para cerca con ambos objetos (línea de optotipos y cruz de malta).

### **3.4. Análisis de datos**

Tanto los valores de refracción como los de amplitud y flexibilidad acomodativa se recogen en una hoja de recogida de datos en Excel en los cuales se calcula la media y la desviación estándar para comprobar la validez de estos. Posteriormente compararemos los resultados para comprobar la eficacia de realizar la flexibilidad acomodativa de manera objetiva y subjetivamente para todas las distancias evaluadas.

Para el análisis de los resultados de la refracción objetiva, las componentes de esfera (E), cilindro (C) y eje ( $\alpha$ ) se convierten notación vectorial  $M$ ,  $J_0$  y  $J_{45}$  mediante las siguientes expresiones:

$$M = S + \frac{C}{2}$$
$$J_0 = -\frac{C}{2} \cos(2\alpha)$$
$$J_{45} = -\frac{C}{2} \sin(2\alpha)$$

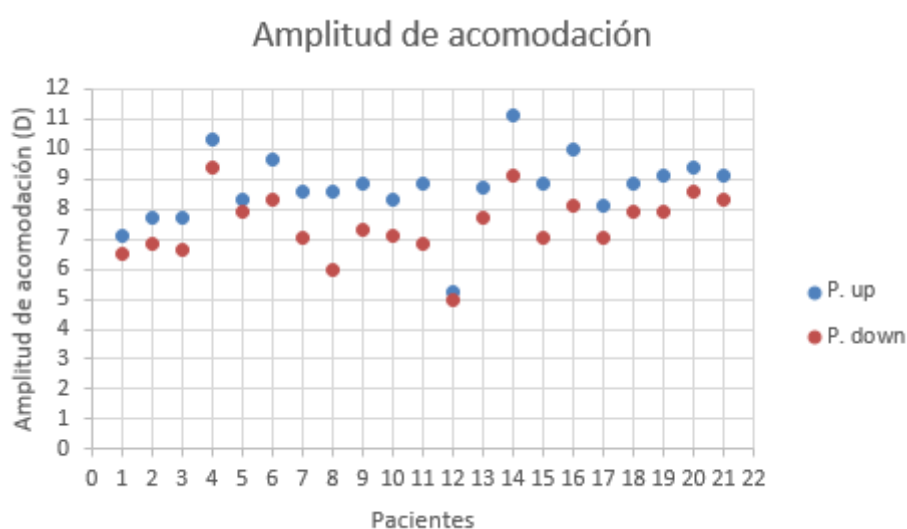
# RESULTADOS

## 4.1 Medida de la refracción objetiva:

Tras la conversión a la notación vectorial de la refracción obtenida objetivamente se obtuvo unos valores medios para los 21 pacientes evaluados para la componente M de  $0,00 \pm 0,00$  D, para la componente  $J_0$  de  $0,001254 \pm 1,663365$  D y para la componente  $J_{45}$  de  $0,00 \pm 0,00$  D. Lo que demuestra que la muestra evaluada es emétrepe o va bien corregida con lentes de contacto.

## 4.2 Medida de la amplitud acomodativa mediante Donders.

La toma de medidas de la amplitud acomodativa (AA) mediante el método de Donders se llevó a cabo el OI de todos los pacientes, recogiendo los datos de Push up (acercamiento) y Push down (alejamiento). La Figura 8 muestra los valores obtenidos de AA por acercamiento (azul) y alejamiento (rojo) de cada uno de los pacientes. El valor medio de Push Up fue de  $8,68 \pm 1,17$  D y el valor medio de Push down  $7,45 \pm 1,00$  D. Se observa que para todos ellos, el valor del Push up es mayor que el del Push down como era de esperar y que los resultados son similares a los de otros estudios para ese rango de edad<sup>16</sup>.



**Figura 8.** Valores de amplitud de acomodación (AA) de cada paciente. Valor de Push up (azul) y Push down (rojo).

### 4.3 Medida de la flexibilidad acomodativa

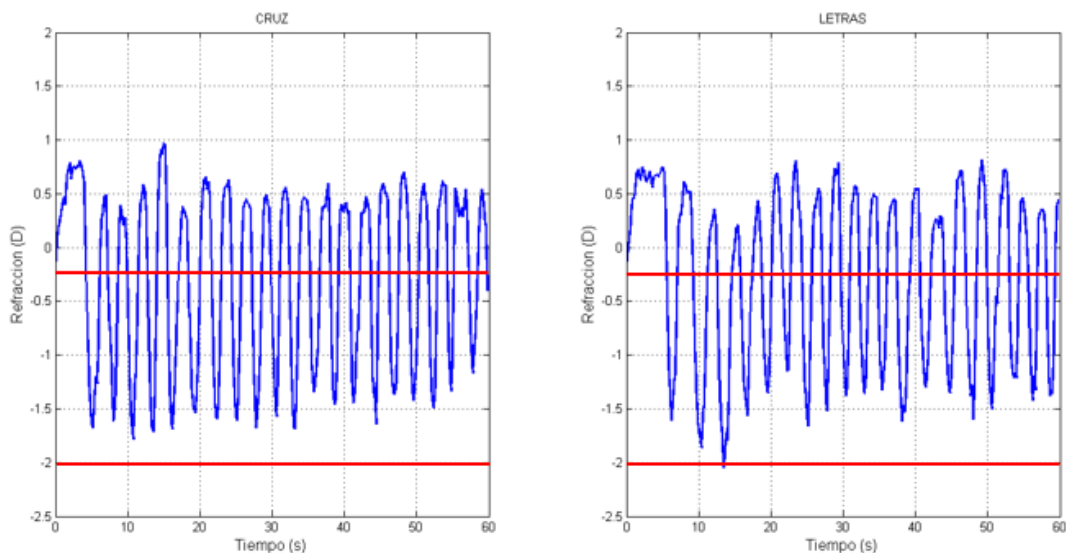
Como se ha comentado en la metodología para la medida de la flexibilidad acomodativa se han llevado a cabo dos experimentos: flexibilidad acomodativa de manera subjetiva (experimento 1) y flexibilidad acomodativa objetiva (experimento 2) para distintas distancias (4m y 40cm) y con diferentes optotipos (línea de letras y cruz de malta).

#### 4.3.1 Experimento 1. Flexibilidad acomodativa SUBJETIVA.

##### Visión Lejana (4 metros): -2.00/0.00D

La Figura 9 muestra los valores de refracción medidos con el autorrefractómetro en visión lejana (4 metros) para un paciente con los dos estímulos utilizados (línea de letras y cruz de malta). En esta figura se muestran los cambios acomodativos que se producen al anteponer la lente de -2,00D (para estimular la acomodación) y la lente neutra (para relajarla) con los diferentes objetos de fijación a una distancia de 4 metros. Las líneas rojas indican la respuesta acomodativa esperada con cada una de las lentes antepuestas: -2,00D (lente de -2,00D con objeto a 4 m) y 0,00D (lente neutra con objeto a 4 m). Se puede observar que, para este paciente, la respuesta acomodativa medida es en torno a 0,50D menor a la esperada, independientemente del objeto utilizado.

En general, se observa que la demanda acomodativa es menor de lo esperado con una media refractiva entre los distintos pacientes de  $-0,78 \pm 0,62D$  para el optotipo cruz de malta y de  $-0,54 \pm 0,67D$  para la línea de letras.

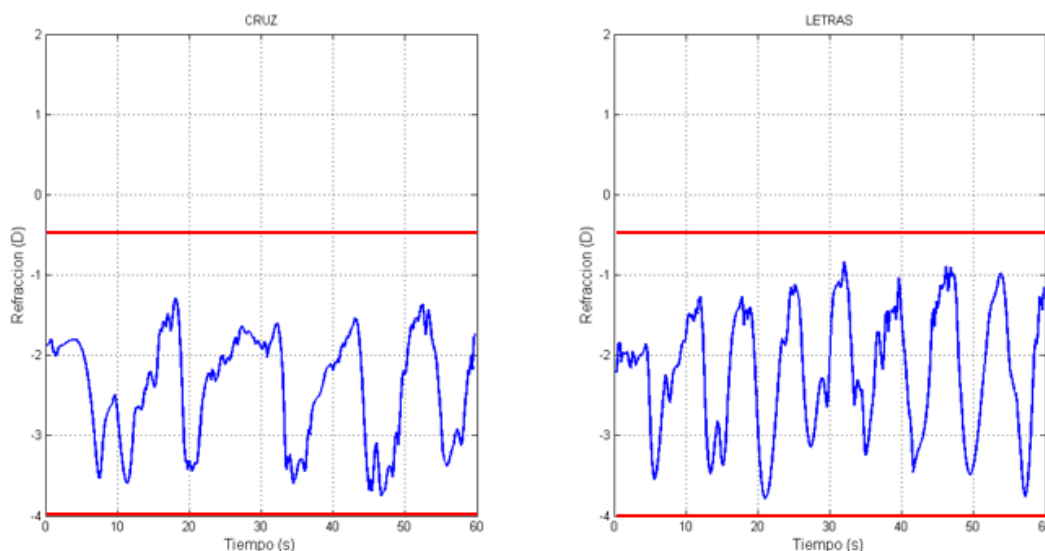


**Figura 9.** Cambios acomodativos -2,00/0,00D con los dos objetos (cruz y línea de letras) a una distancia de 4m. La línea roja indica la respuesta acomodativa esperada con cada lente.

También comprobamos los valores de los ciclos por minuto (cpm) tomados de manera subjetiva. Para el estímulo de la cruz de malta el valor medio de los ciclos medidos fue de  $15,88 \pm 4,78$  cpm, mientras que para el optotipo de letras fue de  $14,44 \pm 3,71$  cpm.

### **Visión Cercana (40 cm): -2,00/+2,00D.**

La Figura 10 muestra los valores de refracción medidos con el autorrefractómetro en visión cercana (40 cm) para un paciente con los dos estímulos utilizados (línea de letras y cruz de malta). En estas figuras se muestran los cambios acomodativos que se producen al anteponer las lentes de -2,00D (para estimular la acomodación) y de +2,00D (para relajarla) con los dos objetos de fijación a una distancia cercana de 40cm. Las líneas rojas indican la respuesta acomodativa esperada con cada una de las lentes antepuestas: -4,50D (lente de -2,00D con objeto a 40 cm) y -0,50D (lente de +2,00D con objeto a 40 cm). Se observa que, para este paciente, la respuesta acomodativa medida es en torno a 1,00D menor a la esperada, independientemente del objeto utilizado. En general, se observa que la demanda acomodativa es menor de lo esperado con una media refractiva entre los distintos pacientes de  $-1,64 \pm 0,92$ D para la cruz de malta y de  $-1,54 \pm 0,83$ D para la línea de letras.



**Figura 10.** Cambios acomodativos -2,00/+2,00D con los dos objetos (cruz y línea de letras) a una distancia de 40cm. Las líneas rojas indican la respuesta acomodativa esperada con cada una de las lentes.

También comprobamos los valores de los ciclos por minuto (cpm) tomados de manera subjetiva. Para el estímulo de la cruz de malta el valor medio de los ciclos medidos fue de  $7,2 \pm 2,28$  cpm, mientras que para el optotipo de letras fue de  $9,2 \pm 2,16$  cpm.

### 4.3.2 Experimento 2. Flexibilidad acomodativa objetiva.

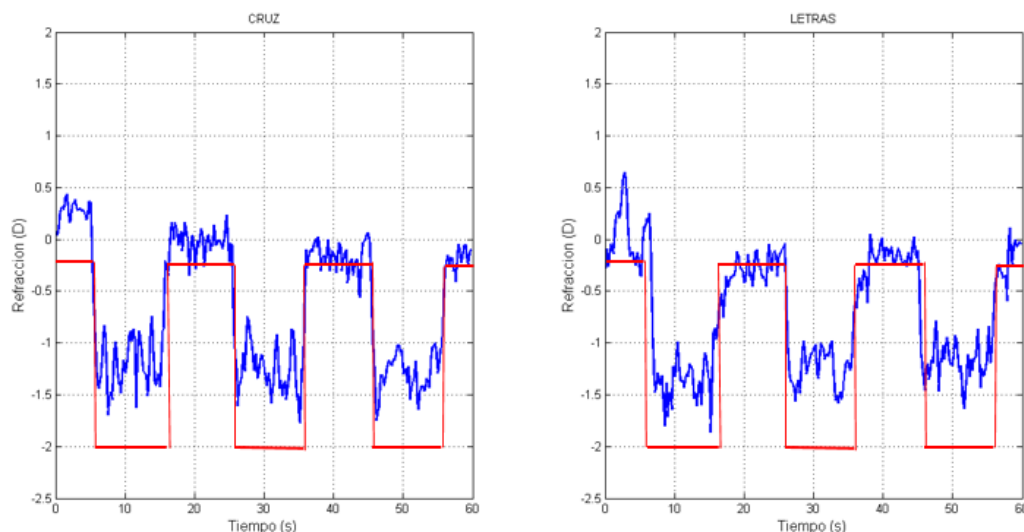
#### Visión Lejana (4 metros): -2,00D/0,00D

La Figura 11 muestra los valores de refracción medidos con el autorrefractómetro en visión lejana (4 m) para un paciente con los dos estímulos utilizados (línea de letras y cruz de malta), en este caso, evaluamos la respuesta acomodativa que nos da el paciente de manera objetiva realizando cambios de acomodación con un flipper de -2,00D / 0,00D cada 10 segundos.

De la misma forma que en el experimento 1, en estas figuras se muestran los cambios acomodativos que se producen al anteponer la lente de -2,00D para estimular la acomodación y una lente neutra para relajarla con los dos objetos de fijación. En este caso, las líneas rojas indica la respuesta acomodativa esperada con cada una de las lentes antepuestas: -2,00D (lente de -2,00D con objeto a 4 m) y 0.00D (lente neutra con objeto a 4 m) con los volteos cada 10 segundos. Se comenzó en todos los casos a los 5 segundos.

Se observa que, para este paciente, la respuesta acomodativa medida es en torno a 0,50D menor a la esperada, independientemente del objeto utilizado.

En general, se observa que la demanda acomodativa es menor de lo esperado con una media entre los distintos pacientes de  $-0,73 \pm 0,62D$  para la cruz de malta y de  $-0,58 \pm 0,78D$  para la línea de letras



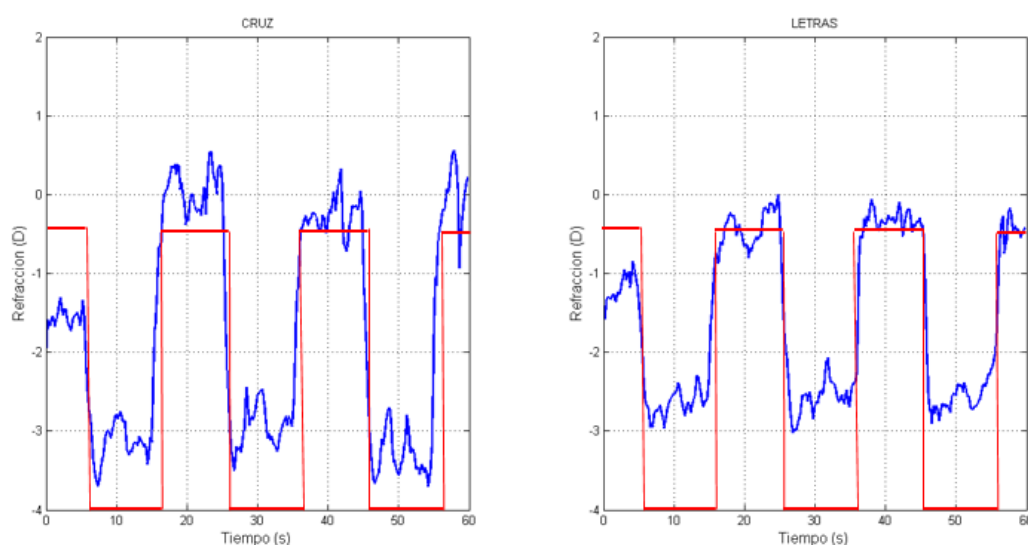
**Figura 11.** Cambios acomodativos -2,00/0,00D con los dos objetos (cruz y línea de letras) a una distancia de 4m. La línea roja indica la respuesta acomodativa esperada con cada una de las lentes y con los cambios de lente cada 10 segundos.

## Visión Cercana (40 cm): -2,00/+2,00D

La Figura 12 muestra los valores de refracción medidos con el autorrefractómetro en visión cercana (40 cm) para un paciente con los dos estímulos utilizados (línea de letras y cruz de malta), en este caso, evaluamos la respuesta acomodativa que nos da el paciente de manera objetiva realizando cambios de acomodación con un flipper de -2,00D / +2,00D cada 10 segundos. En las diferentes gráficas de se muestran los cambios acomodativos que se producen al anteponer la lente de -2,00D para estimular la acomodación y una lente de +2,00D para relajarla con los dos objetos de fijación. En este caso, las líneas rojas indica la respuesta acomodativa esperada con cada una de las lentes antepuestas: -4,50D (lente de -2,00D con objeto a 40 cm) y -0,50D (lente neutra con objeto a 40 cm) con los volteos cada 10 segundos. Se comenzó en todos los casos a los 5 segundos.

Se observa que, para este paciente, la respuesta acomodativa medida es en torno a 1,00D menor a la esperada, independientemente del objeto utilizado.

En general, observamos que la demanda acomodativa es menor de lo esperado con una media entre los distintos pacientes de  $-1,87 \pm 0,89D$  para la cruz de malta y de  $-2,08 \pm 0,60D$  para la línea de letras.



**Figura 12.** Cambios acomodativos -2,00/+2,00D con los dos objetos (cruz y línea de letras) a una distancia de 40cm. La línea roja indica la respuesta acomodativa esperada (4,50D D).

En los diferentes experimentos realizados se puede observar que siempre existe un pequeño lag o retraso acomodativo. Podemos apreciar que este lag acomodativo aumenta cuando aumenta la demanda acomodativa, ya que en estos casos para visión lejana es tan solo de +0,50D mientras que, en visión cercana, donde se requiere mayor demanda acomodativa, es de +1,00D aproximadamente. Esto se debe a que gracias a

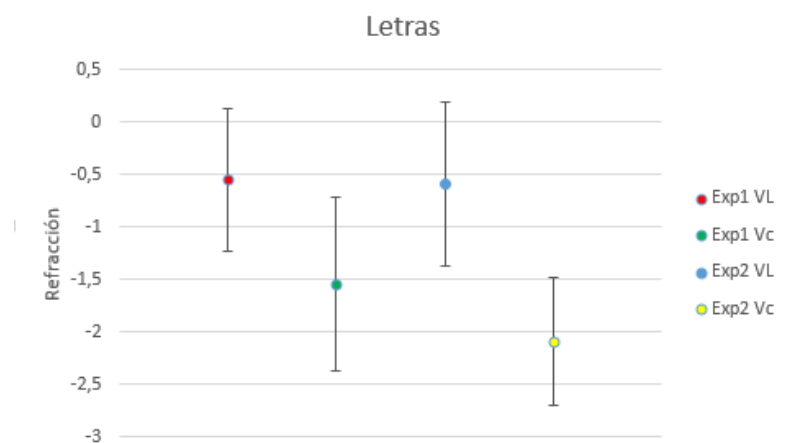


la profundidad de foco el ojo es capaz de ver nítidamente sin acomodar todo lo que requiere el estímulo acomodativo.

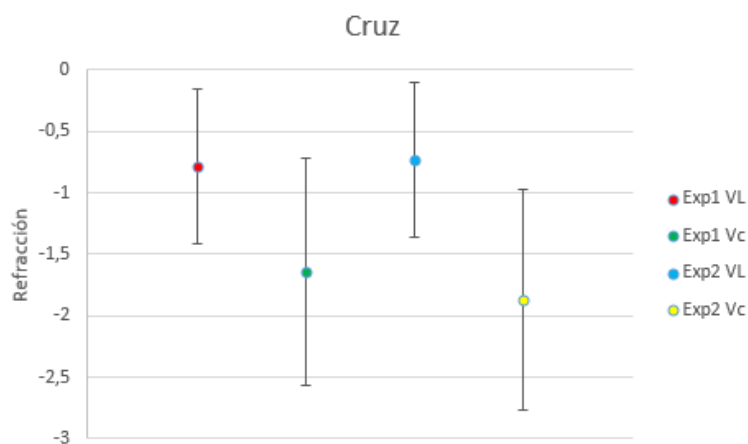
Entre los distintos optotipos (cruz de malta y línea de letras) no existen prácticamente diferencias en el lag acomodativo producido. Se pueden apreciar también en las diferentes gráficas las microfluctuaciones que se producen de manera automática para intentar enfocar con nitidez el objeto de fijación.

Para analizar los resultados de forma global y que resulte más sencilla su comprensión procedemos a continuación a mostrar las gráficas de ambos experimentos juntos diferenciadas por el objeto de fijación.

En las Figuras 13 y 14 observamos el valor medio de refracción ( $\pm$  desviación estándar (DE)) obtenido para todos los pacientes para cada uno de los experimentos y distancias para cada uno de los objetos de fijación: línea de letras (Figura 13) y cruz de malta (Figura 14). En la Tabla 1 se muestran los valores representados en las figuras anteriores para cada experimento, distancia y objetos.



**Figura 13.** Media del poder refractivo y desviación estándar de los diferentes experimentos (Exp1, objetivo y Exp2, subjetivo) a diferentes distancias, VL (4m) y VP 40cm) con el optotipo línea de letras.



**Figura 14.** Media del poder refractivo y desviación estándar de los diferentes experimentos (Exp1, objetivo y Exp2, subjetivo) a diferentes distancias, VL (4m) y VP 40cm) con el optotipo cruz de malta.

**Tabla 1.** Promedio y desviación estándar (DE) de cada Experimento, distancia y optotipo empleado.

	CRUZ		LETRAS	
	MEDIA (D)	DE (D)	MEDIA (D)	DE (D)
<b>Exp1 VL</b>	-0,78	0,62	-0,54	0,67
<b>Exp1 VC</b>	-1,64	0,92	-1,54	0,83
<b>Exp2 VL</b>	-0,73	0,62	-0,58	0,78
<b>Exp2 VC</b>	-1,87	0,89	-2,08	0,60

Tanto en las gráficas como en la tabla se ve que para visión lejana (VL) el poder refractivo es muy similar en ambos experimentos, pero que en visión próxima (VP) existe una diferencia más considerable sobre todo para el optotipo de la línea de letras. Podemos observar también que la media refractiva es ligeramente menor en el optotipo de letras, exceptuando para el experimento 2 en visión cercana.

## 5 DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el estado acomodativo a través de la evaluación de la flexibilidad acomodativa en sujetos jóvenes con el autorrefractómetro de campo abierto WAM-5500 para diferentes condiciones. Se evaluaron un total de 21 sujetos jóvenes (promedio:  $21,23 \pm 1,48$  años) a los que se realizaron medidas de flexibilidad acomodativa para distintas distancias (4m y 40cm) y tipos de objetos (línea de letras y cruz de malta) de manera subjetiva (experimento 1) y de manera objetiva (experimento 2).

Como se ha comentado en la introducción, para una correcta evaluación del funcionamiento del sistema acomodativo es necesario estudiar la amplitud de acomodación, la flexibilidad acomodativa y la respuesta acomodativa. En este estudio nos centraremos sobre todo en la medida de la flexibilidad acomodativa, capacidad del sistema acomodativa de realizar determinados saltos de acomodación empleando lentes a diferentes distancias. En la práctica clínica este parámetro se mide habitualmente de manera subjetiva presentando ciertas limitaciones como por ejemplo poder controlar lo que está viendo el paciente. Las medidas objetivas son escasas en para este tipo de evaluación. Sin embargo, el desarrollo de nueva instrumentación está haciendo que el uso de técnicas objetivas sea cada vez más fiable en el ámbito clínico para la evaluación de la acomodación.<sup>11</sup>

El instrumento empleado en este trabajo es el autorrefractómetro Grand Seiko WAM - 5500 el cual nos permite, además de conocer la refracción objetiva de un

sujeto<sup>24</sup>, realizar estudios de acomodación a diferentes distancias y diferentes optotipos<sup>15</sup> y estudiar el ojo contralateral de manera objetiva, tomar medidas dinámicas de la refracción de un sujeto durante un tiempo determinado con el objetivo de valorar la acomodación gracias al módulo HI-SPEED con el que cuenta el instrumento.

Existen diferentes estudios <sup>9, 22, 23</sup> en los que se ha demostrado su repetibilidad y su reproducibilidad, tanto para medir el estado refractivo como para medir la acomodación de manera estática y dinámica.

Para el estudio la flexibilidad acomodativa se ha llevado a cabo dos experimentos diferentes.

En el primero, se ha analizado la respuesta a la flexibilidad acomodativa de manera subjetiva, ya que era el paciente quien nos indicaba cuando percibía el objeto con nitidez a diferentes distancias (4m y 40cm) y con diferentes optotipos (línea de letras y cruz de malta). La toma de medidas se realizaba durante 1 minuto. El objetivo de este experimento era evaluar la capacidad del sistema visual de realizar cambios bruscos acomodativos anteponiendo lentes que modifiquen la demanda acomodativa manteniendo el estímulo de fijación inmóvil. En las Figuras 9 y 10 se muestran los resultados obtenidos para un sujeto. Los resultados obtenidos para el resto de sujetos del estudio fueron similares.

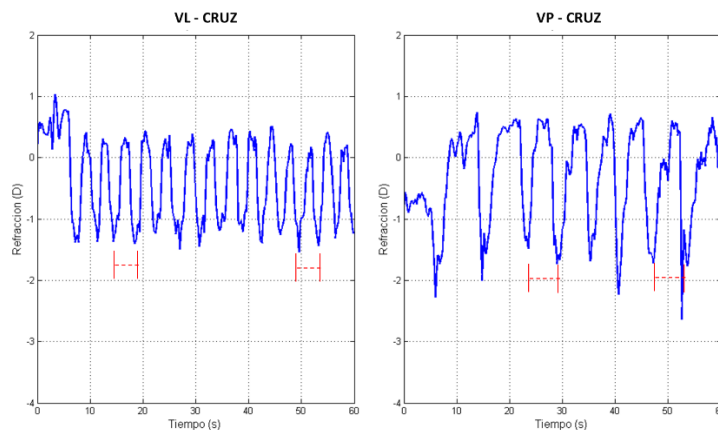
Los ciclos por minuto (cpm) realizados por estos pacientes nos dan una media en visión lejana (4 m) de  $15,88 \pm 4,78$  cpm para la cruz de malta y de  $14,44 \pm 3,71$  cpm para la línea de letras, mientras que en visión próxima (40 cm) es de  $7,2 \pm 2,28$  para cruz de malta y de  $9,2 \pm 2,16$  para la línea de letras.

Las diferencias encontradas entre objetos de fijación son mayores en visión próxima sin llegar a ser significativas para ninguna de las dos distancias. Esto concuerda con otros estudios realizados en los cuales tampoco hay una diferencia notable entre línea de letras y cruz de malta en sujetos de un rango de edad similar al estudiado<sup>15</sup>.

En la literatura encontramos poco acuerdo respecto a lo que se considera como valor normal ya que varía entre publicaciones al emplear diferentes muestras de edad. Los resultados obtenidos en este estudio se corresponden con los valores normales de otros estudios de flexibilidad acomodativa <sup>13, 14</sup>, aunque estos trabajos realizaron el estudio con pacientes de un rango de edad menor, Scheiman M. y Wick B. en “tratamiento clínico de la visión binocular” establecieron como valores normales de flexibilidad acomodativa monocular para adultos (13-30 años) un valor de  $11\text{cpm} \pm 5\text{cpm}$ .

Durante la realización de la medida subjetiva también se ha podido observar que la respuesta a los volteos no variaba de forma significativa con el tiempo como podía esperarse comprobando que, en nuestros pacientes jóvenes, la fatiga no influye en el

resultado. El espaciado entre los volteos se mantenía uniforme a lo largo de los 60 segundos que duraba la prueba como podemos observar en la Figura 15. Sin embargo otros estudios realizados con pacientes de mayor edad, demuestran que se produce fatiga visual y se incrementa el tiempo entre ciclos<sup>25, 26</sup>.



**Figura 15.** Cambios acomodativos  $-2,00/0,00D$  (VL) y  $-2,00/+2,00D$  (VP) con la cruz y. La línea roja indica que el intervalo de duración de un volteo se mantiene en el tiempo.

En el segundo, se ha analizado la respuesta a la flexibilidad acomodativa de manera objetiva, en este se realizaban volteos de lentes cada 10 segundos comenzando a los 5 segundos durante 1 minuto, igualmente se ha realizado la toma de medidas a diferentes distancias, visión lejana (4m) y visión próxima (40cm) para diferentes optotipos (cruz de malta y línea de letras). El objetivo fue evaluar la capacidad del sistema acomodativo de realizar cambios bruscos de acomodación y de permanecer en un estado durante un determinado tiempo (10 s). En las figuras 11 y 12 se muestran los resultados obtenidos para las dos distancias evaluadas y los distintos objetos considerados para un sujeto en concreto. Para el resto de sujetos se obtuvieron resultados similares.

Mediante el método de medida objetivo no se observaron diferencias entre el tiempo de repuesta al estimular o al relajar la acomodación, el cambio es muy rápido en todos los sujetos evaluados. Este hecho es debido a que los pacientes son sujetos jóvenes sin ningún tipo de patología o problema acomodativo, otros estudios<sup>21</sup> han demostrado que en sujetos miopes la relajación de la acomodación se produce de manera más lenta que en pacientes emétopes.

El poder realizar una toma de medida de la flexibilidad acomodativa de manera objetiva nos ofrece un gran abanico de posibilidades como realizar la prueba en casos en los que exista un problema de comunicación con el paciente o comprobar los resultados en los casos de que el paciente intente falsear los resultados.

Es importante señalar que el sistema acomodativo no es del todo estable. Cuando el ojo se encuentra en estado de reposo, la acomodación presenta una frecuencia variable, pequeñas oscilaciones en la amplitud (0,10D-0,50D) llamadas microfluctuaciones<sup>6, 27</sup>. Estas pequeñas variaciones en la acomodación se pueden observar especialmente en las medidas obtenidas durante el experimento 2, donde se mantenía la acomodación durante periodos de 10 segundos.

Además de la flexibilidad acomodativa, este estudio nos ha permitido también estudiar la respuesta acomodativa de los pacientes.

La respuesta acomodativa se define como la diferencia en dioptrías entre la respuesta acomodativa y la potencia dióptrica del estímulo y cuando la respuesta acomodativa es menor que la potencia del estímulo acomodativo se llama *lag acomodativo*. Los resultados de este trabajo muestran que existe un retraso acomodativo o lag en los dos experimentos realizados, tanto en visión lejana (véase graficas 9 y 11) como en visión cercana (figuras 10 y 12). Podemos apreciar que este lag acomodativo aumenta con la demanda acomodativa, con valores de +0,50D para visión lejana y de +1,00D aproximadamente para visión próxima (véase línea roja en las figuras), donde se requiere mayor demanda acomodativa.

Los valores obtenidos de lag acomodativo de cumplen para ambos experimentos y se corresponden con otros estudios donde, a diferencia de nuestro estudio, usan un objeto desenfocado<sup>20</sup> o además de demostrar la existencia de un lag acomodativo comprueban que este es mayor al medir de manera monocular que si se mide binocularmente<sup>18</sup>, aspecto que se cumple en nuestro estudio donde la flexibilidad acomodativa se ha medido de forma monocular.

## 6 Conclusiones

El Gran Seiko WAM-5500 parece ser una herramienta precisa y muy útil para la cuantificación de la acomodación. Proporciona resultados fiables, además existen estudios clínicos que así lo demuestran. Permite una medida objetiva y un registro continuo de los cambios y fluctuaciones que se producen en la acomodación durante un intervalo de tiempo. Además, permite la utilización de utilizar distintos optotipos, distintas distancias y permite examinar el ojo contralateral.

Para la muestra estudiada no se observa una diferencia clara entre los diferentes objetos utilizados (línea de letras y cruz de malta). En todos los sujetos hemos obtenido valores de lag acomodativos siendo estos similares en los dos experimentos realizados (objetivo y subjetivo), pero existiendo diferencia dependiendo la distancia objeto, los valores aproximadamente son de 0,50D para visión lejana y de 1,00D para visión cercana, lo cual es un retardo acomodativo normal en un paciente joven al ser positivo como se ha podido comprobar en otros estudios similares.<sup>15</sup>

A pesar de que no existen diferencias cualitativas entre el retardo acomodativo producido en el experimento 1 (subjetivo) y el experimento 2 (objetivo) sí que a la hora de realizar los experimentos había mayor problema a la hora de obtener unos resultados fiables en el experimento 1 que en el experimento 2. Al observar que el lag acomodativo es similar de manera subjetiva que objetiva podemos afirmar que con el autorrefractómetro se pueden obtener resultados fiables de la flexibilidad acomodativa, pero con el inconveniente de la mayor dificultad al realizar la toma de medidas.

## 7 Perspectivas de futuro

En futuros trabajos sobre este tema sería recomendable aumentar el número de sujetos examinados realizando estudios que abarquen diferentes edades y con alguna patología (síndrome de Down, esclerosis múltiple...) para conocer la respuesta de su sistema acomodativo a cambios bruscos de acomodación.

A pesar de que el aparato utilizado permite la medida del tamaño pupilar durante la acomodación, en este estudio no se ha tenido en cuenta. Este parámetro que podría incluirse en trabajos posteriores.

## 8 Bibliografía

- 1 Hemholtz von HH. Handbuch der Physiologischen Optik, New York, 1909, Dover. (Translated by JPC Southall, 1962).
- 2 Glasser A, Kauffman P. Acomodación y Presbicia en Kaufman P, Alm A. Adler Fisiología del Ojo. Madrid: Elsevier; 2004:197-231.
- 3 Pastor FP. Restauración de la acomodación tras la cirugía de cataratas: lentes intraoculares acomodativas. Universitat de Valencia. Tesis doctoral. 2008
- 4 Ocular Motor System (Section 3, Chapter 7) Neuroscience Online: An Electronic Textbook for the Neurosciences | Department of Neurobiology and Anatomy - The University of Texas Medical School at Houston [Internet]. [cited 2017 Mar 09].
- 5 Veerendranath P, Donovan L, Taneja M, Naduvilath TJ, Garrett Q, Delgado S, et al. Measurement of Consensual Accommodation in Vision-impaired Eyes. *Optom Vis Sci*. 2014 Jul;91(7):752–9.
- 6 Campbell FW, Westheimer G. Dynamics of accommodation responses of the human eye. *The Journal of Physiology*. 1960;151(2):285–95.
- 7 Furlan W, Monreal JG, Escrivá LM. Fundamentos de optometría: refracción ocular. Universitat de València; 2000.
- 8 Martín Prieto S, Pacheco Cutillas M, Borràs García MR. Caracterización de las microfluctuaciones de la respuesta acomodativa en miopes. 2011.
- 9 León Alvarez A. Validación de una técnica objetiva para determinar la amplitud de acomodación. instname:Universidad de La Salle. 2012 Mar 13.
- 10 Arevalo MA. Medida de la respuesta acomodativa con un sistema de doble paso: aplicación al estudio de la acomodación en función de la edad. Universitat Politècnica de Catalunya; 2012
- 11 Rosa BG M, Joan GP, Carlos OP, Juan. Visión binocular. Diagnóstico y tratamiento. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica; 2004.
- 12 Pujol J, Ondategui-Parra JC, Badiella L, Otero C, Vilaseca M, Aldaba M. Spherical subjective refraction with a novel 3D virtual reality based system. *Journal of Optometry*. 2017 Jan;10(1):43–51.
- 13 Zellers JA, Alpert TL, Rouse MW. A review of the literature and a normative study of accommodative facility. *J Am Optom Assoc* 1984;1984.
- 14 Antona Peñalba B. Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular [info:eu-repo/semantics/doctoralThesis]. [Madrid]: Universidad Complutense de Madrid
- 15 Marqués Hernández E. Evaluación de la respuesta acomodativa en función del desenfoque. Universidad de zaragoza; 2016
- 16 Momeni-Moghaddam H, Kundart J, Askarizadeh F. Comparing measurement techniques of accommodative amplitudes. *Indian J Ophthalmol*. 2014 Jun;62(6):683–7.
- 17 Thibos, LN.; Wheeler, W; Horner, D. *Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error*. *Optometry & Vision Science* (1997); 74.6: 367-375. [PubMed]



- 18 Re M, Di C, Mm S, Je G, Sa C, Df E, et al. Accommodative lag by autorefraction and two dynamic retinoscopy methods: Correction of Myopia Evaluation Trial 2 Study Group\* for the Pediatric Eye Disease Investigator Group. *Optom Vis Sci.* 2009 Mar;86, 86(3, 3):233, 233–43.
- 19 Davies L, Mallen EAH, Wolffsohn J, Gilmartin B. Clinical evaluation of the Shin-Nippon NVision-K 5001/Grand Seiko WR-5100K autorefractor. 2003.
- 20 Vera-Diaz FA, Gwiazda J, Thorn F, Held R. Increased accommodation following adaptation to image blur in myopes. *Journal of Vision.* 2004 Dec 1;4(12):10–10.
- 21 Seguí Reurer N. Efficient autofocus method for sequential automatic capturing of high-magnification microscopic images [TFM]. Universitat Politècnica de Catalunya; Junio 2012.
- 22 Sheppard AL, Davies LN. Clinical evaluation of the Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM-5500. *Ophthalmic and Physiological Optics.* 2010 Mar 1;30(2):143–51.
- 23 Dm W-H, J H, A G. Static and dynamic accommodation measured using the WAM-5500 Autorefractor. *Optom Vis Sci.* 2010 Nov;87, 87(11, 11):873–82.
- 24 DAVIES L.N, MALLEEN E.H, WOLFFSOHN J.S, GILMARTIN B, BSc, PhD, Clinical Evaluation of the Shin-Nippon NVision-K 5001/Grand Seiko WR-5100K Autorefractor. *OPTOMETRY AND VISION SCIENCE.* 1040-5488/03/8004-0320/0 VOL. 80, NO. 4, PP. 320–324
- 25 Sanchez Ramos C. Estudio de los estados de refracción visual en jóvenes universitarios y su relación con el uso de ordenador [doctoralThesis]. [Madrid] Junio 1994: Universidad Complutense de Madrid
- 26 G. Heron, W.N. Charman. Accommodation as a function of age and the linearity of the response dynamics. *Vision Sciences Department, Glasgow Caledonian University. Vision Research* 44 (2004) 3119–3130
- 27 F.W. CAMPBELL, J.G. ROBSON, G. WESTHEIMER. FLUCTUATIONS OF ACCOMMODATION UNDER STEADY VIEWING CONDITIONS. 1959, *JOURNAL OF PHYSIOLOGY*, 145, pp 579–594

## 9 Anexos

### 9.1 Anexo I: Consentimiento informado.

#### Consentimiento informado

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, con DNI \_\_\_\_\_ expreso mi consentimiento para participar de este estudio.

Manifiesta que ha sido informado sobre la naturaleza de las pruebas a las que se somete y ha entendido lo referente a su participación en la medida de flexibilidad acomodativa, estando advertido de los siguientes aspectos:

1. Estas medidas forman parte de una investigación para la realización de un trabajo fin de grado.
2. El propósito de las pruebas es la medida de la flexibilidad acomodativa de forma objetiva de lejos y cerca y en diferentes condiciones de medida.
3. Las medidas se realizarán en un entorno dedicado exclusivamente a investigación.
4. Dada la inocuidad de las medidas no se tiene constancia ni se contempla la posibilidad de ningún acontecimiento adverso. Las medidas generalmente requerirán una única visita y no suponen tratamiento adicional ni alteración (en caso de haberla) con respecto a la prescripción que haya sido administrada por su oftalmólogo u optometrista.
5. Las pruebas a realizar incluirán medidas con uno o varios de los siguientes instrumentos: autorefractómetro de campo abierto modelo: Grand Seiko WAM-5500.
6. La intensidad la luz utilizada en los instrumentos de medida experimentales se encuentra en niveles **absolutamente seguros**, siendo menor que la utilizada en la mayor parte de aparatos oftálmicos comerciales.
7. La realización de la prueba no supone gasto alguno al sujeto participante.
8. El carácter de este experimento es absolutamente voluntario. Podrá ser interrumpido por parte del sujeto sin perjuicio y en cualquier momento.
9. Los datos y resultados del experimento son confidenciales, sólo teniendo acceso a ello los científicos involucrados en el proyecto. Los datos se publicarán de forma anónima. Tras la publicación los datos se conservarán de forma anónima.
10. El número estimado de sujetos implicados en la medida de la flexibilidad acomodativa es de más de 15.

11. No dude indicarnos cualquier duda que tenga sobre el experimento, o cualquier duda o incomodidad que quiera hacernos notar durante la prueba. Persona de contacto: Laura Remón Martín, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Zaragoza. Tel 605895812; e-mail: lauremar@unizar.es

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

En Zaragoza, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma del sujeto (o representante  
legalmente aceptable)

Firma del investigador responsable de la  
medida

## 9.2 Anexo II: Hoja de recogida de datos.

Nombre paciente:

Fecha:

Edad:

### **REFRACCIÓN (AUTOREFRACTÓMETRO)** \_\_\_\_\_

	<b>ESF</b>	<b>CIL</b>	<b>Grados</b>
<b>OD</b>			
<b>OI</b>			

### **AMPLITUD DE ACOMODACIÓN** \_\_\_\_\_

	<b>Medida 1</b>	<b>Medida 2</b>	<b>Medida 3</b>
<b>Push Up</b>			
<b>Push Down</b>			

### **FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA** \_\_\_\_\_

<b>Experimento 1</b>		<b>Cpm</b>
<b>Cruz de Malta</b>	VL	
	VC (40 Cm)	
<b>Letras</b>	VL	
	VC (40 Cm)	

<b>Experimento 2</b>		<b>Cpm</b>
<b>Cruz de Malta</b>	VL	
	VC (40 Cm)	
<b>Letras</b>	VL	
	VC (40 Cm)	