



**Universidad de Valladolid**



TRABAJO FIN DE MÁSTER  
MÁSTER EN SUBESPECIALIDADES OFTALMOLÓGICAS:  
NEUROFTALMOLOGÍA Y REHABILITACIÓN VISUAL  
CURSO 2020-2021

ESTUDIO CLÍNICO

PROBLEMAS DE LECTURA ASOCIADOS AL DAÑO  
CEREBRAL ADQUIRIDO

Alumna: Carla Daniela Guantay  
Tutor: Prof. Dr. J.C. Pastor Jimeno  
Co-tutora: Dra. Laura Mena García

## Agradecimientos

Para comenzar, quiero agradecer a mi familia que ha hecho lo posible para que esté aquí escribiendo estas líneas, por apoyarme siempre y aún en la distancia ser mi mayor sostén.

Al grupo de Neuroftalmología del IOBA y del Hospital Clínico Universitario de Valladolid que me han permitido alcanzar una meta más en mi carrera profesional.

Y transmitir mi gratitud, admiración y cariño al Profesor Pastor que me ha guiado con sus enseñanzas, con su gran paciencia, sabiduría y actitud. También a Laura Mena G. por brindarme apoyo durante cada una de las etapas de este trabajo y por abrirme las puertas al mundo de la rehabilitación visual, tarea que realiza con mucha pasión.

A la gran colaboración de los neurólogos del Hospital Río Hortega, en especial al Dr. Miguel Ángel Tola A. y la Dra. María José Garea G.M, ha sido un auténtico placer trabajar con vosotros.

A Agustín Mayo y a David Elías Panigo por el asesoramiento estadístico que me han brindado.

A cada persona de la gran familia del IOBA que han colaborado en la logística para cumplir esta meta. Gracias a los compañeros del día a día por sus palabras de aliento en todo momento, en especial a Carolina Ossa.

A Marta Para P., Gloria Gonzalez F. y Ana Vallelado por todas sus enseñanzas, que me han permitido adquirir nuevas destrezas en la práctica de la subespecialidad.

Al Dr. Julio A. Urrets Zavalía y a Evangelina Espósito de la Universidad Católica de Córdoba, por haber sido parte de los principales impulsores que me han animado a emprender este viaje.

Al Dr. Juan Carlos Barrigón y su excelente equipo, por su ayuda y cuidados en un momento tan importante. Mi mayor agradecimiento de todo corazón.

Por último a los amigos que con su excepcional compañía han aportado para que todo salga adelante: Yeimi Laurencio y Florencia Cellini.

## Índice

Curriculum vitae .....	4
Abreviaturas.....	5
1 Resumen.....	6
2 Abstract .....	7
3 Introducción .....	8
3.1 La lectura, un proceso complejo .....	8
3.2 Daño cerebral y alteraciones oculomotoras .....	8
3.3 Evaluación de los sistemas oculomotores.....	9
3.4 Los sistemas de <i>eye tracking</i> .....	10
4 Justificación.....	11
5 Hipótesis.....	11
5.1 Hipótesis subrogada.....	12
6 Objetivos .....	12
6.1 General.....	12
6.2 Específicos .....	12
7 Pacientes, material y métodos .....	12
7.1 Diseño del estudio.....	12
7.2 Aspectos éticos .....	12
7.3 Sujetos.....	13
7.4 Criterios de inclusión y exclusión.....	13
7.5 Descripción del estudio.....	14
7.5.1 Examen oftalmológico.....	14
7.5.2 Función neuropsicológica.....	14
7.5.3 Registro con el sistema de <i>eye tracking</i> .....	15
7.6 Variables del estudio.....	16
7.7 Análisis estadístico .....	16
8 Resultados .....	17
9 Discusión.....	27
10 Conclusiones.....	30
11 Bibliografía.....	31

12	Anexos .....	34
12.1	Dictamen del Comité Ético y de Investigación Clínica.....	34
12.2	Dictamen de la Comisión de investigación del IOBA.....	37
12.3	Consentimiento Informado .....	38
12.4	<i>Clock-drawing test</i> .....	42
12.5	<i>Line bisection test</i> .....	43
12.1	Test de Poppelreuter - Ghent .....	43
12.2	<i>Mini-mental state examination</i> .....	44
12.3	Sistema de <i>eye tracker</i> .....	48
12.4	Registro de los MOC durante una prueba de lectura .....	48
12.5	Cuestionario atencional basado en el IReST .....	49

## Abreviaturas

AOI: Area of interest

CCV N: Casos con campo visual normal

CCV AN: Casos con campo visual anormal

CV: Campo visual

DCA: Daño cerebral adquirido

DEM: test DEM (Developmental Eye Movement test)

EM: Esclerosis múltiple

EP: Enfermedad de Parkinson

HCUV: Hospital Clínico Universitario de Valladolid

IOBA: Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada

IReST: International Reading Speed Texts

Ms: milisegundos

MOC: Movimientos oculares

PPM: palabras por minuto

SNC: Sistema nervioso central

Sg: segundos

## 1 Resumen

**Introducción:** Este trabajo se ha diseñado para intentar correlacionar los problemas en la lectura en pacientes con defectos cerebrales adquiridos sin afectación de la vía visual primaria con posibles alteraciones de los movimientos oculares analizados mediante un sistema de eye tracking, en un enfoque que resulta novedoso en la revisión bibliográfica

**Pacientes, material y métodos:** se ha realizado un estudio clínico piloto prospectivo de casos y controles. Se han reclutado treinta pacientes con antecedentes neurológicos y 30 sujetos control de tres centros clínicos. A todos se les realizó una evaluación oftalmológica, neuropsicológica y un examen con un *eye tracker* usando dos pruebas de lectura. Las principales variables estudiadas fueron: número de palabras por minuto leídas, duración de la prueba, duración media de las fijaciones completas, número de fijaciones completas y número de sacadas completas en el área de interés. El análisis estadístico se realizó con el test de Kruskal-Wallis (significación estadística  $p < 0.05$ ).

**Resultados:** Se comprobó que los pacientes con campo visual anormal realizaron un mayor número de fijaciones con diferencias significativas comparados con los casos con campo visual normal ( $p = 0.01$ ) y con respecto al grupo control.

**Conclusiones:** La realización de un examen con un sistema de *eye tracking* ha permitido objetivar alteraciones oculomotoras durante la lectura en pacientes con patología del sistema nervioso central. En algunos de los parámetros el pequeño tamaño muestral no permitió sacar conclusiones estadísticamente significativas por lo que se considera ampliar la muestra en el futuro.

## 2 Abstract

**Introduction:** This research has been designed to correlate reading problems in patients with acquired brain injuries without involvement of primary visual pathway with possible alterations in eye movements analyzed using an eye tracking system, this is a novel approach in the bibliographic review.

**Patients, material and methods:** Prospective, cases and controls, pilot study has been designed. Thirty patients with neurological disorders and 30 control subjects have been recruited from three clinical centers. Participants underwent ophthalmological and neuropsychological evaluation and eye tracker examination using two reading tests. The main variables studied were: number of words read per minute, test duration, average duration of whole fixations, number of whole fixations and number of saccades in the area of interest. Statistical analysis was performed with the Kruskal-Wallis test (statistical significance  $p < 0.05$ ).

**Results:** Patients with abnormal visual field performed a greater number of fixations with significant differences compared to cases with normal visual field ( $p = 0.01$ ) and respect to the control group.

**Conclusions:** An examination with an eye tracking system allowed to objectify oculomotor alterations during reading in patients with central nervous system pathology. In some parameters, the small size of the sample did not allow to draw statistically significant conclusions, so it is considered to expand the sample in the future.

**Key words:** central nervous system diseases, eye movement disorders, eye tracking, brain injury

### 3 Introducción

#### 3.1 La lectura, un proceso complejo

La lectura es un proceso que requiere, entre otras cosas, que los ojos se muevan de tal manera que permitan la extracción de la información escrita, con suficiente velocidad para lograr la comprensión. La velocidad de lectura en una persona normal puede oscilar entre 150 y 400 palabras por minuto (ppm). Aunque los requerimientos visuales de velocidad lectora dependen de los tipos de textos y su formato (1).

En nuestra cultura, los ojos al leer siguen un orden de exploración típico de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Los momentos denominados fijaciones son pausas en las que se extrae la información de una pequeña sección del texto y la duración de cada fijación es de 250 milisegundos aproximadamente. Un adulto sano produce alrededor de cuatro momentos de fijación por segundo. La capacidad lectora esta pues determinada por el número y la duración de estos momentos (2).

Entre dos fijaciones se ejecuta una sacada (*drifts and shifts*). Los movimientos sacádicos durante la lectura son pequeños saltos que los ojos realizan en dirección horizontal de unos grupos de letras a otros. Al final de una línea de texto se realiza una sacada ligeramente oblicua de derecha a izquierda para iniciar la siguiente línea. El movimiento sacádico típico de lectura es pequeño y dura aproximadamente 30 milisegundos (3).

Otro de los movimientos oculares fundamentales que se alternan con las sacadas son los movimientos de regresión o anti sacádicos, en los cuales los ojos se mueven en la dirección contraria con el fin de repasar y comprender cuando algún texto ha resultado difícil (4).

#### 3.2 Daño cerebral y alteraciones oculomotoras

El DCA se refiere a cualquier tipo de lesión cerebral que ocurre después del nacimiento. Generalmente las lesiones son agudas y secundarias, la mayoría de las veces, a daño de tipo vascular (isquémico o hemorrágico), traumático, infeccioso, tumoral o tóxico. En la actualidad y sobre todo los denominados como “ictus isquémicos” representan una realidad sanitaria y social de magnitud creciente, configurándose como una causa de discapacidad de alta incidencia y prevalencia, y un problema en términos de salud pública (5). Habiéndose creado en el contexto de los



hospitales del Sistema Nacional de Salud, las denominadas “unidades de ictus” que han aumentado la supervivencia de los pacientes, pero que desafortunadamente no han solucionado muchos de sus déficits funcionales.

En el grupo de pacientes con DCA se ha descrito una serie de problemas en la lectura incluso en pacientes sin alteraciones de la vía visual primaria que podrían responder a alteraciones en los sistemas oculomotores cuya distribución implica a extensas áreas del SNC tanto corticales como de otras zonas incluyendo el mesencéfalo. Estos incluyen velocidad de lectura reducida, dismetría sacádica y aumento de la latencia sacádica (5). Se ha establecido que pacientes con antecedentes de ictus y afectación ocular, presentan alteraciones de los movimientos oculares en un 68% (6).

Hasta el momento se ha descrito extensamente en la bibliografía alteraciones en los MOC en los pacientes con patología cerebral. En un gran espectro de enfermedades del sistema nervioso central (SNC) como la Esclerosis Múltiple (EM) y la enfermedad de Parkinson (EP), las anomalías del movimiento ocular son muy frecuentes (7).

En la EP las anomalías sacádicas se han correlacionado con el estado cognitivo (7). Mientras que en personas con EM se han descrito alteraciones en las fijaciones que se han asociado con el desempeño visual en la vida diaria (8). También en ellos, se han registrado alteraciones en los movimientos sacádicos que se correlacionan con una enfermedad de mayor duración, pacientes con más discapacidad y la presencia de una menor calidad de vida relacionada con la visión (9).

### 3.3 Evaluación de los sistemas oculomotores

En personas con trastornos neurológicos una evaluación del funcionamiento oculomotor debería ser una parte central de cualquier examen ocular (10). Sin embargo las exploraciones suelen estar orientadas a detectar parálisis y/o paresias sin tener en cuenta otros trastornos en los grandes sistemas oculomotores, como por ejemplo los que involucran a los movimientos sacádicos y de persecución (11).

Con la observación directa pueden evaluarse las características más destacadas de algunos tipos de estrabismos, pero los déficits funcionales tales como la dificultad al leer pueden pasar desapercibidos (12, 13).

Sin embargo el rendimiento lector no se evalúa en un examen oftalmológico o neurológico de rutina, desconociéndose la incidencia real de los trastornos oculomotores

en el daño cerebral y su prevalencia que podría variar según la causa y el área del cerebro comprometida (14).

### 3.4 Los sistemas de *eye tracking*

Los registros objetivos de los movimientos oculares a través de sistemas de monitorización o rastreo (*eye tracking*) en la actualidad no se han generalizado, a pesar que se ha descrito que son un complemento importante en el diagnóstico, la documentación y el manejo de diferentes condiciones neurológicas (15).

En 1823, Charles Bell describió por primera vez la conexión entre la motilidad ocular y el cerebro en la orientación visual. Este fue el antecedente que dio inicio al desarrollo de métodos de exploraciones objetivas a finales del siglo XIX y durante el siglo XX.

Por ejemplo, los frontocronógrafos fueron modelos que consistían en imprimir el reflejo corneal sobre una película deslizante con control de su velocidad de desplazamiento. Luego empezó a emplearse la electrooculografía (EOG) basada en la diferencia de potencial que existe entre la córnea y el epitelio pigmentario. También se diseñaron los videooculógrafos, que permitían por medio de una filmación, registrar los movimientos oculares con una videocámara. Estos métodos resultaron caros y laboriosos para los investigadores, ya que requerían que el mismo observara y clasificara directamente el comportamiento cada uno de los participantes (16).

Los sistemas de *eye tracking* captan con videocámaras el movimiento ocular utilizando la diferencia de distancias entre el punto de reflexión de la luz infrarroja (proporcionada por diodos LEDs emisores de infrarrojos) sobre el limbo corneal y el punto central de reflexión retiniana a través de la apertura pupilar. Estos métodos resultan más accesibles y sencillos de usar para el participante y el investigador y generan un registro permanente (16).

Permiten registrar la existencia de movimientos sacádicos lentos, las acciones de búsqueda inexacta e imprecisa, la existencia de diversas formas de nistagmo adquirido, entre otras anomalías. También se ha propuesto su uso como herramienta para: el monitoreo de conmociones cerebrales relacionadas con el deporte, la cuantificación de la disfunción ejecutiva en la Enfermedad de Parkinson y la esclerosis lateral amiotrófica, la estimación de los déficits atencionales en la Enfermedad de Alzheimer y

la esclerosis múltiple, la evaluación clínica y exploración de los mecanismos neurales en la epilepsia, entre otras aplicaciones en neurología y neuropsiquiatría (16-18).

#### 4 Justificación

Como se ha mencionado, la prevalencia de pacientes con patologías del SNC, ha ido en aumento debido al envejecimiento de la población y la supervivencia tras accidente cerebral alcanzada con los tratamientos actuales. Sin embargo eso conlleva a la existencia de déficits funcionales que comprometen la calidad de vida de esos pacientes.

Entre ellos las anomalías oculomotoras y de la lectura, como una síntesis de esa disfunción, son una problemática que puede estar presente y sin embargo pasar desapercibida porque no se evalúan con detalle en la exploración clínica habitual, no se cuenta con la tecnología suficiente para objetivarlas o quedan enmascaradas por otras alteraciones sistémicas.

Caracterizar las alteraciones oculomotoras en los diferentes tipos de patologías del SNC y su repercusión en la lectura sería importante para monitorizar las habilidades visuoespaciales.

Dado que hay evidencia que intervenciones como el entrenamiento visual mejora los movimientos oculares y aumentan la velocidad de procesamiento (19), esta información objetiva permitiría adecuar las terapias a las necesidades específicas de los pacientes pudiendo desarrollar programas personalizados.

#### 5 Hipótesis

En pacientes con daño cerebral incluso sin compromiso de la vía visual primaria la exploración enfocada a los sistemas oculomotores revela más afectación que la encontrada con una simple exploración oftalmológica.

### 5.1 Hipótesis subrogada

Estos pacientes muestran una correlación entre esas alteraciones y dificultades en la lectura. La realización de un examen oftalmológico junto al uso de un sistema de *eye tracking* puede ayudar a objetivar las alteraciones en la lectura de pacientes con antecedentes de patologías neurológicas.

## 6 Objetivos

### 6.1 General

Estudiar las alteraciones en los movimientos oculares y variables del rendimiento lector en pacientes con patologías del SNC y compararlos con personas de la misma edad, sin patología neurológica ni ocular y con velocidades de lectura en el rango de la normalidad.

### 6.2 Específicos

Analizar si existen diferencias estadísticamente significativas en el número de ppm leídas y tiempo de duración de las pruebas de rendimiento lector en pacientes del grupo casos comparados con el grupo control.

Analizar si existen diferencias estadísticamente significativas en el número de fijaciones y sacadas durante las pruebas de rendimiento lector en pacientes del grupo casos comparados con el grupo control.

## 7 Pacientes, material y métodos

### 7.1 Diseño del estudio

Estudio clínico piloto prospectivo de casos y controles.

### 7.2 Aspectos éticos

La investigación fue aprobada por el Comité Ético y de Investigación Clínica del Área de Salud Valladolid (Código en el HCUV: CASVE-NM-21-514/ PI 21-2247 TFM) y la Comisión de Investigación del IOBA (Código 24).

### 7.3 Sujetos

Treinta pacientes con antecedentes neurológicos que incluían: Ictus, Enfermedad de Parkinson, Esclerosis múltiple, Ataxia cerebelosa y Epilepsia y 30 sujetos control han sido reclutados de tres centros clínicos: Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) de la Universidad de Valladolid, Hospital Clínico Universitario de Valladolid (HCUV) y el Servicio de Neurología del Hospital Universitario Río Hortega.

Se realizó un muestreo sistemático que consistió en el reclutamiento de pacientes que asistieron a consultas médicas de control tanto neurológicas como oftalmológicas en los 3 centros de referencia. Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión se les informó a los pacientes sobre el estudio y se los invitó a participar, respetando en todo momento las normas de Buena Práctica Clínica, Declaración de Helsinki sobre estudios clínicos y lo establecido en la “Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos de Carácter Personal. Se contactó a los pacientes y una vez que aprobaron la participación al estudio se les proporcionó una cita. Las personas que formaron parte del estudio firmaron un consentimiento informado.

### 7.4 Criterios de inclusión y exclusión

Los principales criterios de inclusión comunes para ambos grupos fueron:

Edades comprendidas entre 18 y 80 años.

Estabilidad clínica neurológica y radiológica en patologías agudas ( $\geq 3$  meses después del DCA).

Con agudeza visual binocular lejana, con su mejor corrección, igual o mayor a 0.5 (escala decimal) y agudeza visual binocular cercana, con su mejor corrección, igual o mayor a 20/40 (escala de Snellen). Usuarios de gafas o lentillas de contacto blandas.

Sin heminegligencia visual evaluada con la prueba *clock-drawing test* y la prueba *line bisection test*.

Sin agnosia visual: prueba de Poppelreuter-Ghent ©.

Y sin déficit cognitivo: *mini-mental state examination* (MMSE) puntaje de 23 o superior, con suficiente capacidad auditiva residual.

Los sujetos sanos del grupo control tenían una perimetría monocular normal utilizando la prueba estándar SITA-central 30-2 del perímetro de Humphrey ®.

Los criterios de exclusión fueron: pacientes con antecedentes de: maculopatía, cataratas avanzadas u otras patologías oftalmológicas que pudieran afectar la agudeza visual central o la fijación macular.

## 7.5 Descripción del estudio

### 7.5.1 Examen oftalmológico

Se realizó en las instalaciones del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) donde cada paciente asistió a una cita programada.

La dificultad para la lectura de cerca percibida subjetivamente por los participantes fue registrada con las categorías sí o no tras el interrogatorio.

La evaluación de la alineación y la motilidad ocular consistió en la observación en posición primaria de la mirada, prueba de *cover test* de lejos y cerca, valoración de la motilidad ocular extrínseca en las 8 posiciones de la mirada y vergencias.

La agudeza visual para lejos se evaluó primero en forma monocular y luego binocularmente con cartel de optotipos de ETDRS (ETDRS Chart ©) a una distancia de 3 metros y las mediciones fueron registradas con sus equivalencias en escala decimal. Para cerca se evaluó binocularmente con cartel optotipos de Colenbrander ® en español (Precision Vision, Woodstock, IL, EE. UU.) a una distancia de 40 cm, los resultados fueron registrados con equivalencias en escala de Snellen.

También se examinó la motilidad ocular intrínseca, biomicroscopía del polo anterior, se realizó un campo visual computarizado 30-2 (Humphrey ® Perimeter, version 4.2 of the system software II series; Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) y el examen del fondo de ojo.

### 7.5.2 Función neuropsicológica

El nivel de cognición se evaluó mediante una combinación de evaluaciones que incluyeron: *clock-drawing test* (20), cuya puntuación correspondió a una escala del 1 a 6, desde perfecta organización a severo desorden respectivamente, siendo un déficit cognitivo un resultado mayor de 3. Se entregó al paciente un folio con un círculo y se

pidió que dibuje un reloj. No se presionó con el tiempo ni con el movimiento de cabeza y ojos. Cuando terminó de dibujar los números se pidió que colocara las 11:10 horas. Cuando el paciente indicó estar satisfecho con su dibujo finalizó la prueba

Este test se utiliza para la detección de signos de heminegligencia en conjunción con la prueba *line bisection test* (21). Se entregó al paciente un folio con seis líneas horizontales correspondientes y se pidió que colocara una marca con un bolígrafo en el centro de las mismas. Este último considera signo positivo el desplazamiento de la marca central hacia el lado derecho.

Los individuos también fueron evaluados con el examen *mini-mental state examination* (MMSE) (22), que evalúa la orientación temporal, espacial, fijación, atención y cálculo, memoria, nominación, repetición, comprensión, lectura, escritura y dibujo. La puntuación límite corresponde a 23 de los 30 totales. Valores iguales o menores indican la presencia de un déficit cognitivo.

Para evaluar la presencia de agnosia visual se utilizó la prueba de Poppelreuter-Ghent (Poppelreuter-Ghent's© test).(23)

### 7.5.3 Registro con el sistema de *eye tracking*

Los movimientos oculares han sido registrados con el sistema de *eye tracking* Tobii Pro Nano *Hardware Package* (Tobii Pro AB, Danderyd, Sweden), asociado a un Portátil HP OMEN 17-AN025NS (Hewlett-Packard, California, EE. UU). La velocidad de medición del instrumento es de una frecuencia de 60 Hz. Los resultados se han registrado y analizado con el paquete de *software* de Tobii Pro nano (Versión Tobii Pro Lab Full Edition).

El paciente fue posicionado a una distancia de 50 a 54 cm de la pantalla de un portátil y se le indicó mantener la cabeza fija durante la calibración del sistema y las pruebas propiamente dichas:

*IReST-International reading speed texts* (Precision Vision, Spanish version), La Salle, IL, USA)(24): Se le indicó leer en voz alta, a la mayor velocidad posible un texto seleccionado del compilado de textos IReST adaptado con el programa Power Point. El nivel de dificultad correspondiente a la lectura de sexto grado (10-12 años), con formato Calibri 14 puntos, con una longitud media de 132 palabras que ha permitido la evaluación de la velocidad de lectura, y además proporciona información acerca de los

errores y omisiones. El tiempo se cronometró y al finalizar la lectura se formularon dos preguntas en forma oral de respuesta simple (una palabra), para comprobar la comprensión lectora.

*Developmental eye movement test (DEM)*(25): Se indicó a los participantes leer en voz alta, a la mayor velocidad posible la prueba seleccionada adaptada con el programa Power Point del *test* DEM, con formato Times New Roman 14 puntos. En todo momento se cronometró el tiempo de duración de la misma.

#### 7.6 Variables del estudio

Para el rendimiento lector han sido consideradas las siguientes variables:

- Lectura de texto IReST: número de palabras por minuto (ppm), número de fijaciones completas en AOI, duración media de las fijaciones completas en AOI (ms) y número de sacadas completas en el AOI.
- Lectura del *test* DEM: duración de la prueba (sg), número de fijaciones completas en el AOI, duración media de las fijaciones completas en AOI (ms), número de sacadas completas en el AOI.

#### 7.7 Análisis estadístico

Los datos han sido registrados en una base de datos de Excel respetando lo establecido en la “Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos de Carácter Personal. El análisis estadístico se realizó con el programa R medic (26) y el paquete estadístico R, v4.0. (27) Para las variables categóricas se han utilizado frecuencias y porcentajes. En el contraste de hipótesis se utilizó el test de Chi-cuadrado para asociar variables categóricas. Mientras que para evaluar la normalidad se utilizó el test de Shapiro-Wilk y el test de Shapiro-Wilk modificado por Mahibbur y Govindarajulu (1997). Para complementar el análisis se ha utilizado el test de ANOVA para verificar diferencias entre grupos y Kruskal-Wallis para asociar variables categóricas y numéricas, se consideró el nivel de significación estadística una  $p < 0.05$ . Se complementó con el uso herramientas descriptivas del tipo gráficos de Box Plot.



## 8 Resultados

En la Tabla 1 se han mencionado las principales características de los grupos.

Tabla 1: Características descriptivas generales del grupo control y casos.

Característica	Controles (n=30)	Casos (n=30)	p valor
Edad			
<40 a	22% (n=9)	13% (n=4)	0.16
40-65 a	55% (n=13)	67% (n=20)	
>65 a	23 % (n=8)	20% (n=6)	
Sexo	F 37% (n=11) M 63% (n=19)	F 53% (n=16) M 47% (n=14)	0.29
Subgrupos		EM 53% (n=16) EP 17% (n=5) Ictus 17% (n=5) Otras 13% (n=4)	<<0.001
Dificultad en la lectura	No 83% (n=25) Sí 17% (n=5)	No 47% (n=14) Sí 53% (n=16)	0.01

a: años, F: femenino, M: masculino, IC: Intervalo de Confianza

EM: Esclerosis Múltiple, EP: Enfermedad de Parkinson, Otras: Ataxia cerebelosa y Epilepsia.

Los casos han sido subagrupados según los resultados de los CV en: casos con CV normal y casos con CV anormal. Se han realizado las comparaciones de los mencionados grupos y los resultados de los p valores se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Valores de p de las asociaciones entre variables de los grupos de estudio.

Variables	CCV N Vs. Control	CCV AN Vs. Control	CCV N Vs. CCV AN
IReST palabras por minuto (ppm)	0.77	0.09	0.36
IReST Duración media de las fijaciones completas en el AOI (ms)	0.77	0.89	0.94
IReST N° de fijaciones completas en el AOI	0.59	0.01	0.01
IReST N° de sacadas completas en el AOI	0.91	0.16	0.22
DEM Duración de la prueba (sg)	0.49	0.09	0.09
DEM Duración media de las fijaciones completas en el AOI(ms)	0.47	0.22	0.74
DEM N° de fijaciones completas en el AOI	0.32	0.02	0.23
DEM N° de sacadas completas en el AOI	0.13	0.79	0.56

CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Vs. Versus.

Los resultados de las palabras por minuto leídas en la prueba IReST se representan en la figura 1.

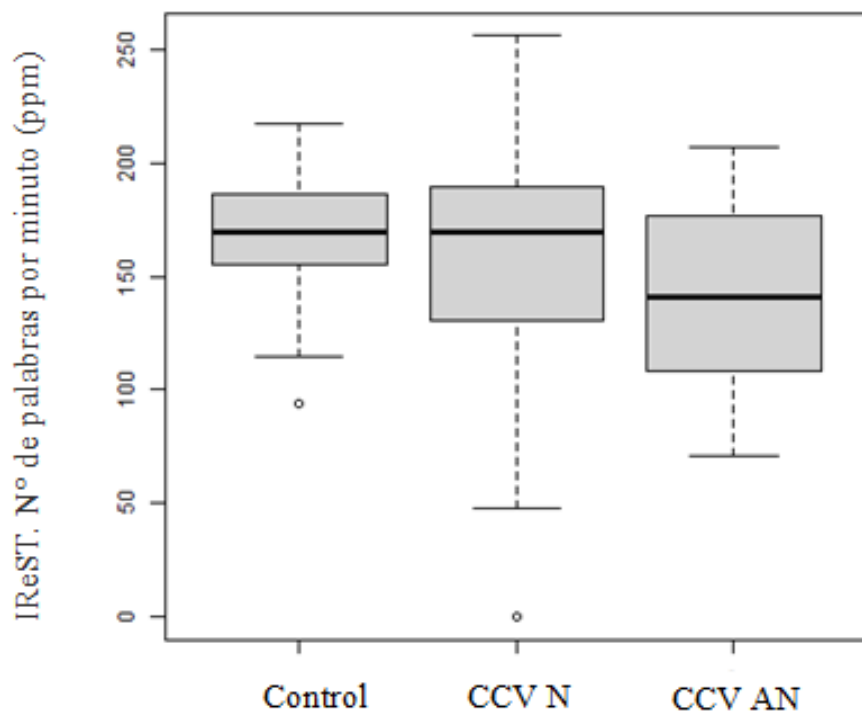


Figura 1: Prueba IReST. N° de palabras por minuto (ppm) de los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Los resultados de la duración media de las fijaciones completas en el AOI (ms) en la prueba IReST se representan en la figura 2.

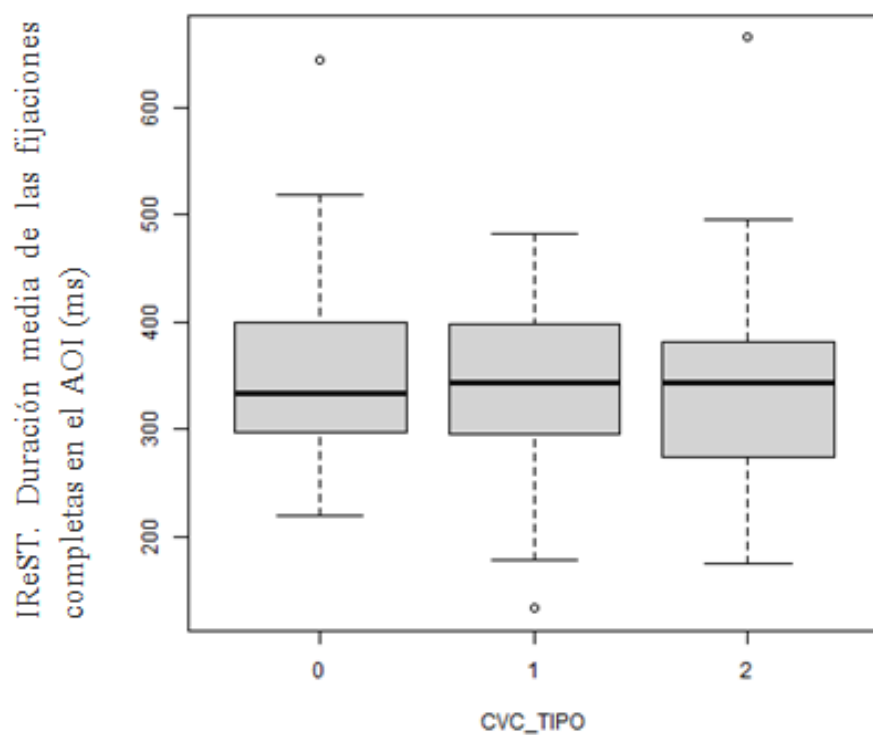


Figura 2: Prueba IReST. Duración media de las fijaciones completas en el AOI (ms) de los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Al comparar el número de fijaciones completas en el AOI en tal prueba, se comprobó que los pacientes con CV AN realizaron mayor cantidad de fijaciones que el grupo control ( $p = 0.01$ ). También los pacientes con CV AN realizaron mayor cantidad de fijaciones respecto a los individuos con CV N ( $p = 0.01$ ) (figura 3).

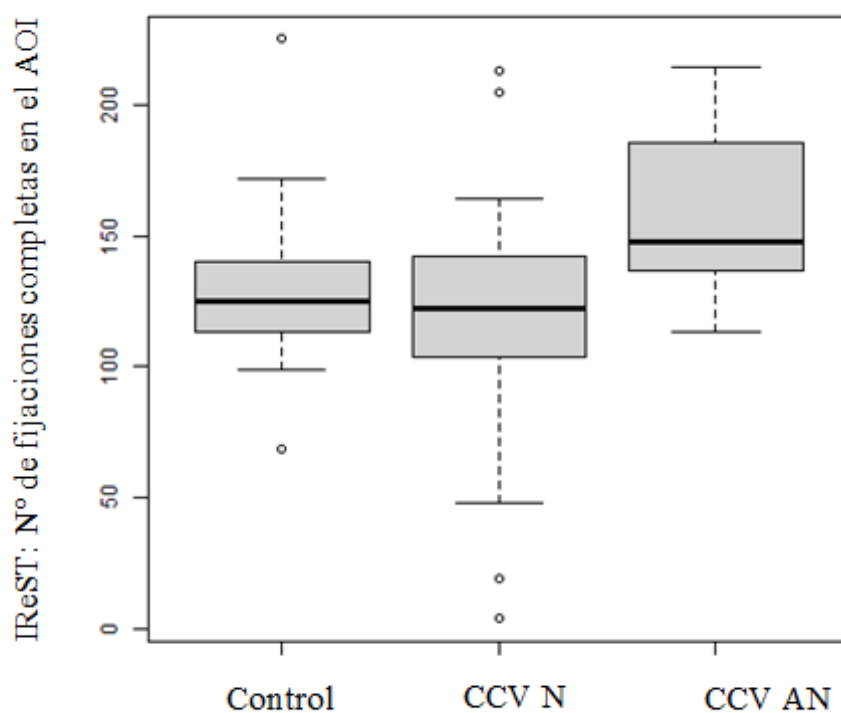


Figura 3: Prueba IReST. N° de fijaciones completas en el AOI realizadas por los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Los resultados del número de sacadas completas en el AOI de la prueba IReST se representan en la figura 4.

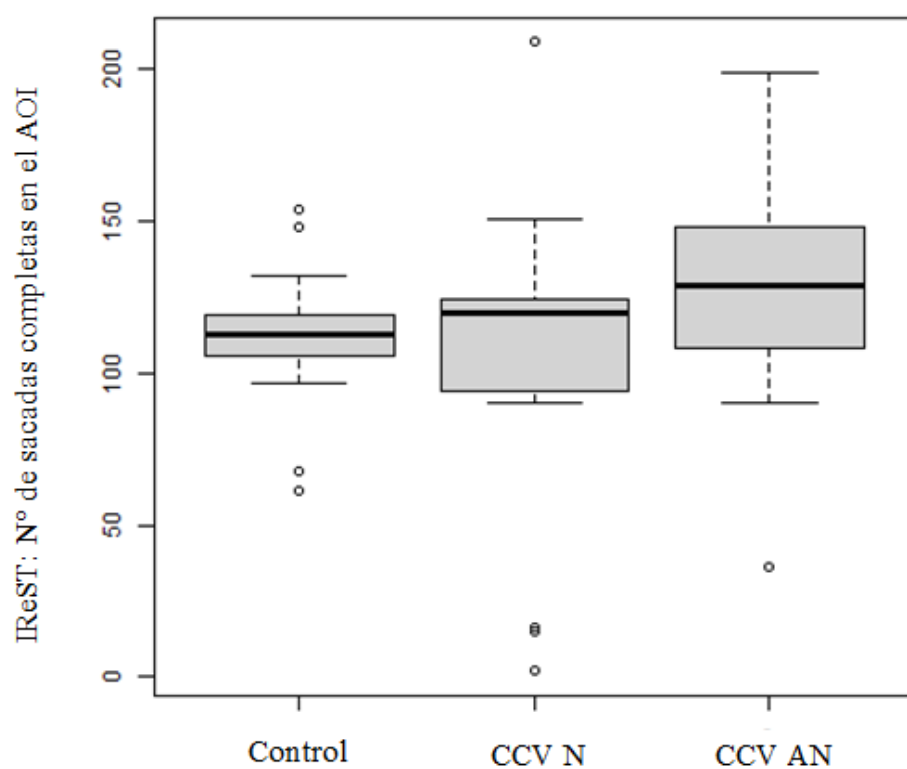


Figura 4: Prueba IReST. N° de sacadas completas en el AOI realizadas por los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Por otro lado, los resultados de la duración de la prueba DEM para los 3 grupos de pacientes se presentan en la figura 5.

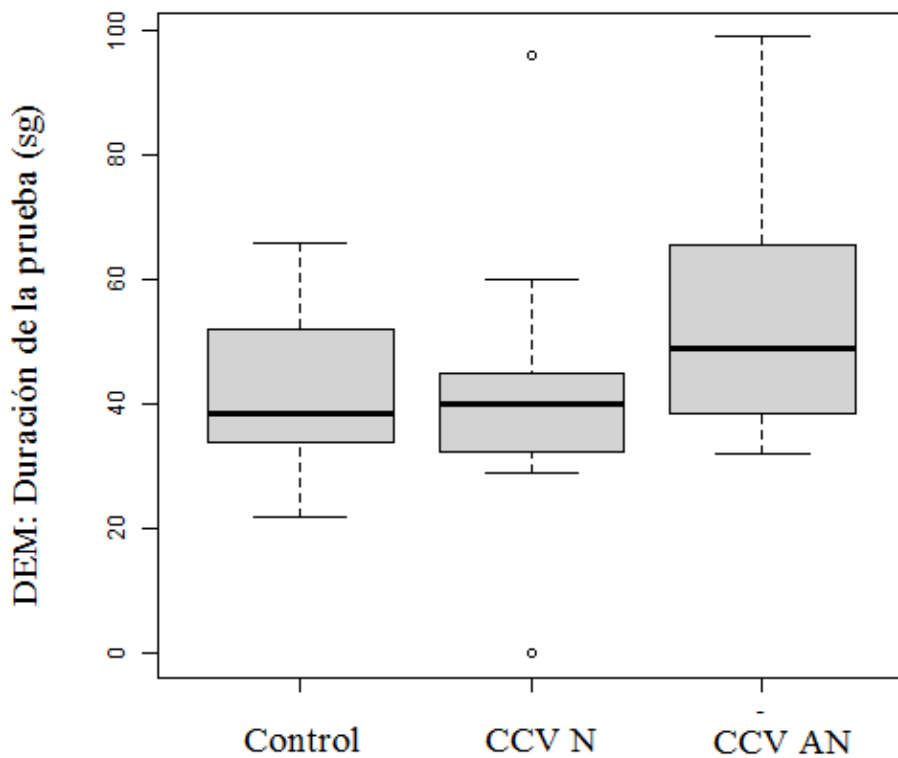


Figura 5: Prueba DEM. Duración de la prueba (sg) de los 3 grupos.

CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Mientras que los resultados de la duración media de las fijaciones completas en el AOI (ms) en la prueba DEM se representan en la figura 6.

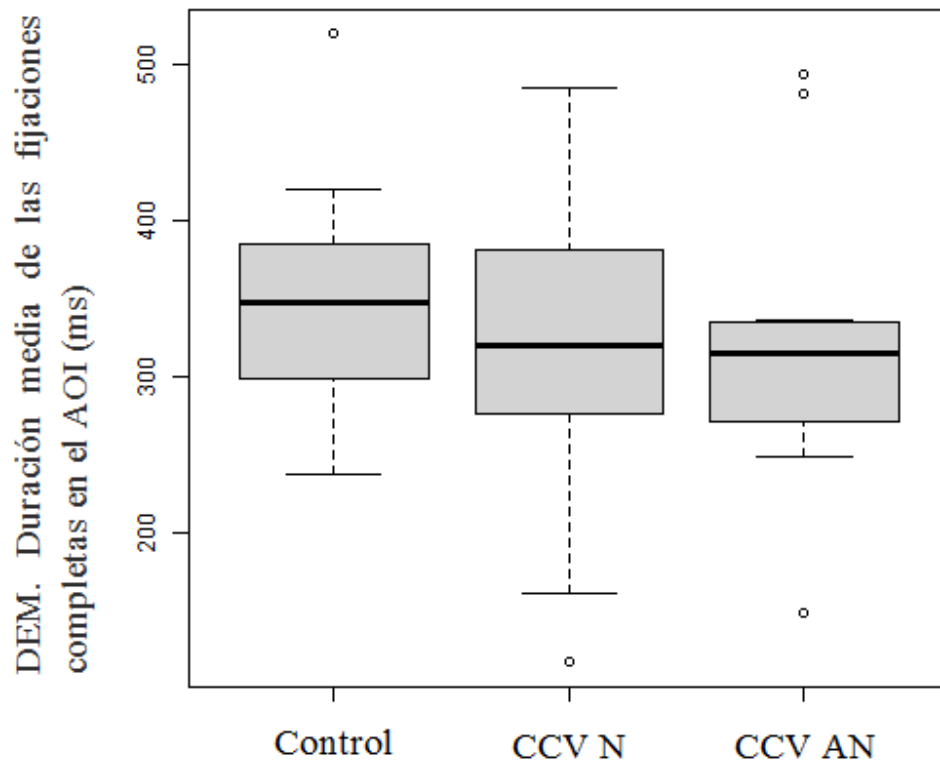


Figura 6: Prueba IReST. Duración media de las fijaciones completas en el AOI (ms) de los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.



Además al analizar el número de fijaciones completas en el AOI en la prueba DEM, se obtuvo que los pacientes con CV AN realizaron mayor cantidad de fijaciones que el grupo control ( $p = 0.02$ ) (figura 7).

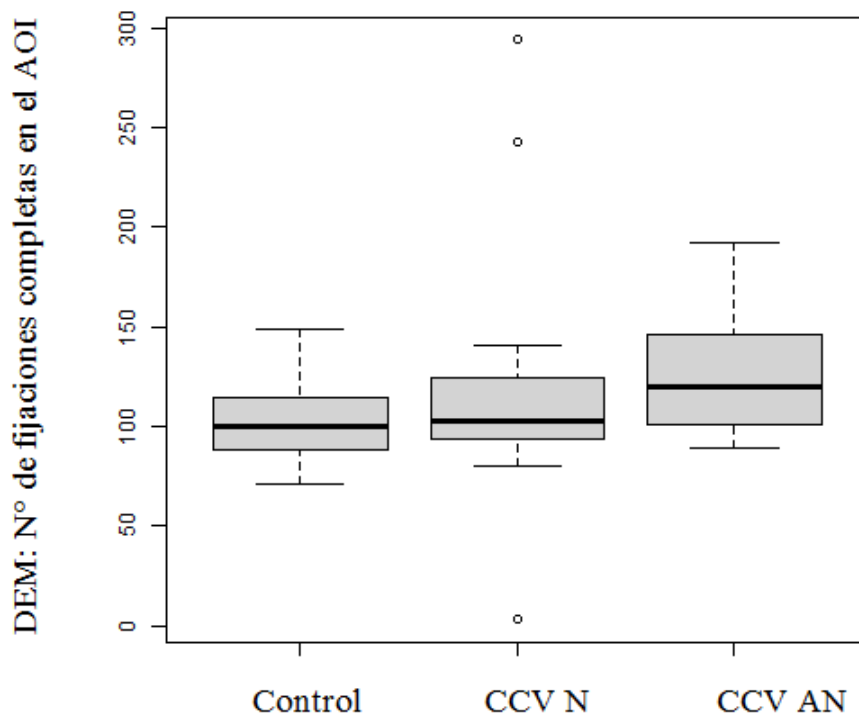


Figura 7: Prueba DEM. N° de fijaciones completas en el AOI realizadas por los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

Finalmente los resultados del número de sacadas completas en el AOI de la prueba DEM se representan en la figura 8.

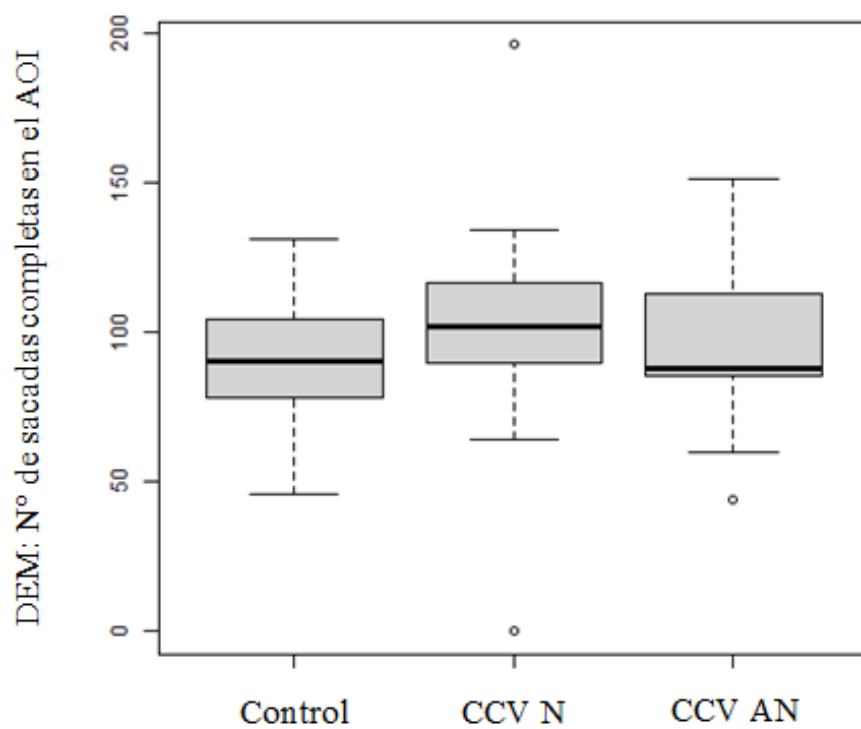


Figura 8: Prueba DEM. N° de sacadas completas en el AOI realizadas por los 3 grupos. CCV N: Casos con campo visual normal. CCV AN: Casos con campo visual anormal.

## 9 Discusión

La lectura es una de las funciones visuales más importantes en la vida diaria (28). Para una lectura eficaz los MOC requieren complementarse con suficiente atención y funciones cognitivas conservadas.

En esta investigación los parámetros considerados más relevantes durante el estudio con el *eye tracker* han sido el número de fijaciones y el número de movimientos sacádicos completos realizados en el área de interés. Estos parámetros han sido seleccionados dado que en un examen clínico habitual no son fáciles de cuantificar (29).

En una prueba de lectura realizada en un consultorio el único parámetro que se puede estimar es el número de palabras por minuto, pero sólo con el uso de un *eye tracker* es posible detectar el número de fijaciones y movimientos sacádicos completos.

Los resultados indican que el examen con un *eye tracker* ha permitido objetivar diferencias significativas respecto al número de fijaciones realizadas por los pacientes con afectación del campo visual respecto a los sanos.

Esto coincide con los resultados de Reinhard et al., quienes han descrito una asimetría de las direcciones de los movimientos oculares de fijación con mayor amplitud hacia el lado hemianópico. (30) Esas alteraciones son las que podrían indicar un mecanismo adaptativo espontáneo que pretende desplazar el campo visual funcional hacia el lado ciego, con la ejecución de más pausas o fijaciones en un intento por captar mayor cantidad de información dada la limitación de la visión periférica.

No se han encontrado diferencias significativas en dicha variable respecto a los pacientes con campos visuales normales comparados con los controles sanos, lo que puede deberse a que en la muestra existía una amplia gama de patologías, estadios y duraciones de las mismas. Eso produjo una gran variabilidad en los resultados.

En cuanto al número de sacadas realizadas en el área de interés, a pesar que se esperaba encontrar un mayor número en los pacientes CCV AN respecto al grupo control, dado que entre dos fijaciones debería existir un movimiento sacádico, sin embargo no se hallaron diferencias significativas en las comparaciones.

Esto puede explicarse porque para que una sacada se etiquete como completa en el área de interés debe ser precedida y seguida por un evento de fijación dentro de la

misma área, entonces si el movimiento sacádico ha iniciado dentro del área pero posteriormente ha salido fuera del AOI se considera un evento parcial y se excluye del cálculo métrico.

Las sacadas parciales también pueden existir cuando una fijación es seguida por una sacada pero esta última es interrumpida por una pérdida de datos debido a una interferencia temporal. Esto puede darse por la interrupción de las pestañas, o debido a que el individuo dirige la mirada hacia otro lado, entre otras situaciones.

Otro factor importante a considerar es que todos los *eye trackers* son afectados por el ruido. El ruido puede provenir de interferencias en el entorno en el que se realiza la medición y de los movimientos oculares del tipo temblores o microsacadas.

En cuanto a esto último se han descrito en pacientes con hemianopsias un número significativamente mayor de movimientos sacádicos disimétricos (hipométricos e hipermétricos) lo que podría indicar la presencia de mayor ruido que interfiera en las mediciones (30).

Además se debería considerar para próximos estudios el establecer un ambiente de laboratorio controlado considerando estos aspectos para disminuir al máximo posible las interferencias o distracciones.

Por otro lado en los registros de video obtenidos con el dispositivo se puede apreciar que los pacientes con daño cerebral tienden a realizar mayor cantidad de movimientos antisacádicos, los cuales no se han evaluado entre las variables de estudio.

En cuanto a los datos que se han obtenido sobre el rendimiento lector, no se han observado diferencias estadísticamente significativas en términos de palabras por minuto evaluadas con el *test* IReST y la duración del *test* DEM entre los grupos comparados.

Cabe resaltar que en el grupo de pacientes con enfermedades neurológicas prácticamente la mitad de los individuos no refirió dificultades en la lectura. Esta variable subjetiva podría ser considerada un criterio de inclusión en estudios próximos.

Sin embargo el número de palabras por minuto aparenta tener una tendencia a ser menor en los pacientes con CV AN respecto al grupo control. En la prueba DEM también se aprecia una tendencia a una mayor duración en los primeros. Es posible que

el pequeño tamaño muestral no permita sacar conclusiones estadísticamente significativas en este aspecto.

Además es importante destacar que no se ha realizado un análisis de los fallos y omisiones de palabras y/o números, cometidos por cada grupo de pacientes. Tampoco se ha evaluado el grado de comprensión durante la lectura del texto, que ayudaría a relacionar si las anomalías oculomotoras derivan en la alteración de la calidad de la lectura o dificultades en la comprensión.

Para concluir, como se ha mencionado en las investigaciones previas, el estudio de los MOC en diferentes condiciones neurológicas brinda datos clínicos importantes ya que para la estabilización de la imagen en la retina obtenida en cada fijación se utilizan los 3 grados de libertad de los músculos extraoculares, lo que requiere una coordinación completa de las vías motoras oculares y la conservación de centros y redes neuronales (29, 30).

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la vía visual eferente se extiende por el sistema nervioso central atravesando áreas neurológicas diferentes y significativamente más amplias que la vía visual aferente, el estudio de la disfunción del movimiento ocular puede proporcionar información valiosa sobre áreas más amplias del cerebro de potencial relevancia para el monitoreo de los dominios motores, el cerebelo y la cognición.

Claramente, se requiere una investigación ampliada enfocada en el estudio de los MOC y patrones de lectura para confirmar el diagnóstico de muchos de estos trastornos, particularmente aquellos con presentación más sutiles.

Por todo lo mencionado, los registros de los MOC con sistemas de *eye tracking* pueden proporcionar información valiosa sobre la gravedad, la progresión o la regresión de las patologías neurodegenerativas y son particularmente prometedores para la evaluación objetiva de la eficacia de las terapias neuroprotectoras y neurorestauradoras. Se necesitan trabajos futuros para explorar la solidez y la reproducibilidad de las grabaciones de laboratorio de los MOC en controles sanos y en estados patológicos.

## 10 Conclusiones

En los pacientes con daño cerebral la exploración de los sistemas oculomotores utilizando un sistema de *eye tracker* en pruebas de lectura ha revelado alteraciones particularmente en pacientes con afectación de la vía visual primaria.

Aquellos pacientes con antecedentes neurológicos sin afectación de la vía visual primaria comparados con el grupo control no mostraron diferencias significativas en las variables estudiadas, por lo que la hipótesis inicial no ha podido ser confirmada.

Lo que podría explicarse porque hubo un amplio rango de resultados en las variables estudiadas posiblemente porque estos pacientes tenían patologías diversas con diferentes grados evolutivos. Debería considerarse estudiar grupos más homogéneos.

Los objetivos generales se han cumplido. En cuanto a los específicos se comprobó que los pacientes con campo visual anormal realizaron un mayor número de fijaciones comparados con los casos con campo visual normal ( $p = 0.01$ ) y con respecto al grupo control con diferencias significativas.

## 11 Bibliografía

1. Carpenter PA, Just MA. Reading comprehension as eyes see it. Hillsdale, LEA 1977. 27 p.
2. Trauzettel-Klosinski S. Current methods of visual rehabilitation. *Deutsches Arzteblatt international*. 2011;108(51-52):871-8.
3. Abrams RA, Meyer DE, Kornblum S. Speed and accuracy of saccadic eye movements: characteristics of impulse variability in the oculomotor system. *Journal of experimental psychology Human perception and performance*. 1989;15(3):529-43.
4. Rayner K, Slattery TJ, Belanger NN. Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychonomic bulletin & review*. 2010;17(6):834-9.
5. Gila L, Villanueva A, Cabeza R. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares *Anales Sis Navarra*. 2009;32(3):9-26.
6. Rowe FJ, Group VISw. Vision In Stroke cohort: Profile overview of visual impairment. *Brain and behavior*. 2017;7(11):e00771.
7. Anderson TJ, MacAskill MR. Eye movements in patients with neurodegenerative disorders. *Nature reviews Neurology*. 2013;9(2):74-85.
8. Nij Bijvank JA, Petzold A, Coric D, Tan HS, Uitdehaag BMJ, Balk LJ, et al. Quantification of Visual Fixation in Multiple Sclerosis. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2019;60(5):1372-83.
9. Nij Bijvank JA, Petzold A, Coric D, Tan HS, Uitdehaag BMJ, Balk LJ, et al. Saccadic delay in multiple sclerosis: A quantitative description. *Vision research*. 2020;168:33-41.
10. Pensyl CC, Benjamin WJ. Ocular motility. In: (Ed.) WJB, editor. *Borish's clinical refraction* (2nd ed). Butterworth, St. Louis 2006. p. pp. 356-99.
11. Pula JH, Yuen CA. Eyes and stroke: the visual aspects of cerebrovascular disease. *Stroke and vascular neurology*. 2017;2(4):210-20.
12. Bedell HE, Stevenson SB. Eye movement testing in clinical examination. *Vision research*. 2013;90:32-7.
13. Hepworth L, Rowe FJ. Visual impairment following stroke – the impact on quality of life: a systematic review. *Ophthalmology Research: an International Journal* 5(2):1-15.
14. Rowe FJ, Hanna K, Evans JR, Noonan CP, Garcia-Finana M, Dodridge CS, et al. Interventions for eye movement disorders due to acquired brain injury. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2018;3:CD011290.

15. Samadani U, Ritlop R, Reyes M, Nehrbass E, Li M, Lamm E, et al. Eye tracking detects disconjugate eye movements associated with structural traumatic brain injury and concussion. *Journal of neurotrauma*. 2015;32(8):548-56.
16. Carter BT, Luke SG. Best practices in eye tracking research. *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*. 2020;155:49-62.
17. Nilsson Benfatto M, Oqvist Seimyr G, Ygge J, Pansell T, Rydberg A, Jacobson C. Screening for Dyslexia Using Eye Tracking during Reading. *PloS one*. 2016;11(12):e0165508.
18. Snegireva N, Derman W, Patricios J, Welman KE. Eye tracking technology in sports-related concussion: a systematic review and meta-analysis. *Physiological measurement*. 2018;39(12):12TR01.
19. Mena-Garcia L, Pastor-Jimeno JC, Maldonado MJ, Coco-Martin MB, Fernandez I, Arenillas JF. Multitasking Compensatory Saccadic Training Program for Hemianopia Patients: A New Approach With 3-Dimensional Real-World Objects. *Translational vision science & technology*. 2021;10(2):3-.
20. Agrell B, Dehlin O. The clock-drawing test. 1998. *Age and ageing*. 2012;41 Suppl 3:iii41-5.
21. Barton JJ, Black SE. Line bisection in hemianopia. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 1998;64(5):660-2.
22. Blesa R, Pujol M, Aguilar M, Santacruz P, Bertran-Serra I, Hernandez G, et al. Clinical validity of the 'mini-mental state' for Spanish speaking communities. *Neuropsychologia*. 2001;39(11):1150-7.
23. Della Sala S, Laiacona M, Spinnler H, Trivelli C. Poppelreuter-Ghent's Overlapping Figures Test: its sensitivity to age, and its clinical use. *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*. 1995;10(6):511-34.
24. Trauzettel-Klosinski S, Dietz K, Group IRS. Standardized assessment of reading performance: the New International Reading Speed Texts IReST. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2012;53(9):5452-61.
25. Facchin A, Maffioletti S. The Reliability of the DEM Test in the Clinical Environment. *Frontiers in psychology*. 2018;9:1279.
26. Mangeaud A, Elías Panigo DH. R-Medic. Un programa de análisis estadísticos sencillo e intuitivo. . *Revista Methodo* 2018;3 (1):18-22.
27. R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing V, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
28. Thiagarajan P, Ciuffreda KJ, Capo-Aponte JE, Ludlam DP, Kapoor N. Oculomotor neurorehabilitation for reading in mild traumatic brain injury (mTBI): an integrative approach. *NeuroRehabilitation*. 2014;34(1):129-46.



29. Sheehy CK, Beaudry-Richard A, Bensinger E, Theis J, Green AJ. Methods to Assess Ocular Motor Dysfunction in Multiple Sclerosis. *Journal of Neuro-Ophthalmology*. 2018;38(4):488-93.
30. Reinhard JI, Damm I, Ivanov IV, Trauzettel-Klosinski S. Eye movements during saccadic and fixation tasks in patients with homonymous hemianopia. *Journal of neuro-ophthalmology : the official journal of the North American Neuro-Ophthalmology Society*. 2014;34(4):354-61.

## 12 Anexos

### 12.1 Dictamen del Comité Ético y de Investigación Clínica



#### **DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS**

D. F. Javier Álvarez González, Secretario del COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS Área de Salud Valladolid Este, del Hospital Clínico Universitario de Valladolid

#### **CERTIFICA**

Que este Comité ha evaluado la siguiente propuesta de ensayo clínico (sin medicamentos)

Código en el HCUV: CASVE-NM-21-514

TÍTULO: "PROBLEMAS DE LECTURA ASOCIADOS AL DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO (ESTUDIO CLÍNICO)".

PROMOTOR: Dr. Jose Carlos Pastor Jimeno, Dra. Carla Daniela Guantay  
PROTOCOLO Versión 2 marzo del 2021.

Hoja de Información al Paciente/Consentimiento Informado, Versión 2 marzo del 2021.

Que este Comité decidió emitir **DICTAMEN FAVORABLE** en la reunión celebrada el día 18/03/2021 (acta nº6 del 2021).

Que en dicha reunión se cumplieron los requisitos establecidos en la legislación vigente - Real Decreto 1090/2015 – para que la decisión del citado CEIm sea válida.

Que el CEIm del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, tanto en su composición como en sus procedimientos, cumple con las normas de BPC (CPMP/ICH/135/95) y con la legislación vigente que regula su funcionamiento, y que la composición del CEIm del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, es la indicada en el anexo I, teniendo en cuenta que en el caso de que algún miembro participe en el ensayo o declare algún conflicto de interés no habrá participado en la evaluación ni en el dictamen de la solicitud de autorización del ensayo clínico.



## HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE

Se le ofrece participar en el estudio titulado "Problemas de lectura asociados al daño cerebral adquirido". Que ha sido aprobado por el Comité Ético del Área de Salud Este, del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, con fecha 18/03/2021 (acta N°6 del 2021). Código en el HCUV: CASVE-NM-21-514.

Las exploraciones serán completamente gratuitas. Se trata de una exploración oftalmológica completa que será en todo momento incremental, en caso de ser necesario para completar el examen se le dilatará la pupila y se le hará un campo visual.

Promotor del Estudio: IOBA Universidad de Valladolid

Duración del Estudio: Inicio: marzo 2021 Fin: agosto 2021

Responsables del Estudio: Investigador Principal: Dr. José Carlos Pastor Jimeno.

Colaboradores: Dra. Laura Mena García, Dra. Carla Daniela Guantay.

Centro: IOBA – Campus Miguel Delibes – Paseo de Belén 17 – 47011 – Valladolid

Teléfono: 983 42 35 59

### Propósito del estudio

Muchos pacientes con DCA u otra enfermedades neurológicas refieren una velocidad de lectura lenta o reducida y una falta de precisión al seguir el texto o cambiar de renglones. Aunque este problema ya está identificado, nos falta mucho por saber y sobre todo para buscar soluciones. Nos falta mucho por saber sobre sus causas y sobre todo para diseñar programas de rehabilitación que puedan mejorarla vida de los pacientes.

Con este proyecto pretendemos caracterizar la repercusión de las lesiones cerebrales en su capacidad de lectura de una forma objetiva. Creemos que será importante para controlar la evolución de su enfermedad y en un futuro desarrollar una rehabilitación personalizada según las necesidades específicas de cada uno de los pacientes.

El objetivo de esta investigación es por lo tanto estudiar las alteraciones en los movimientos oculares y su rendimiento lector.

Usted participará en un estudio clínico sin medicamentos. Podría ser incluido en el grupo de pacientes con daño cerebral adquirido o, si no tiene patología ser incluido en el grupo control sin enfermedad neurológica.

## Participación voluntaria

---

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico, ni se produzca perjuicio alguno.

Tanto ahora como durante el transcurso del mismo, puede plantear cualquier duda o pregunta que considere sobre su participación en el estudio.

Aunque no percibirá ninguna compensación económica o de otro tipo por su participación en el estudio, la información generada en el mismo podría ser fuente de beneficios comerciales. En tal caso, están previstos mecanismos para que estos beneficios reviertan en la salud de la población, aunque no de forma individual en los participantes.

## Condiciones del estudio

---

Si se decide a participar, usted accede a que se le realicen un examen oftalmológico completo, campo visual computarizado y registro de sus movimientos oculares de fijación, seguimiento y sacádicos con el sistema eye-tracking Tobii Pro Nano.

## Pruebas que se realizarán durante el estudio

---

- Toma de la visión de cerca y de lejos
- Estudio de sus movimientos oculares
- Examen de la parte anterior del ojo con la lámpara de hendidura y del fondo de ojo
- La realización de un campo visual para ver si tiene defectos
- Y sobre todo el registro de sus movimientos oculares de fijación, seguimiento y sacádicos con el sistema eye-tracking Tobii Pro Nano que es el objetivo principal de este proyecto.

## Riesgos que entraña el presente estudio

---

Usted será tratado siempre según los postulados para la investigación clínica en seres humanos recogidos en la Declaración de Helsinki. El estudio no tiene como objetivo evaluar ni comparar la eficacia de ningún fármaco o tratamiento. En ningún momento se le administrará ninguna medicación que no pertenezca a la rutina médica mejor para su caso prescrita por médico. Porque se trata de un estudio clínico que permitirá conocer e intentar solucionar sus posibles problemas de lectura.

Daños posibles relacionados al examen oftalmológico:





Los propios de dilatarle la pupila para explorarle el fondo de ojo.

### Confidencialidad

---

Sus datos van a formar parte de un fichero automatizado y manual denominado Pacientes cuyo responsable es el IOBA (Fundación General de la Universidad de Valladolid).

En todo momento se seguirán las normativas establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, lo cual garantiza el que su identificación será siempre confidencial fuera del equipo que le realice la pruebas.

Solo se emplearán los datos de su historia clínica para correlacionarlos con los obtenidos en los análisis de los datos del estudio, estando en todo momento desvinculado su nombre de los mismos.

Sus datos serán tratados únicamente para fines de investigación y docencia médica exclusivamente. Los datos registrados serán tratados estadísticamente de forma codificada y serán guardados de forma indefinida, lo que permitirá que puedan ser utilizados por el grupo del investigador principal en estudios futuros de investigación relacionados con la línea de trabajo arriba expuesta. Dichos datos podrán ser cedidos a otros investigadores designados por el Investigador Principal Dr. José Carlos Pastor Jimeno para trabajos relacionados con esta línea, siempre al servicio de proyectos que tengan alta calidad científica y respeto por los principios éticos. En estos dos últimos casos, se solicitará antes autorización al CEIm (Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos) Área de Salud Valladolid Este.

En todo momento el participante tendrá derecho de acceso, rectificación, cancelación y oposición dirigiéndose una solicitud con copia de su DNI a la Fundación General de la Universidad de Valladolid en Plaza de Santa Cruz, 5 bajo del 47002 de Valladolid o al mail [protecciondatos@funge.uva.es](mailto:protecciondatos@funge.uva.es). Así mismo, tiene derecho a dirigirse a la Agencia de Protección de Datos si no queda satisfecho.

Los resultados de este estudio podrán ser divulgados en revistas científicas, congresos y otro tipo de reuniones médicas, pero siempre guardando la confidencialidad de sus datos personales.

### Otra información relevante

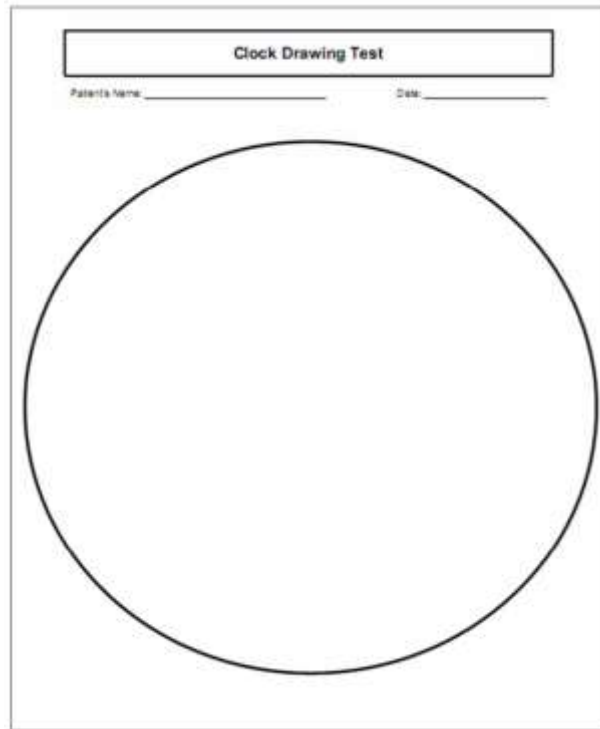
---

A partir de los estudios que se realicen se podrá obtener información de importancia para su salud. La información que se obtenga del análisis al que será sometido, le será comunicada exclusivamente a Vd., cuando sea relevante para su salud.



Si usted decide retirar el consentimiento para participar en este estudio, no se añadirá ningún dato nuevo a la base de datos. También debe saber que puede ser excluido del programa si los responsables del estudio lo consideran oportuno dándole las explicaciones pertinentes de la razón.

12.4 Clock-drawing test



**Instructions for the Clock Drawing Test:**

- Step 1:** Give patient a sheet of paper with a large (relative to the size of handwritten numbers) pre-drawn circle on it. Indicate the top of the page.  
**Step 2:** Instruct patient to draw numbers in the circle to make the circle look like the face of a clock and then draw the hands of the clock to read "10 after 11."

**Scoring:**

Score the clock based on the following six-point scoring system:

Score	Errors	Examples
1	Perfect	No errors in the task
2	Minor visuospatial errors	a) Mildly impaired spacing of lines b) Drew lines outside circle c) Turns page while writing so that some numbers appear upside down d) Draws in lines (spokes) to orient spacing
3	Inaccurate representation of 10 after 11 when visuospatial organization is perfect or shows only minor deviations	a) Minute hand points to 10 b) Writes "10 after 11" c) Unable to make any denotation of time
4	Moderate visuospatial disorganization of lines such that accurate denotation of 10 after 11 is impossible	a) Moderately poor spacing b) Omits numbers c) Perseveration: repeats circle or continues on past 12 to 13, 14, 15, etc. d) Right/left reversal: numbers drawn counterclockwise e) Dysgraphia: unable to write numbers accurately
5	Severe level of disorganization as described in scoring of 4	See examples for scoring of 4
6	No reasonable representation of a clock	a) No attempt at all b) No semblance of a clock at all c) Writes a word or name

(Shulman et al., 1992)

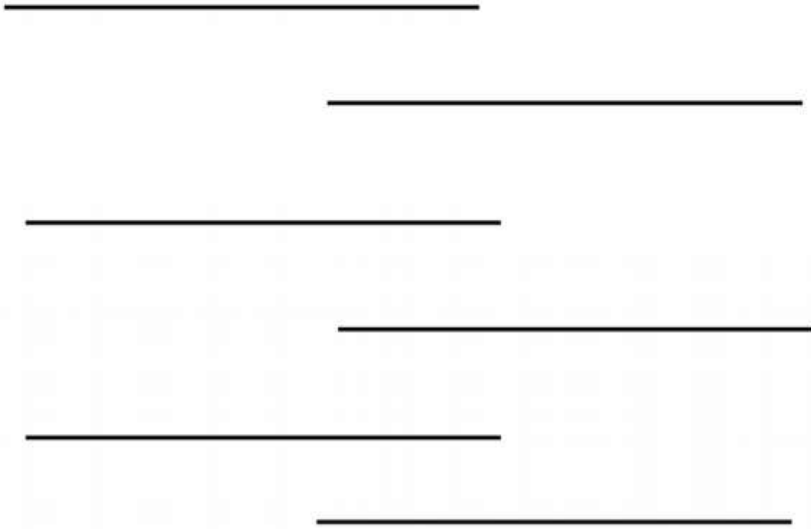
Higher scores reflect a greater number of errors and more impairment. A score of 6 represents cognitive deficit, while a score of 1 or 2 is considered normal.

**Sources:**

- Kirby M, Denihan A, Bruce I, Coakley D, Lawlor BA. The clock drawing test in primary care: sensitivity in dementia detection and specificity against normal and depressed elderly. *Int J Geriatr Psychiatry*. 2001;16:935-940.
- Richardson HE, Glass JN. A comparison of scoring protocols on the clock drawing test in relation to ease of use, diagnostic group, and correlations with Mini-Mental State Examination. *J Am Geriatr Soc*. 2002;50:169-173.
- Shulman KI, Gold DP, Cohen CA, Zucchero CA. Clock drawing and dementia in the community: a longitudinal study. *Int J Geriatr Psychiatry*. 1993;8:487-498.

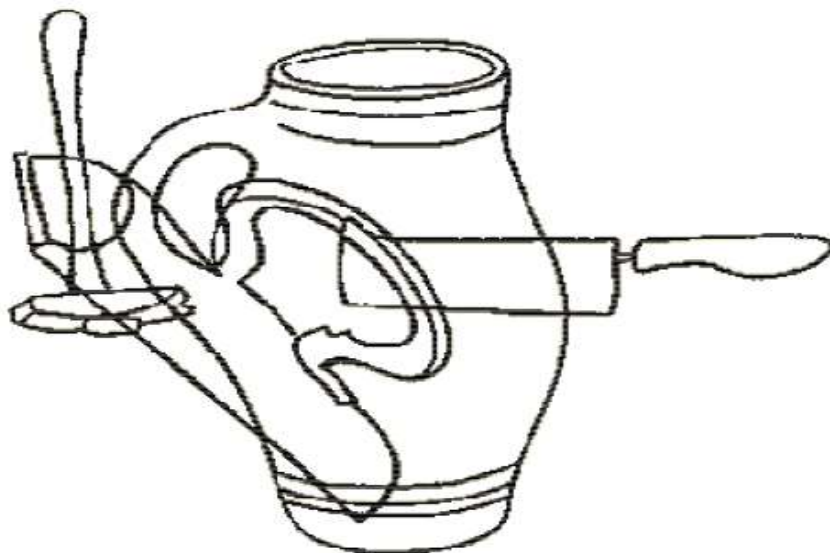
12.5 *Line bisection test*

Datum: \_\_\_\_\_ ID-Nr: \_\_\_\_\_

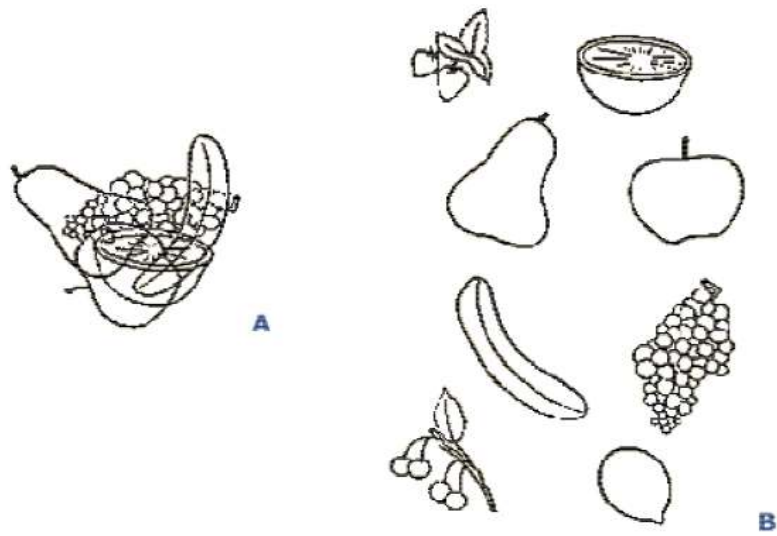


The diagram illustrates the line bisection test. It consists of six horizontal lines arranged in three pairs. Each pair is separated by a vertical dashed line. The top pair has a solid line on the left and a shorter solid line on the right. The middle pair has a shorter solid line on the left and a longer solid line on the right. The bottom pair has a longer solid line on the left and a shorter solid line on the right. This setup is used to measure the patient's ability to accurately bisect lines of different lengths.

12.1 Test de Poppelreuter - Ghent







## 12.2 Mini-mental state examination

NOMBRE: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ NIVEL FORMATIVO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ PROFESIONAL: \_\_\_\_\_

### INSTRUCCIONES

Las indicaciones en **negrita** deben ser leídas al sujeto en voz alta, despacio y de manera clara. Entre paréntesis se apuntan indicaciones complementarias y las respuestas esperables a algunos ítems. La exploración debe realizarse en privado y en el idioma materno del sujeto. Si este padece alguna limitación de tipo visual y auditivo, debe ponerse y/o ajustarse la prótesis que utilice para corregirla (gafas, audífono). Marque con un círculo el 0 si la respuesta es incorrecta, y el 1 si la respuesta es correcta. Puede comenzar la exploración formulando alguna pregunta introductoria, como la siguiente:

### ¿Tiene algún problema con su memoria?

1. ORIENTACIÓN TEMPORAL	RESPUESTA	PUNTUACIÓN
<b>Dígame, por favor...</b>		
¿En qué año estamos?		0 1
¿En qué estación o época del año estamos?		0 1
¿En qué mes estamos?		0 1
¿Qué día de la semana es hoy?		0 1
¿Qué día del mes es hoy?		0 1

## 2. ORIENTACIÓN ESPACIAL

Pueden sustituirse los lugares originales por otros alternativos; anótelos si es así

¿En qué país estamos?		0	1
¿En qué provincia/comunidad autónoma estamos?		0	1
¿En qué población estamos?		0	1
¿Dónde estamos ahora? (establecimiento/casa: nombre de la calle)		0	1
¿En qué planta/piso estamos? (casa: piso o número de la calle)		0	1

## 3. FIJACIÓN

Pueden utilizarse series alternativas de palabras (p. ej., LIBRO, QUESO, BICICLETA) cuando tenga que reevaluarse al paciente; anótelos si es así

<p>Ahora, por favor, escuche atentamente. Le voy a decir tres palabras y deberá repetir las cuando yo termine. ¿Preparado? Estas son las palabras:</p> <p style="text-align: center;"><b>PELOTA</b> <b>CABALLO</b> <b>MANZANA</b></p> <p>¿Me las puede repetir? (si es necesario, repetir las hasta cinco veces, pero puntuar sólo el primer intento) Trate de recordar estas palabras; se las preguntaré de nuevo en unos minutos</p>		0	1
		0	1
		0	1

## 4. ATENCIÓN Y CÁLCULO

<p>Si tiene 30 monedas y me da 3, ¿cuántas monedas le quedan? Siga restando de 3 en 3 hasta que le diga que pare</p> <p style="text-align: center;"><b>30 menos 3... (27)</b> <b>... menos 3... (24)</b> <b>... menos 3... (21)</b> <b>... menos 3... (18)</b> <b>... menos 3... (15)</b></p>		0	1
		0	1
		0	1
		0	1
		0	1

## 5. MEMORIA

<p>¿Recuerda las tres palabras que le he dicho antes? (no facilitar pistas)</p> <p style="text-align: center;"><b>PELOTA</b> <b>CABALLO</b> <b>MANZANA</b></p>		0	1
		0	1
		0	1

## 6. NOMINACIÓN

Pueden utilizarse objetos comunes alternativos (p. ej.: gafas, sillas, llaves, etc.); anótelos si es así

<b>¿Qué es esto?</b> (mostrar un lápiz o bolígrafo) <b>Y esto, ¿qué es?</b> (mostrar un reloj)		0 1 0 1
---	--	------------

## 7. REPETICIÓN

<b>Ahora le voy a decir una frase que deberá repetir</b> <b>¿Preparado?</b> <b>EN UN TRIGAL HABÍA CINCO PERROS</b> <b>¿Me la puede repetir, por favor?</b> (si es necesario, repetirla hasta cinco veces, pero puntuar sólo el primer intento)		0 1
---	--	-----

## 8. COMPRENSIÓN

Tenga una hoja de papel a mano

<b>Ahora escuche atentamente, voy a pedirle que haga algo siguiendo mis instrucciones</b> <b>¿Preparado?</b> (facilitar la hoja de papel) <b>Coja este papel con la mano derecha...</b> <b>... dóblelo por la mitad...</b> <b>... déjelo en el suelo/mesa...</b>		0 1 0 1 0 1
--	--	-------------------

## 9. LECTURA

<b>Ahora le voy a mostrar un papel con una frase; debe leerla y hacer lo que está escrito</b> <b>¿Preparado?</b> (mostrar la hoja con la frase estímulo)  <b>CIERRE LOS OJOS</b>		0 1
---	--	-----

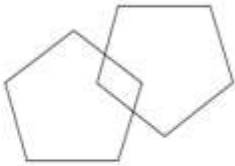
10. ESCRITURA

Tenga una hoja de papel y un lápiz o bolígrafo a mano

<p><b>Ahora le voy a pedir que escriba una frase; lo que quiera, algo que tenga sentido</b> (facilitar la hoja de papel y el lápiz o bolígrafo) Si la persona no responde, puede decirle, por ejemplo: <b>Escriba algo sobre el tiempo que hace hoy</b></p>	<p>0 1</p>
---	------------

11. DIBUJO

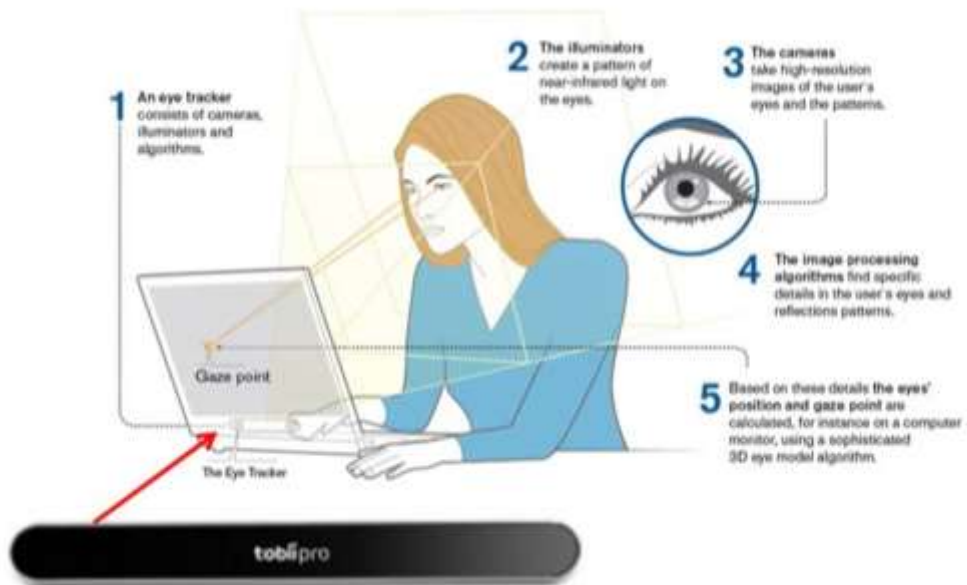
Tenga una hoja de papel y un lápiz o bolígrafo a mano

<p><b>Ahora le voy a pedir que copie este dibujo</b> (facilitar la hoja de papel y el lápiz o bolígrafo y mostrar la hoja con el dibujo estímulo)</p> 	<p>0 1</p>
---	------------

<p>PUNTUACIÓN TOTAL</p>	<p>/30</p>
-------------------------	------------

Figura 1 Contenido de la adaptación española del MEC (Lobo et al', 1979, 1999, 2002).

### 12.3 Sistema de *eye tracker*



### 12.4 Registro de los MOC durante una prueba de lectura



12.5 Cuestionario atencional basado en el IReST

Nombre y Apellido:

Fecha	Preguntas	Respuesta	
	¿A qué se refiere el texto?	Árboles	
	¿Qué determina el tipo de árboles de cada zona?	Clima	