



**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

Facultat de Medicina

Departament de Cirurgia

Hospital Universitari Vall d'Hebron

**ESTUDIO SOBRE LA TORSIÓN OCULAR:  
POSICIÓN CEFÁLICA, EDAD Y  
SÍNDROME DE DOWN.**

TESIS DOCTORAL

**Luisa Vélez Escolà**

DIRECTORES

**José García-Arumí, Nieves Martín Begué, Javier Puig Galy**

Barcelona, 2015



A todos aquellos que siguen aprendiendo.



## Agradecimientos

A los Dres. José García-Arumí, Nieves Martín y Javier Puig por aceptar la dirección de mi tesis doctoral y contar con su apoyo, su experiencia y su criterio. A la Dra. Galán, muy especialmente, por brindarme la idea original, los pacientes, sus conocimientos, su tiempo, su disponibilidad, su criterio, su tenacidad, su altruismo, por contagiarme su pasión por la oftalmología y por demostrarme, una y otra vez que, seguir aprendiendo, merece la pena.

A Paco Gabaldón, por su tiempo, su experiencia, su habilidad, esfuerzo y gran ayuda en la recogida de datos y por su compañía y sentido del humor.

A Marina Ruiz y Rubén Fernández por su colaboración y profesionalidad en la recogida de datos. A Laura Ríos, María José Cabrejas, Nora Gabaldón y María Jesús Gabaldón por su colaboración a la hora de reclutar pacientes.

A mis queridos compañeros y amigos Diana Mora, Emilio Segovia, Álvaro Barraza, Jaume Rigo, Pablo Laso, Laura De Nicola, Mireia Garriga, Rodolfo Bolados, Sebastián Prieto, Marc Pérez, Montserrat González, Daniela Mora, Laia Vilà, Juan Pablo Garnica, Clara Noguera y Ana Lapuente, que me regalaron su tiempo colaborando como voluntarios por generosidad y por amistad. Este trabajo sin ellos no hubiera sido posible.

A Santiago Pérez, estadístico, por su inestimable ayuda a la hora de pelear con los datos, ordenarlos y darles sentido.

A todos aquellos que han contribuido en mi camino en la medicina y en la música.

A todos aquellos que me han animado a seguir siempre, en especial a mis amigas Lidia Morales y Núria Montero y a mis entrañables co-R Gabriel Arcos y Daniel Velázquez, por tantos momentos compartidos.

A mis fabulosos padres, Pilar y Rodolfo y a mi querido hermano Rodolfo por su absoluta incondicionalidad y su cariño.

A Benni por su amor, por su confianza ciega en mí, por su infinita paciencia y a nuestra pequeña Helena, que despertó al mundo y me regaló su primera sonrisa mientras escribía las últimas líneas de este trabajo.



# ÍNDICE



# ÍNDICE

ABREVIATURAS	15
1. JUSTIFICACIÓN	19
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO	23
3. OBJETIVOS	27
4. INTRODUCCIÓN	31
4.1. CONCEPTO DE TORSIÓN OCULAR Y SU EVOLUCIÓN HISTÓRICA	31
4.2. LA VISIÓN, LOS MOVIMIENTOS OCULARES Y LOS SISTEMAS OCULOMOTOR Y VESTIBULAR	35
4.2.1. La visión y los tipos de movimientos oculares	35
4.2.2. El sistema oculomotor	37
a. Biomecánica de la órbita y de los músculos extraoculares	37
b. Componentes neurológicos del sistema oculomotor	40
c. Vías del sistema oculomotor	42
4.2.3. El sistema vestibular	43
a. Laberinto, canales semicirculares, sáculo y utrículo	43
b. La vía vestibular	47
4.3. EL REFLEJO VESTIBULOOCULAR	49
4.3.1. Reflejo vestibuloocular traslacional	49
4.3.2. Reflejo vestibuloocular rotacional	49
4.4. LA TORSIÓN OCULAR EN LA POBLACIÓN INFANTIL	51
4.5. LA TORSIÓN OCULAR EN LA POBLACIÓN CON SÍNDROME DE DOWN	52
4.6. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA TORSIÓN OCULAR	54
L. Vélez, 2015	9

5.	MATERIAL Y MÉTODOS	59
5.1.	TORSIÓN DEL FONDO DE OJO SEGÚN LA POSICIÓN CEFÁLICA	59
5.2.	TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA DE LA MIRADA EN LA POBLACIÓN INFANTIL SANA	66
5.3.	TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA EN PACIENTES CON SÍNDROME DE DOWN	70
5.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	72
6.	RESULTADOS	75
6.2.	TORSIÓN DEL FONDO DE OJO SEGÚN LA POSICIÓN CEFÁLICA	75
6.2.1.	Sexo	75
6.2.2.	Edad	75
6.2.3.	Retinografías	75
6.2.4.	Análisis descriptivo para el ojo derecho	76
a.	Análisis descriptivo de la torsión del ojo derecho en función de la posición de la cabeza	76
b.	Análisis descriptivo de la variación de la torsión del ojo derecho en función del cambio de posición de la cabeza en los tres planos del espacio respecto a la posición primaria	78
c.	Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en grados y en porcentaje del ojo derecho en función del cambio de la inclinación de la cabeza en el plano frontal	80
d.	Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación en la torsión ocular del ojo derecho según el cambio de la posición de la cabeza	82
6.2.5.	Análisis descriptivo para el ojo izquierdo	84
a.	Análisis descriptivo de la torsión del ojo izquierdo en función de la posición de la cabeza	84
b.	Análisis descriptivo de la variación de la torsión del ojo izquierdo en función del cambio de posición de la cabeza en los tres planos del espacio respecto a la posición primaria	86

c.	Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en grados y en porcentaje del ojo izquierdo en función del cambio de la inclinación de la cabeza en el plano frontal	88
d.	Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación en la torsión ocular del ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza	90
6.2.6.	Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo	92
a.	Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación en la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho el ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza	94
6.2.7.	Análisis descriptivo para la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo	96
a.	Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación de la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza	98
6.2.8.	Análisis de la relación entre torsión ocular y ojo y mano dominante	100
a.	Torsión ojo derecho en función del ojo dominante	100
b.	Torsión del ojo izquierdo en función del ojo dominante	101
c.	Torsión del ojo derecho en función de la mano dominante	102
d.	Torsión del ojo izquierdo en función de la mano dominante	103
e.	Correlación entre ojo y mano dominante	104
6.3.	TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA EN LA POBLACIÓN INFANTIL SANA	105
6.3.1.	Sexo	105
6.3.2.	Edad	105
6.3.3.	Retinografías	105
6.3.4.	Análisis descriptivo y analítico para la torsión del ojo derecho	106
6.3.5.	Análisis descriptivo y analítico para la torsión del ojo izquierdo	109

6.3.6. Análisis descriptivo y analítico para la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo	112
6.3.7. Análisis descriptivo para la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo	115
6.3.8. Análisis descriptivo para el ratio de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo	117
6.3.9. Análisis estadístico inferencial para el estudio de la evolución de la torsión en el tiempo en un mismo sujeto con el test signo-rango de Wilcoxon y con el test de T de Student para muestras apareadas	121
a. Grupo conjunto de todos los niños	121
b. Grupo de niños en que el intervalo de tiempo entre mediciones es menor que un año	123
c. Grupo de niños en que el intervalo de tiempo entre mediciones es mayor que un año	124
6.3.10. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad	125
6.4. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA EN LA POBLACIÓN CON SÍNDROME DE DOWN	127
6.4.1. Sexo	127
6.4.2. Edad	127
6.4.3. Retinografías	127
6.4.4. Análisis descriptivo de la torsión del ojo derecho	128
6.4.5. Análisis descriptivo de la torsión del ojo izquierdo	130
6.4.6. Análisis descriptivo de la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo	132
6.4.7. Análisis descriptivo de la suma de torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo	134
6.4.8. Análisis descriptivo del ratio entre el ojo derecho y el ojo izquierdo	136
6.4.9. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad	138

6.4.10. Análisis estadístico inferencial con el test de T de Student y con el test de Mann-Whitney sobre la diferencia de torsión entre población infantil sana y población con síndrome de Down	140
a. Torsión del ojo derecho	140
b. Torsión del ojo izquierdo	141
c. Diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo	142
d. Suma de torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo	143
e. Ratio de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo	144
6.5. ESTUDIO DE REPRODUCIBILIDAD Y DE CORRELACIÓN ENTRE RETINÓGRAFOS	145
6.6. TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS	148
6.6.1. Torsión ocular compensatoria en el plano frontal	148
6.6.2. Torsión ocular en los diferentes grupos	148
7. DISCUSIÓN	151
7.1. DISCUSIÓN ACERCA DE LA TORSIÓN OCULAR EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN CEFÁLICA	151
7.1.1. Torsión ocular en posición primaria de la mirada y en posición cefálica neutra	151
7.1.2. Variaciones en la torsión ocular en función de los cambios de posición cefálica. Estudio estático del reflejo vestibuloocular torsional.	157
7.2. DISCUSIÓN ACERCA DE LA TORSIÓN OCULAR EN POSICIÓN PRIMARIA DE LA MIRADA Y EN POSICIÓN CEFÁLICA NEUTRA EN LA POBLACIÓN INFANTIL SANA	165
7.3. DISCUSIÓN ACERCA DE LA TORSIÓN OCULAR EN POSICIÓN PRIMARIA EN LA POBLACIÓN CON SÍNDROME DE DOWN	173
8. CONCLUSIONES	177
9. BIBLIOGRAFÍA	181



## **ABREVIATURAS**

OD	Ojo derecho
OI	Ojo izquierdo
TO	Torsión ocular
TOC	Torsión ocular compensatoria
PPM	Posición primaria de la mirada



# JUSTIFICACIÓN



## 1. JUSTIFICACIÓN

La torsión ocular y el reflejo vestibuloocular son dos fenómenos que han suscitado un gran interés a lo largo de la historia con los consecuentes estudios, tanto por parte de oftalmólogos como de otorrinolaringólogos, neurólogos y fisiólogos ya que, además de facilitar el diagnóstico y el tratamiento de diversas patologías, tiene aplicación directa en el campo de la aeronáutica. En los últimos años, gracias al desarrollo de la tecnología, ha habido un repunte del número de artículos que hacen referencia al tema.

A pesar de los múltiples esfuerzos, quedan aún aspectos por esclarecer y no existe una explicación científicamente aceptada acerca de la fisiología de la torsión ocular y del reflejo vestibuloocular debido a que los resultados de los diferentes trabajos son, en muchas ocasiones controvertidos e incluso contradictorios. Esto se debe, en parte, a la gran complejidad intrínseca de estos fenómenos, a la poca uniformidad en la metodología empleada y al desarrollo de la tecnología, que deja relativamente obsoleta la utilizada en los primeros estudios que son, en general, los que asientan las bases y los que se usan como referencia en el tema. Todo ello lleva a resultados dispares y, por tanto, a interpretaciones muy diversas.

A su vez, muchos de los estudios se centran en la patología que afecta tanto a la torsión ocular como al reflejo vestibuloocular, ya que son los retos habituales de la práctica clínica y que, por tanto, necesitan una resolución más inmediata, lo que supone otro escalón de dificultad añadida al tema; ¿cómo interpretar resultados patológicos sin que exista una noción clara acerca de la fisiología de dichos fenómenos?

Durante años, la torsión ocular ha mantenido y sigue manteniendo en jaque a la mayoría de estrabólogos, dado que tiene un papel fundamental a la hora de orientar el diagnóstico, y de decidir y realizar el tratamiento quirúrgico. Mientras siga siendo parcialmente comprendida, y por ello, insuficientemente considerada en la práctica diaria de las consultas de estrabismo, constituirá una limitación al progreso de dicha subespecialidad.

Con el fin de contribuir en la búsqueda de un método reproducible y de unos resultados coherentes que nos ayuden a explicar las características de la torsión ocular compensatoria según la posición de la cabeza en un grupo de voluntarios adultos sanos, la evolución de la torsión ocular en la población infantil y las características específicas de la torsión ocular en pacientes con síndrome de Down, hemos ideado este trabajo.

Los diversos supuestos analizados se interrelacionan entre sí y se complementan, permitiendo de esta manera una más amplia interpretación de los resultados.

# HIPÓTESIS DE TRABAJO



## 2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las hipótesis en que se basa este trabajo de investigación son las siguientes:

- a. Aunque la posición cefálica condicione la torsión del fondo de ojo, no son directamente proporcionales.
- b. La torsión del fondo de ojo varía con la edad; los niños presentan una exciclotorsión relativa a la posición final del globo ocular en la edad adulta.
- c. Los pacientes con síndrome de Down presentan más inciclotorsión que la población general.



# OBJETIVOS



### **3. OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo de investigación son:

- a. Determinar la torsión del fondo de ojo en función de la posición de la cabeza en el espacio (definida en el plano frontal, sagital y axial) en un grupo control de 20 sujetos sanos, para valorar el grado de compensación que produce el sistema vestibular.
- b. Describir los grados de torsión del fondo de ojo en función de la edad en la población infantil sana (1036 niños de entre 2 y 18 años).
- c. Describir los grados de torsión del fondo de ojo en pacientes con síndrome de Down y sin patología oculomotora.



# INTRODUCCIÓN



## 4. INTRODUCCIÓN

### 4.1. CONCEPTO DE TORSIÓN OCULAR Y SU EVOLUCIÓN HISTÓRICA

La torsión se define en el diccionario de la Real Academia Española como “la acción y el efecto de torcer o torcerse algo de forma helicoidal”. Este concepto, como vemos, implica tanto movimiento (acción de torcer) como el resultado de dicho movimiento; un estado estático (efecto de torcer), lo que puede generar algo de confusión al leer únicamente “torsión”, ya que sólo puede deducirse del contexto si se refiere a una acción, o al efecto de la misma.

Si se aplica este concepto al campo de la medicina, según el diccionario médico VOX, encontramos que la torsión es la “rotación traumática o patológica de una estructura anatómica sobre su propio eje”. En el caso del movimiento de torsión ocular, no nos hallamos ante un movimiento patológico sino fisiológico ya que sería “el movimiento de rotación que realizan los globos oculares alrededor de su eje visual, que pasa por el centro de la córnea y atraviesa la fovea. Imaginando que la córnea es un reloj, se define como inciclotorsión el movimiento de rotación que desplaza las 12 horas hacia el lado nasal, y como exciclotorsión el movimiento de rotación que desplaza las 12 horas hacia el lado temporal” (Galán et al.<sup>1</sup>).

Los términos empleados para describir la torsión ocular y el movimiento de torsión ocular en el reflejo vestibuloocular, también pueden ser confusos. Se habla de “estudio dinámico del reflejo vestibuloocular” y de “estudio estático del reflejo vestibuloocular”. El estudio estático de un reflejo que es consecuencia de un movimiento, en este caso, el de la cabeza, parece que entrañe una contradicción, lo que hace necesario aclararlo.

En este trabajo, definimos los siguientes conceptos:

- Torsión ocular: posición del globo ocular definida respecto a su eje visual.
- Movimiento de torsión ocular: movimiento de rotación del globo ocular alrededor de su eje visual.

- Torsión ocular compensatoria: movimiento de rotación del globo ocular alrededor de su eje visual en sentido contrario a la inclinación cefálica sobre el hombro, que es el estímulo desencadenante.
- Estudio dinámico del reflejo oculo vestibular: es el estudio del movimiento de torsión cuando el individuo es sometido a un movimiento continuo. Un “corte” en el tiempo, nos puede dar información acerca de la torsión ocular (posición del globo respecto a su eje visual) en un momento determinado.
- Estudio estático del reflejo oculo vestibular: es el estudio de la torsión ocular (posición del globo respecto a su eje visual) en diferentes posiciones de la cabeza. El movimiento inevitable necesario para el cambio de situación de la cabeza, se intenta minimizar controlando su velocidad, aceleración y el tiempo en que se mantiene la cabeza inmóvil en cada posición.

El movimiento de torsión ocular fue descrito por primera vez por John Hunter<sup>2</sup> en 1786, denominándolo “contramovimiento ocular dinámico”; destacó la función de los músculos oblicuos y sugirió que dicho movimiento podría ser necesario para estabilizar la visión mientras se inclina la cabeza.

Durante el siglo XIX se polemizó sobre la existencia del movimiento torsional al inclinar la cabeza y se confundieron los conceptos de torsión dinámica, torsión estática y “falsa torsión” (torsión aparente pero irreal, consecuencia del artefacto que supone medir ángulos en una superficie esférica; según la perspectiva que se escoja, variarán levemente las mediciones o, definido de otra manera, el error cometido al describir en un plano la trayectoria de una esfera). El mismo Donders<sup>3</sup> negó que existiera torsión ocular al no poder registrarla observándose a sí mismo en un espejo. Años después revocó sus conclusiones a favor de la existencia de una torsión de 5,5° en 45° de

inclinación cefálica. Javal<sup>4</sup>, en 1866, afirmó que debía existir torsión compensatoria porque, cuando inclinaba la cabeza, no veía de manera clara a través de las gafas correctoras de su astigmatismo. Adler<sup>5</sup> pensaba que la torsión del globo ocular era completamente compensatoria de la inclinación cefálica; posteriormente la mayoría de autores han observado que dicha compensación es parcial y que representa aproximadamente el 10% de la magnitud de la inclinación de la cabeza. Así, Barany<sup>6</sup> en 1906, realizó el primer intento de medición con biomicroscopia del grado de torsión ocular en función del movimiento cefálico; concluyó que los ojos realizaban un movimiento torsional de 2° por cada 15° de inclinación de la cabeza y determinó que el grado máximo de torsión compensatoria era de 8°. Fisher<sup>7</sup> en 1927 afirmó que una inclinación lateral cefálica de 40° provocaba 1,4° - 2,4° de torsión y que era el efecto de la gravedad sobre el laberinto, independientemente de la posición del cuerpo, lo que determinaba el grado de torsión (se descartó así que los músculos del cuello tuvieran influencia directa en la torsión ocular).

En los 60, Levine<sup>8</sup>, tomando como referencia las criptas del iris y Jampel<sup>9</sup>, usando membrana de huevo sobre la córnea, volvieron a negar la existencia de cicloducción que compensase la inclinación de la cabeza, este último autor atribuyó el fenómeno observado por sus colegas a la “falsa torsión”. Colenbrander et al.<sup>10</sup> volvieron a alegar que sí que existía torsión y estudiaron el efecto de la aceleración gravitacional sobre el laberinto. Observaron que si se somete a un individuo con la cabeza inclinada a 40° a una aceleración gravitacional de 2G (2x 9,81m/s<sup>2</sup>), aumenta su torsión ocular desde 18° a 26°.

En 1971, Nelson y Cope<sup>11</sup> afirman que una inclinación cefálica de 50° implica una torsión compensatoria de 5,64° ± 2,57°. Al comparar la torsión de un ojo respecto al otro, se encontró una diferencia de 2,51° ± 2,28°.

Kushner en 2004<sup>12</sup> recopila diferentes artículos publicados acerca de la torsión del ocular en función de la inclinación cefálica y encuentra una serie de inconsistencias en la explicación clásica de dicho fenómeno, que sostiene que, cuando la cabeza se inclina, la pareja de músculos inciclotorsores ipsilaterales al movimiento se estimulan y la pareja de músculos exciclotorsores ipsilaterales se inhiben para contrarrestar el movimiento cefálico. Sin embargo, el autor describe una serie de fenómenos que le ayudan a

elaborar una teoría algo diferente. Observa que, durante la inclinación cefálica, se suceden en ambos ojos una serie de movimientos de inciclo y de exciclotorsión. Cada ojo realiza un movimiento lento de cicloducción compensatoria en dirección opuesta a la inclinación cefálica, que sería un movimiento en “cabeza de muñeca” con el objetivo de estabilizar la imagen en la retina. Le sigue un movimiento rápido sacádico anticomensatorio en la misma dirección de la inclinación de la cabeza. Ello permite que al final del movimiento cefálico haya sólo un pequeño grado de contratorción estática y de esta forma, se facilite la estereopsis, que es uno de los atributos más importantes de la visión de los animales con ambos ojos en el plano frontal. Estos mismos resultados, son los que demuestra Pansell<sup>13-16</sup> en su tesis sobre la torsión ocular durante la inclinación cefálica realizada en 2003.

Otros estudios como el de Tweed<sup>17</sup> observan que si la inclinación cefálica es voluntaria, el ojo alcanza su posición final adelantándose al movimiento de inclinación de la cabeza, demostrando así la gran eficiencia del sistema oculomotor para estabilizar la imagen de la retina durante el movimiento cefálico.

Diferentes autores a lo largo de la historia han medido la relación entre la papila y la fovea en condiciones normales como primer paso para valorar los cambios torsionales. Bixenman y von Noorden<sup>18</sup>, obtuvieron un ángulo entre papila y fovea de  $7 \pm 2^\circ$  en un grupo de 42 individuos. Posteriormente se obtuvieron resultados parecidos aunque no idénticos; Dadi y Hernandez<sup>19</sup> determinan en 10 individuos una torsión de  $6,6 \pm 2,62^\circ$ , Kothari et al<sup>20</sup> en 36 individuos una torsión de  $6,1 \pm 4,3^\circ$ , Williams y Wilkinson<sup>21</sup> en 223 individuos  $6,1 \pm 3,3^\circ$ , De Ancos<sup>22</sup> en 15 individuos  $7,03 \pm 2,9^\circ$  y Lefèvre<sup>23</sup> en 150 individuos  $6,3 \pm 3,4^\circ$ .

## 4.2. LA VISIÓN, LOS MOVIMIENTOS OCULARES Y LOS SISTEMAS OCULOMOTOR Y VESTIBULAR

### 4.2.1. La visión y los tipos de movimientos oculares

El sistema visual juega un papel existencial en la supervivencia de ciertas especies, entre ellas, el ser humano. Su desarrollo a lo largo del tiempo ha hecho de él un sistema extremadamente complejo, lo que se traduce en que el área de la corteza cerebral dedicada a la visión sea la más extensa.

El hecho de que estemos en constante movimiento (cabeza y cuerpo) dificulta que se pueda generar una imagen nítida en la retina<sup>24</sup>. Para que la visión pueda ser estable, se deben dar tres circunstancias; que la imagen retiniana esté centrada en la fóvea (1-2° centrales), que la imagen oscile hasta un determinado límite (<4 ciclos por segundo) y que se pueda mantener la correspondencia entre las imágenes captadas por cada ojo para asegurar la estereopsis y evitar la diplopía y la confusión. Ello se ha logrado adaptando la posición de los ojos a la imagen de interés, lo que ha resultado evolutivamente más exitoso que modular el procesamiento de dicha imagen, ya que las proyecciones de las fibras de la retina vía tálamo hacia la corteza visual son largas y su procesamiento lento y complejo. El resultado de este proceso son los diferentes circuitos neuronales que controlan la motilidad ocular y permiten tanto que los ojos se mantengan fijos sobre un objeto inmóvil como que puedan seguirlo si éste se desplaza, y todo ello, de manera independiente de la posición estática o dinámica de la cabeza y del cuerpo del sujeto que mira.

Los *movimientos de desplazamiento o de alineación de la mirada* permiten trasladar los globos oculares hacia el elemento de atención del campo visual. Si estos son rápidos (el objeto de interés se desplaza rápido) se denominan “sacadas” y tienen su origen en la corteza frontal, y si son lentos (el objeto de interés se desplaza lentamente), se denominan “movimientos de seguimiento” y tienen su origen en la corteza parietotemporoccipital. Estos movimientos pueden ser conjugados, si los ejes visuales

se mantienen paralelos, y no conjugados (vergencias) si los ejes visuales convergen en algún punto del plano sagital.

Los *movimientos de estabilización o de mantenimiento de la mirada* permiten mantener los ojos fijos sobre un elemento inmóvil, para lo que tienen que realizar pequeñas sacudidas que evitan el agotamiento de los fotorreceptores. Estos estímulos se integran en los núcleos vestibulares y en el núcleo prepositus del hipogloso. Además, hay otros dos mecanismos que contribuyen; el reflejo vestibuloocular y el reflejo optocinético.

El *reflejo optocinético* es desencadenado cuando el campo visual del sujeto está en movimiento, ya sea porque se mueve el entorno o porque se mueve el mismo individuo. Consta de una fase lenta de seguimiento y una fase rápida de refijación en sentido opuesto. Intervienen tanto las vías de las sacadas (fase rápida) como las de los movimientos de seguimiento (fase lenta).

El *reflejo vestibuloocular* es desencadenado por los movimientos cefálicos de rotación o traslación que estimulan al sistema vestibular, desde donde se envían los estímulos necesarios para coordinar los movimientos oculares y repositionarlos de manera que la imagen siga centrándose en la fóvea.

#### 4.2.2. El sistema oculomotor

##### a. Biomecánica de la órbita y de los músculos extraoculares

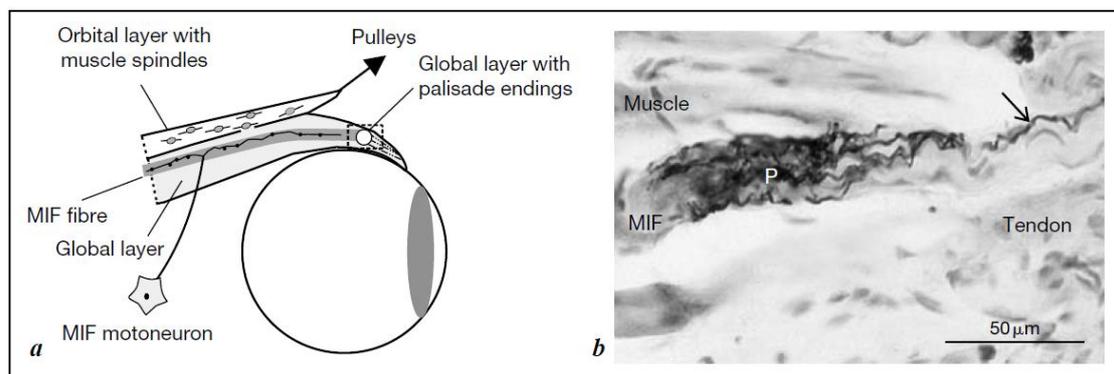
La órbita es una cavidad piramidal cuya pared lateral y medial forman un ángulo de 45°, con un volumen de 30 ml. El globo ocular es una estructura rígida que ocupa aproximadamente el 20% del volumen de la órbita y que está suspendido en la misma gracias a diversas estructuras; los músculos extraoculares, la cápsula de Tenon, la grasa orbitaria y otros tejidos blandos.

Antiguamente, la sujeción del globo ocular por los tejidos blandos se consideraba estable y estática. La consecuencia lógica era pensar que los movimientos oculares eran únicamente rotacionales alrededor de los tres ejes que se cruzan en el centro del globo ocular<sup>25</sup>. Actualmente, se ha comprobado con RMN de alta resolución que, además de los movimientos rotacionales, se producen pequeños movimientos de traslación. Por ejemplo, cuando el globo ocular pasa de una posición de 22° de infraducción a 22° de supraducción, se desplaza físicamente 0,8 mm hacia inferior<sup>26</sup>. Estos pequeños movimientos traslacionales alteran los vectores de fuerza de los músculos extraoculares, cambiando su dirección. Dicho fenómeno es posible porque los tejidos blandos no son puramente pasivos y estáticos, sino que ejercen como *“poleas de los músculos extraoculares”*. Este concepto es el más vigente hoy en día, en detrimento del que antiguamente se conocía como *“cono muscular”*; puentes de tejido conectivo que mantienen unidos los vientres musculares en la órbita media-profunda<sup>27</sup>. Las *poleas* consisten en unas sujeciones de colágeno denso en forma de anillo que van aplanándose y ensanchándose gradualmente hacia su inserción en la pared orbitaria y que actúan como origen funcional y mecánico de los músculos extraoculares, cuya capa muscular orbitaria se inserta en las poleas. Las poleas, que en general se hallan en la órbita anterior, están suspendidas y sujetas por fibras de músculo liso contráctil, lo que permite su movimiento, aunque la mayor fuerza traslacional de las poleas la ejerce la capa muscular orbitaria. Se piensa que los músculos rectos no siguen trayectos lineales desde

sus orígenes hasta las inserciones esclerales, sino que sufren deflexiones en las poleas, y que el segmento de músculo entre polea e inserción escleral definirá la dirección de la fuerza aplicada al globo ocular. Los detractores de la teoría de las poleas musculares mantienen que la inserción de los músculos rectos a través de la cápsula de Tenon no tiene ninguna función específica, o que, simplemente, sirve para limitar el rango de las ducciones.<sup>28</sup>

Los músculos extraoculares difieren de los músculos esqueléticos en varios aspectos. El primero es, dependiendo de la especie, la ausencia o el pobre desarrollo de receptores sensoriales tipo huso muscular u órganos tendinosos de Golgi. El segundo es que son músculos bilaminares<sup>29</sup>; están formados por dos capas diferentes, la *capa global* y la *capa orbitaria* (fig. 1)<sup>29</sup>. La *capa global* tiene entre 10.000 y 15.000 fibras musculares, se localiza adyacente al globo en el caso de los músculos rectos y en el núcleo de los músculos oblicuos<sup>30,31</sup> y se hace continua con el tendón terminal, que se inserta en la esclera. La *capa orbitaria* contiene entre el 40 y el 60% de las fibras musculares, se localiza en la superficie orbitaria de los músculos rectos y constituye la capa concéntrica externa de los músculos oblicuos, y se inserta en la esclera y en las poleas musculares<sup>32,33</sup>. El tercero, es que los músculos extraoculares tienen fibras exclusivas que se hallan en todos los mamíferos; las *fibras contráctiles* con una única placa motora y las *fibras no contráctiles* con múltiples placas motoras (ausentes en el resto de los músculos). Estas fibras no contráctiles contienen unas terminaciones nerviosas en empalizada cerca de la unión miotendinosa que es posible que actúen de receptores sensoriales, aunque su función no es conocida. Se ha sugerido que las motoneuronas que inervan las fibras musculares con placa motora única son las que coordinan los movimientos oculares, mientras que las que inervan las fibras musculares con múltiples placas motoras son las que mantienen la tonicidad muscular.<sup>34</sup>

El sistema músculoesquelético funciona gracias a una serie de fenómenos que suceden en cadena: los receptores sensoriales de los músculos envían información al sistema nervioso central, donde se genera el estímulo que será transmitido por las motoneuronas de nuevo a los músculos, cuya estructura permitirá su contracción.



**Figura 1.** a. Esquema anatómico de los diferentes componentes de los músculos extraoculares. b. Muestra histológica de los diferentes componentes de los músculos extraoculares. MIF=Fibra con inervación múltiple.

## **b. Componentes neurológicos del sistema oculomotor**

El sistema oculomotor se compone de diversos centros neuronales: los centros corticales y subcorticales de control, los centros de integración del tallo encefálico y los núcleos de los nervios oculomotores<sup>1</sup>.

Los *centros corticales* que controlan los movimientos oculares son: el área 8 de Brodmann en el lóbulo frontal, donde se controlan los movimientos sacádicos y las áreas de asociación en la corteza posrolándica parietooccipitotemporal, que reciben información del área 19 de Brodmann para controlar los movimientos de persecución lenta de la mirada.

Los *centros subcorticales* de control se hallan en el colículo superior, que recibe información de la retina y del campo ocular frontal y participa en el control de los movimientos sacádicos, en los núcleos vestibulares situados en la protuberancia, que coordinan los movimientos oculocefálicos y participan a su vez en los movimientos de persecución y en el reflejo optocinético, y en el flóculo del cerebelo.

Los *centros de integración* del tallo encefálico son el centro de la mirada horizontal, el centro de la mirada vertical y los tractos de asociación. El centro de la mirada horizontal se halla en la formación reticular paramedial pontina, adyacente al núcleo del VI nervio craneal y recibe información de la corteza, del colículo superior y de los núcleos vestibulares. El centro de la mirada vertical se halla en el núcleo rostral intersticial del fascículo longitudinal medial, situado en el mesencéfalo por delante del complejo nuclear del III nervio craneal. Los tractos de asociación comunican los núcleos pontinos y mesencefálicos a través del fascículo longitudinal medial y de la comisura blanca posterior. El fascículo longitudinal medial asciende desde la médula espinal hasta el mesencéfalo conectando los núcleos del III, IV y VI nervios craneales. La comisura blanca posterior se ubica en la zona superodorsal del mesencéfalo y conecta el núcleo rostral intersticial del fascículo longitudinal medial con componentes del III nervio craneal. Asimismo participa en las vías de los reflejos pupilares.

Los *núcleos de los nervios oculomotores* corresponden al III, IV y VI nervio craneal. En el caso del III nervio, no existe un único núcleo sino un complejo de subnúcleos pares de recto medio, recto inferior, oblicuo inferior, recto superior y núcleos parasimpáticos de Eninger-Westphal, y un subnúcleo único para los dos elevadores del párpado.

Los fascículos de los axones de los diferentes subnúcleos conforman el III nervio ipsilateral, excepto las fibras del subnúcleo del recto superior, que se decusan y formarán parte del III nervio contralateral.

El III nervio emerge de la fosa interpeduncular, entra en el seno cavernoso ubicándose en su pared externa y penetra en la órbita por la hendidura esfenoidea. Una vez en la órbita, se divide en dos ramas, una superior que inerva el recto superior y el elevador del párpado, y una inferior para el resto de músculos. Las fibras parasimpáticas se dirigen al ganglio ciliar.

El núcleo del IV nervio se localiza en el mesencéfalo, sus axones se decusan y emergen de la cara dorsal del mesencéfalo, al que el nervio rodea para ubicarse en la pared externa del seno cavernoso y entra en la órbita por la hendidura esfenoidea para inervar al oblicuo superior.

El núcleo del VI nervio está en la protuberancia (en el suelo del IV ventrículo) y tiene relación con la formación reticular paramedial pontina y con el fascículo del nervio facial. Entra en el seno cavernoso sin adherirse a sus paredes, accede a la órbita por la hendidura esfenoidea e inerva al recto lateral.

### c. Vías del sistema oculomotor

Las vías oculomotoras, según su función, pueden originarse en la corteza cerebral y dirigirse al tallo encefálico (coordinación de los movimientos sacádicos y de seguimiento) u originarse directamente en el tallo encefálico (control de la mirada horizontal y vertical).

La *vía de los movimientos sacádicos o vía frontorreticular* se inicia en la corteza frontal y se proyectan a la FRPP del lado opuesto. La vía de los movimientos de seguimiento se inicia en la unión temporoparietooccipital y desciende hasta la FRPP pasando por los núcleos vestibulares y el cerebelo (vía directa, ya que se cruza dos veces).

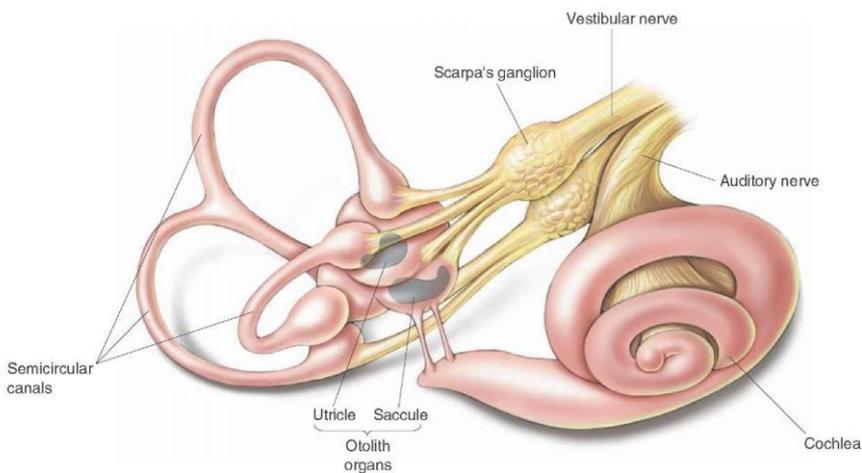
La *vía de la mirada horizontal* tiene su origen en la FRPP de la protuberancia, sinapta en el núcleo del VI nervio craneal, del que sale un conjunto de axones directos al recto lateral y otro conjunto de axones que va por el fascículo longitudinal medial hasta el núcleo del III nervio contralateral, que inervará al recto medio contralateral permitiendo la mirada conjugada. La FRPP recibe a su vez estímulos de la corteza frontal y del colículo superior (sacadas) o de la corteza occipital y núcleos vestibulares (seguimiento lento, nistagmus vestibular y optocinético).

La *mirada vertical* se integra en el núcleo riFLM, siempre que se dé la activación simultánea de ambos hemisferios cerebrales. Para la mirada hacia arriba tiene que estimularse la porción lateral del riFLM que envía proyecciones que cruzan a la comisura blanca posterior hasta los subnúcleos del recto superior y del oblicuo inferior (músculos elevadores) del III nervio del lado opuesto. Para la mirada hacia abajo tiene que estimularse la porción medial del riFLM, que envía proyecciones ipsilaterales al subnúcleo del recto inferior del III nervio y al oblicuo superior del IV (músculos depresores)<sup>1</sup>.

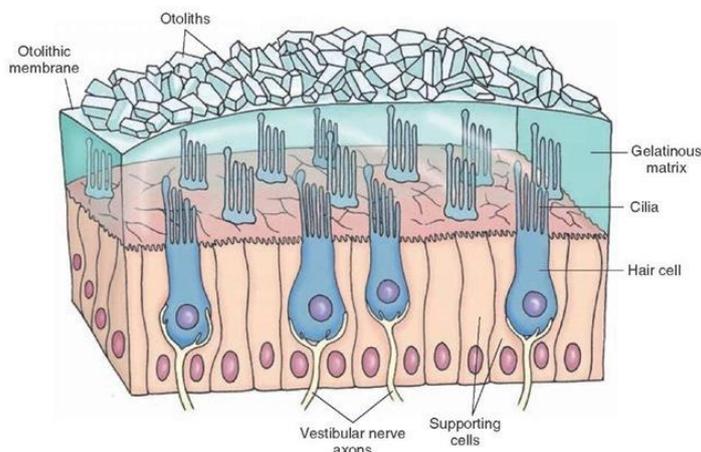
### 4.2.3. El sistema vestibular

#### a. Laberinto, canales semicirculares, sáculo y utrículo

El sistema vestibular o laberinto se localiza en el oído interno, que es una cavidad contenida dentro del hueso temporal y que consta de una cápsula ósea llamada cápsula ótica o laberinto óseo, y de una serie de conductos interconectados conocidos como laberinto membranoso, que flotan en una sustancia líquida semejante en su composición al líquido cefalorraquídeo, la perilinfa (fig. 2<sup>35</sup>). La porción anterior del laberinto membranoso está constituida por el conducto coclear, que es el órgano auditivo, mientras que en la porción posterior o vestíbulo, se hallan los órganos otolíticos (el utrículo y el sáculo) que se abren a los tres canales semicirculares membranosos, conformando el órgano del equilibrio (fig.3<sup>35</sup>).

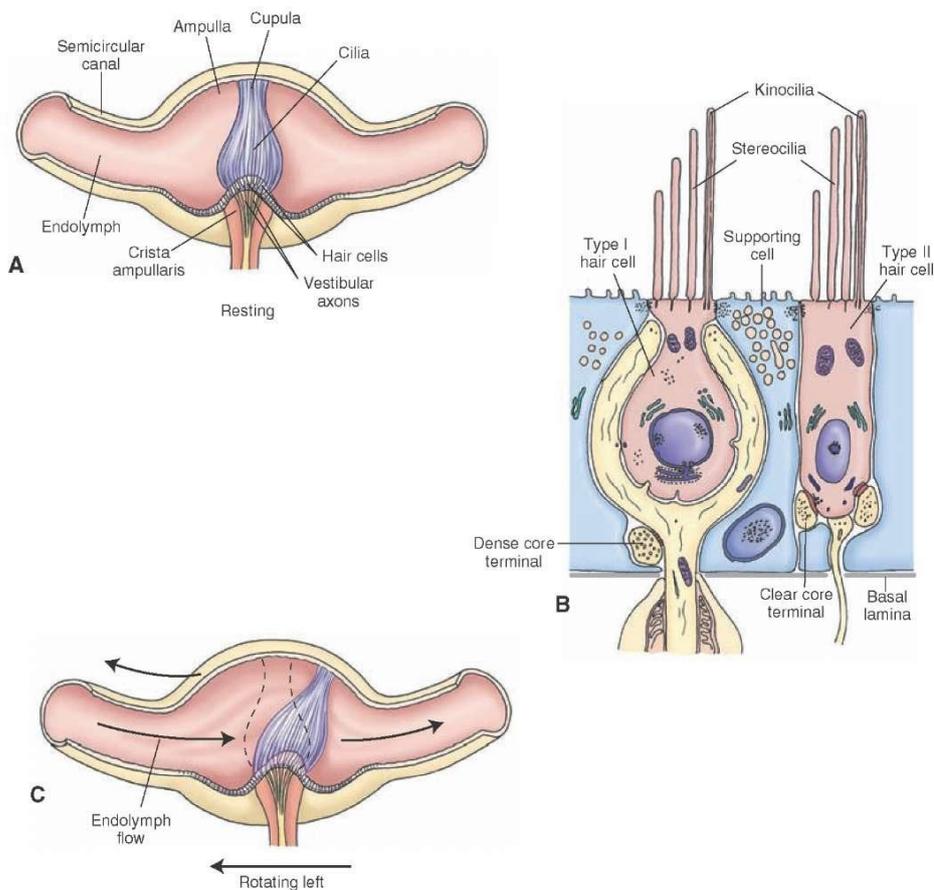


**Figura 2.** Anatomía del sistema vestibular.



**Figura 3.** Esquema histológico de un órgano otolítico.

Los *canales semicirculares* miden 8 mm de diámetro y están rellenos por endolinfa. Dentro de cada canal semicircular existe una dilatación denominada *ampolla*, en el interior de la cual se encuentra el órgano del equilibrio conocido como *cresta ampular*, integrado por las células pilosas, que son células receptoras con un quinocilio y varios estereocilios conectadas con las neuronas que conformarán el nervio vestibular. Hay dos tipos de células pilosas que se diferencian por su estructura: las células tipo I, en forma de cáliz y las células tipo II, con forma cilíndrica. Dichas células están recubiertas por una membrana gelatinosa, la “*cúpula*”, cuyo nombre hace referencia a su forma (fig. 4<sup>35</sup>). Al realizar un movimiento de aceleración con la cabeza, debido a la inercia, el fluido endolinfático quedará atrás, desplazando la cúpula y por tanto, los estereocilios, en sentido contrario al del movimiento cefálico. Si los estereocilios se desplazan hacia el quinocilio, se genera un estímulo excitatorio mientras que si la deflexión es en sentido contrario, el estímulo es inhibitorio<sup>36</sup>.



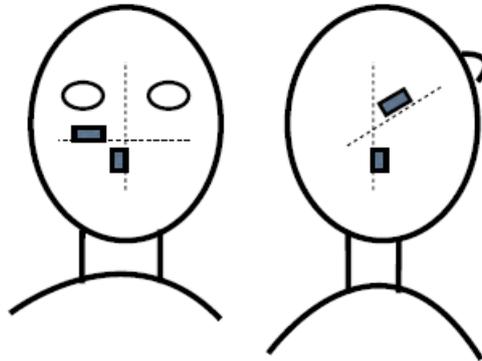
**Figura 4.** A. Esquema anatómico la ampolla de un canal semicircular. B. Esquema histológico de las células pilosas tipo I y tipo II. C. Esquema de cómo funciona la ampolla con el movimiento.

Los canales semicirculares son prácticamente perpendiculares entre sí, ya que están orientados siguiendo los tres planos del espacio (lateral, anterior y posterior) y gracias a su particular configuración espacial detectan los movimientos rotacionales cefálicos. El canal anterior está inclinado 45° en relación al plano coronal, mientras que el canal posterior está inclinado 45° en dirección opuesta; ambos canales se conocen como “canales verticales” y son especialmente sensibles a los movimientos dinámicos (que superen un umbral determinado de aceleración y velocidad) en el plano sagital (movimiento cefálico anteroposterior) y en el plano coronal (inclinación cefálica sobre el hombro).<sup>37</sup> En los canales verticales el flujo ampulofugal es excitatorio, mientras que en el canal lateral es inhibitorio ya que las células ciliadas tienen una orientación opuesta.

Para que el cerebro pueda interpretar la rotación de la cabeza necesita recibir información de los seis canales que, al estar emparejados con el contralateral, envían estímulos complementarios<sup>38</sup>.

El *utrículo*, órgano predominantemente horizontal, comprendido aproximadamente en el plano axial, y el *sáculo*, órgano predominantemente vertical y alineado con el plano sagital, contienen unas estructuras análogas, aunque no idénticas a las crestas de los canales semicirculares, conocidas como “*máculas*” o “*máculas otolíticas*”. Están integradas por células pilosas recubiertas por una membrana gelatinosa sobre la que hay cristales de carbonato cálcico, los *otolitos*. Dicha membrana, reaccionará al movimiento cefálico según la inercia, moviendo así los estereocilios de las células pilosas. A diferencia de los canales semicirculares, las máculas otolíticas pueden detectar movimiento en las tres dimensiones. Ello se debe a la disposición de las células pilosas en la estructura curvada de las máculas.<sup>39</sup> Así, el utrículo y el sáculo detectarán los movimientos lineales de traslación y la posición estática de la cabeza. El utrículo percibe mejor, aunque no exclusivamente, los movimientos horizontales (la sensación de moverse estando quieto dentro de un coche que avanza sobre terreno plano) mientras el sáculo capta predominantemente aunque tampoco exclusivamente los

movimientos verticales (la sensación de moverse estando quieto dentro de un ascensor).<sup>39,40</sup>



**Figura 5. A.** Esquema anatómico sobre cómo se hallan situados los órganos otolíticos (horizontal=utrículo, vertical=sáculo)

## **b. La vía vestibular**

El nervio vestibular consta de 25.000 neuronas bipolares, cuyos cuerpos se encuentran en el ganglio de Scarpa (un complejo ganglionar compuesto por dos ganglios independientes). Los procesos periféricos de las neuronas bipolares reciben la información de los receptores (las células pilosas).

Hay dos tipos de fibras nerviosas; las de tipo I y las de tipo II, según el tipo de célula pilosa con la que contacten. Los procesos centrales de las células bipolares hacen sinapsis en los núcleos vestibulares localizados en la protuberancia caudal y en la médula rostral.

Las neuronas procedentes de las ampollas de los canales semicirculares sinaptan con el núcleo vestibular superior y con la porción rostral del núcleo vestibular medial. Las neuronas procedentes de la mácula del utrículo y del sáculo sinaptan con el núcleo vestibular lateral en su gran mayoría, aunque algunas de ellas llegan al núcleo vestibular inferior.

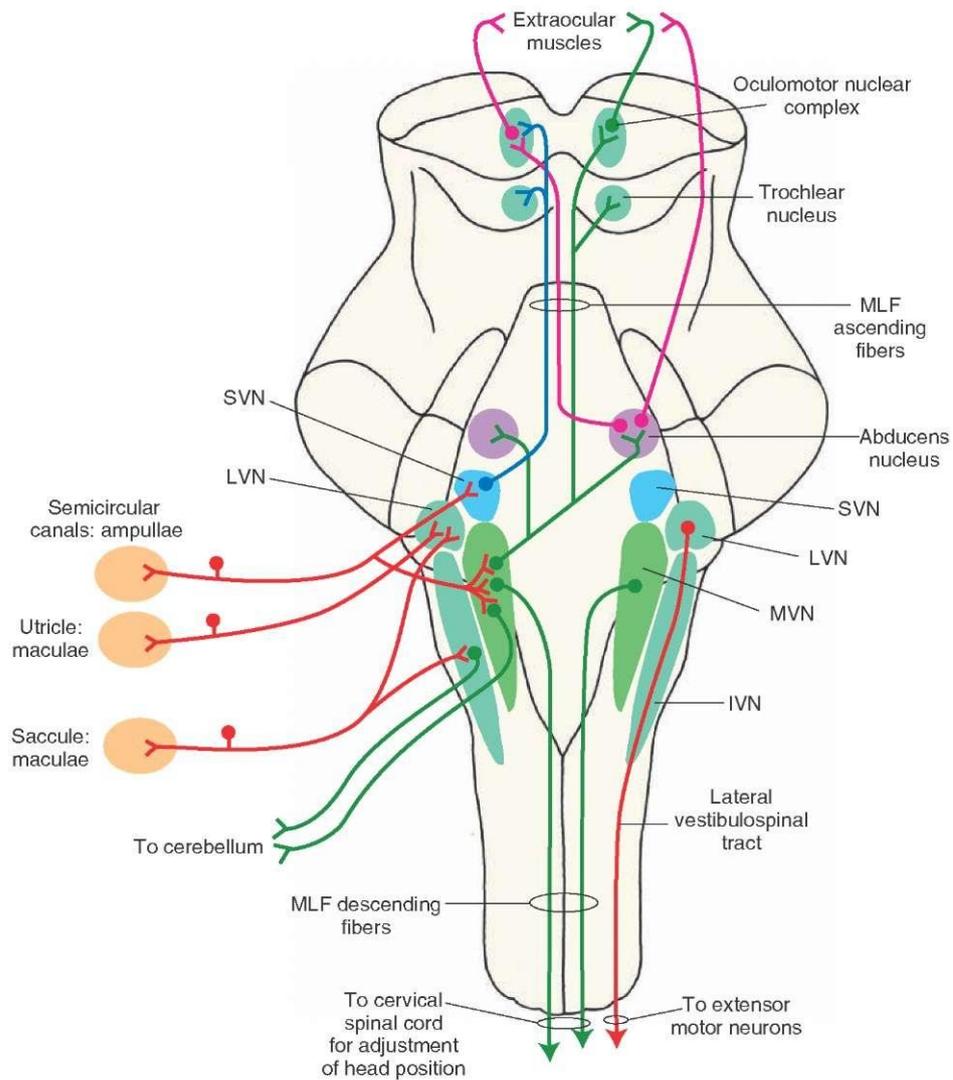
Los axones ascendentes y procedentes del núcleo vestibular superior entran a formar parte del fascículo longitudinal medial ipsilateral hasta el núcleo del IV nervio craneal y hasta el núcleo del III nervio craneal. Los axones procedentes del núcleo vestibular medial se proyectan de manera bilateral en el núcleo del VI nervio craneal y ascienden por el fascículo longitudinal medial contralateral hasta alcanzar el núcleo del IV nervio craneal y el núcleo oculomotor, también contralaterales.

Algunos de los axones procedentes del núcleo vestibular superior y del núcleo vestibular lateral se proyectan al tálamo y desde allí se dirigen a la corteza cerebral.

Tanto de manera directa como indirecta (a través del núcleo vestibular medial y el núcleo vestibular inferior), el sistema vestibular se comunica con el cerebelo. El cerebelo, a su vez envía estímulos excitatorios e inhibitorios al núcleo vestibular lateral.

Del núcleo vestibular lateral proceden los axones que van a configurar el tracto vestibuloespinal, contactando a nivel cervical y lumbar con la médula espinal. Del núcleo

vestibular medial descenden axones que terminan en la médula cervical y que ayudan a ajustar la posición de la cabeza y del cuello (fig. 6<sup>35</sup>).



**Figura 6.** Esquema anatómico de la vía vestibular.

### **4.3. EL REFLEJO VESTIBULOOCULAR**

El reflejo vestibuloocular es un movimiento reflejo del ojo desencadenado por los movimientos cefálicos de rotación o traslación que estimulan al sistema vestibular, desde donde se envían los estímulos que inducen movimientos compensatorios de los globos oculares de manera que la imagen se centre en la fovea y así se mantenga el enfoque visual durante el movimiento, proporcionando estabilidad a las imágenes retinianas.

La vía neurológica consta de un arco de tres neuronas, en el que participan el ganglio vestibular, los núcleos vestibulares y los núcleos oculomotores.

Según el tipo de movimiento que desencadene el reflejo vestibuloocular, se clasifica en reflejo vestibuloocular traslacional o reflejo vestibuloocular angular.

#### **4.3.1. Reflejo vestibuloocular traslacional**

El reflejo vestibuloocular traslacional se desencadena por la traslación horizontal o vertical de la cabeza que estimula a utrículo y sáculo, respectivamente. Se ha podido determinar que el reflejo vestibuloocular traslacional en el plano coronal y en el plano sagital, induce movimientos oculares horizontales y verticales<sup>41,42</sup>, aunque aislar los órganos otolíticos de los canales semicirculares es complicado debido a su activación simultánea. Los órganos otolíticos tienen proyecciones sobre los músculos extraoculares, pero debido a su gran complejidad, todavía no se han identificado de manera concluyente.

#### **4.3.2. Reflejo vestibuloocular rotacional**

El reflejo vestibuloocular rotacional viene desencadenado por la rotación de la cabeza en cualquiera de los tres planos del espacio. En general, se acepta que el impulso

nervioso se genera en los canales semicirculares, que son los órganos que detectan aceleraciones angulares de la cabeza. Tanto los impulsos excitatorios como los inhibitorios, son conducidos por las mismas vías hacia los núcleos vestibulares, pero sólo los excitatorios son capaces de cruzar la línea media. Cada canal semicircular influye directamente sobre un par de músculos extraoculares, que moverán el globo ocular aproximadamente en el mismo plano del canal <sup>43</sup> (tabla 1 en la que se muestran las proyecciones vestibulooculares determinadas por estudios electrofisiológicos y anatómicos sobre primates <sup>38,44</sup>, gatos <sup>45,46</sup> y conejos<sup>47</sup>)

El utrículo y sáculo también se estimulan con los movimientos rotacionales. El papel que juegan los órganos otolíticos es difícil de interpretar ya que la información del utrículo se solapa con la del canal semicircular lateral y la del sáculo con la de los dos canales verticales (anterior y posterior)<sup>40</sup>.

El reflejo vestibuloocular torsional y el movimiento de torsión ocular compensatoria inducido por los órganos otolíticos se ha estudiado reiteradamente en su vertiente estática, ya que una aceleración menor de  $0,21^\circ/s^2$  y una velocidad inferior a  $3^\circ/seg$  que representan el umbral de activación de los canales semicirculares, permite aislar la función de los órganos otolíticos.

Receptor	Efecto	Músculo	Núcleo motor
Canal lateral	Excitación	c-LR i-MR	c-VI i-III
	Inhibición	i-LR c-MR	i-VI c-III
Canal anterior	Excitación	i-SR c-IO	c-III c-III
	Inhibición	i-IR c-SO	i-III i-IV
Canal posterior	Excitación	c-IR i-SO	c-III c-IV
	Inhibición	c-SR i-IO	i-III i-III

**Tabla 1.** Proyecciones vestibulooculares

#### 4.4. LA TORSIÓN OCULAR EN LA POBLACIÓN INFANTIL

Respecto a los escasos datos registrados sobre torsión ocular en la población infantil, existe un estudio hecho por Jethani et al.<sup>48</sup> en el que se mide el ángulo entre fóvea y papila mediante retinografías a un grupo de 105 niños de entre 5 y 15 años, hallando una torsión media de  $6,1 \pm 3,4^\circ$ . Lefèvre et al.<sup>23</sup> también incluye niños en su estudio acerca de la torsión ocular, aunque los grupos que estratifica por edad son de 0-14 años, de 15-49 años y de 50 años o más, concluyendo que la torsión no cambia con la edad y que la media es de  $5,8 \pm 3,2^\circ$  en el ojo derecho y  $6,8 \pm 3,4^\circ$  en el ojo izquierdo. Kothari et al.<sup>20</sup> también incluyen niños en su estudio, aunque no estratifican por edad, oscilando el rango entre 6 y 44 años. Encuentra una torsión media de ojo derecho y ojo izquierdo de  $6,1 \pm 4,3^\circ$ .

#### 4.5. LA TORSIÓN OCULAR EN LA POBLACIÓN CON SÍNDROME DE DOWN

La torsión ocular en la población con síndrome de Down no ha sido estudiada hasta el momento; no hemos hallado ningún estudio específico a día de hoy. En cambio, sí los hay acerca de la morfometría de la órbita (Sforza et al.<sup>49</sup>, Farkas et al.<sup>50,51</sup> y Bagic et al.<sup>52</sup>) y de las características anatómicas palpebrales y patología oftalmológica característica de estos pacientes (Pires Da Cunha et al.<sup>53</sup>, Kim JH et al.<sup>54</sup>, Han Dae Heon et al.<sup>55</sup>, Wong et al.<sup>56</sup>, Caputo et al.<sup>57</sup>, Shapiro et al.).

Pires de Cunha en 152 niños brasileños de entre 2 meses y 18 años y Kim en 123 niños coreanos de entre 6 meses y 14 años, Wong en 140 niños entre 2 meses y 13 años, y Shapiro en 53 pacientes de entre 7 y 36 años; todos ellos con síndrome de Down, estudian la forma de la hendidura palpebral y coinciden en que la hendidura palpebral oblicua hacia arriba es el hallazgo más frecuente entre las anomalías oftalmológicas de estos pacientes (82%, 63%, 100% y 89%, respectivamente). Evalúan la forma de la hendidura palpebral según el “método de Solomons”; cualquier desplazamiento del canto lateral igual o mayor a 2 mm sobre la línea horizontal que pasa por el canto medial, se considera anormal.

Sforza estudia a 53 italianos con síndrome de Down de entre 4 y 52 años y encuentra una inclinación de la órbita respecto a la horizontal aumentada, lo que concuerda anatómicamente con la forma de la hendidura palpebral, resultados comparables, según el autor, con los de Farkas et al.<sup>50,51</sup> y Bagic et al.<sup>52</sup>, realizados en caucásicos. El autor advierte, basándose en su estudio sobre morfometría de los tejidos blandos de la órbita realizado con italianos y sudaneses del norte, que los resultados de los diferentes parámetros medidos pueden variar en función de la raza. Enfatiza que hay muy pocos estudios sobre morfometría de la órbita en pacientes con síndrome de Down y que, por tanto, no puede contrastar sus resultados.

Farkas et al.<sup>51,58</sup> constatan que la órbita es la estructura facial que más anormalidades presenta en pacientes caucásicos con síndrome de Down respecto a los controles normales. Miden el índice intercantal y la anchura de la órbita, así como la longitud y la inclinación de la hendidura palpebral. El índice intercantal es el parámetro que más

tiende a la normalidad, en cambio, la anchura de la órbita, la longitud y la inclinación de la hendidura palpebral resultan superiores a lo normal.

#### 4.6. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA TORSIÓN OCULAR

Los diferentes métodos de medición de la torsión ocular que se han utilizado a lo largo de la historia se dividen en subjetivos y objetivos. Dentro de los subjetivos, están el estudio del astigmatismo y el uso de postimágenes<sup>3</sup> y varillas de Maddox<sup>59</sup>. Los métodos objetivos son: la observación de la torsión de uno mismo en el espejo<sup>2</sup>, el estudio mediante esquiascopia<sup>60</sup> o autorrefractómetro<sup>61</sup> de los ejes de astigmatismo, el estudio de algún rasgo anatómico que permita identificarlo en las diferentes posiciones del globo ocular (como la vascularización de la conjuntiva o de las criptas del iris<sup>62</sup>, las marcas de tinta o suturas sobre limbo<sup>63</sup> o el uso de membrana de huevo sobre la córnea<sup>64</sup>), las retinografías para el estudio de la angulación de la papila respecto a la fovea<sup>18</sup> o de la posición de los vasos retinianos<sup>65</sup>, el uso de un anillo magnético integrado en una lente de contacto<sup>66</sup> y el estudio del punto ciego mediante perimetría<sup>67</sup>. Cuando se estudia la torsión ocular dinámica, se prefieren los métodos basados en el anillo magnético integrado en una lente de contacto que se coloca sobre la córnea<sup>68</sup> y la videooculografía<sup>13</sup>.

Para medir la variación de la torsión según la posición de la cabeza, es imprescindible poder determinar esta última. A parte de los aparatos propios de laboratorios experimentales que se dedican al estudio del laberinto, como las sillas motorizadas con reposacabezas y con una barra que si el sujeto la muerde permite la fijación de la cabeza y que rotan los grados programados por el investigador (por ejemplo, la utilizada por Markham y Diamond<sup>69</sup>, diseñada y fabricada por TrentWells,Inc.), existe otro instrumento pequeño, manejable y utilizable en la práctica clínica, que permite conocer la posición de la cabeza en el espacio. Se trata del “dispositivo de medición del arco cervical” (Cervical Range of Motion Device, CROM; Performance Attainment Associates, Lindstrom, MN), un goniómetro e inclinómetro universal principalmente utilizado por ortopedas. Está diseñado para cuantificar el arco de movimiento de la columna cervical y también puede ser usado para medir en grados la posición espacial cefálica en los tres planos del espacio (sagital, lateral y axial). Kushner, en el año 2000, lo utilizó en el campo de la oftalmología. El autor concluye que el CROM es adecuado para cuantificar de manera exacta la posición cefálica de pacientes con tortícolis, la limitación de las

ducciones y el campo visual conservado en pacientes con diplopía a una distancia determinada elegida por el explorador. Estas mediciones se habían llevado a cabo hasta entonces de manera aproximada y, en el caso del campo visual realizado con el perímetro de Goldmann, la distancia a la que es posible su determinación es fija (33 cm), no admite variaciones, no elimina el factor de la acomodación y es poco práctica a la hora de evaluar cuál es el campo visual de un paciente con diplopía cuando mira “a lo lejos” (6 m); muchos pacientes presentan diferentes grados de desviación cuando fijan de cerca y cuando fijan de lejos<sup>70</sup>. Garret y Youdas<sup>71,72</sup>, ya habían determinado la reproducibilidad intra e interobservador de este instrumento.



# MATERIAL Y MÉTODOS



## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio transversal analítico con un subgrupo al que se le ha realizado un seguimiento longitudinal de 1 año, en el que se ha estudiado la torsión ocular mediante la medición de retinografías en grupos diferentes de individuos con características homogéneas, con el fin de correlacionar los resultados. Los pacientes han sido incluidos de manera prospectiva desde 2011 a 2013.

### 5.1. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO SEGÚN LA POSICIÓN CEFÁLICA

El primer grupo incluye 20 voluntarios sanos de entre 25 y 60 años, cuyas 440 retinografías se realizaron entre abril de 2012 y julio de 2012 en la clínica DYTO de Barcelona.

Criterios de inclusión:

- Edad entre 25-60 años
- Voluntarios
- Agudeza visual con corrección  $>20/30$  en ambos ojos

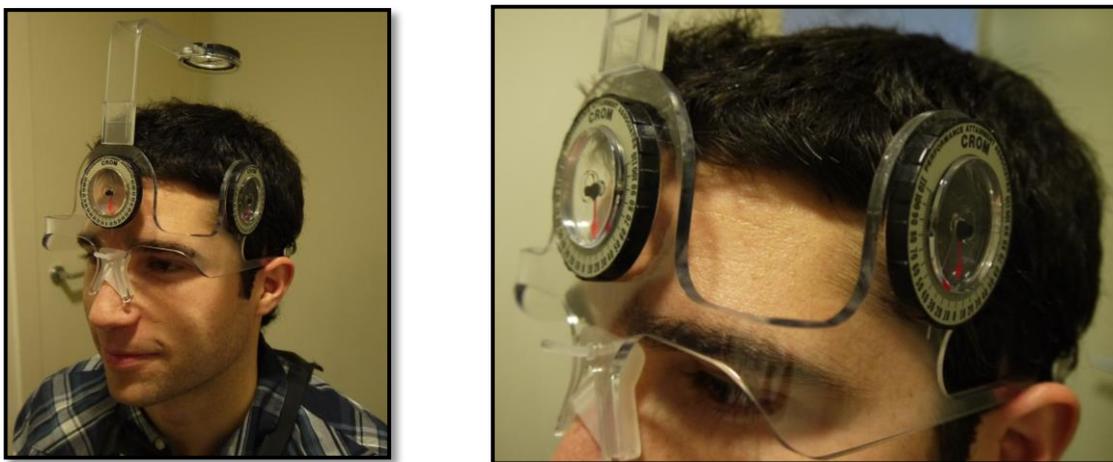
Criterios de exclusión

- Patología ocular:
  - Patología oculomotora u orbitaria
  - Opacidad de medios
  - Patología retiniana que impida delimitar la fovea y vascularización del polo posterior
  - Patología del nervio óptico que impida delimitar la papila
  - Cirugía ocular u orbitaria previa

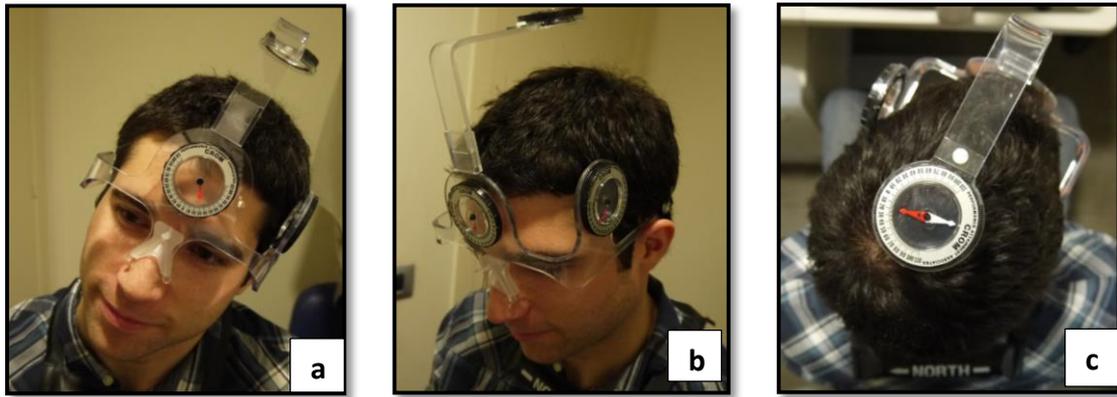
- Patología sistémica
  - Neurológica
  - Auditiva y/o vestibular
  - Musculoesquelética

Se realizó un cuestionario para determinar la mano dominante (mano con la que se escribe y/o se hacen las tareas que requieren más precisión) y el ojo dominante. La dominancia ocular se determinó con un test consistente en fijar un objeto lejano con ambos ojos a través de un orificio realizado en una cartulina sostenida por el propio paciente con los brazos extendidos. Sin perder de vista el objeto, debía acercarse la cartulina poco a poco a la cara, con lo que llegaba un momento en que se desviaba hacia un ojo; el ojo dominante.

Bajo midriasis farmacológica en ambos ojos con tropicamida al 1%, se procedía a la correcta colocación en la cabeza del paciente del dispositivo de medición del arco cervical (CROM Cervical Range of Motion Device; Performance Attainment Associates, Lindstrom, MN) (fig. 7). Se trata de un goniómetro y de un inclinómetro en forma de casco que se apoya sobre la nariz y las orejas y se cierra con un velcro detrás de las mismas, que permite cuantificar en grados la posición espacial cefálica en los tres planos del espacio (sagital, lateral y axial) (fig. 8).



**Figura 7.** Dispositivo de medición del arco cervical (CROM) colocado sobre cabeza de un voluntario.



**Figura 8.** Medición posición cefálica en a. plano frontal. b. plano sagital. c. plano axial.

La cabeza se iba colocando en las posiciones deseadas siguiendo siempre un mismo orden y con una velocidad que no superó en ningún caso los  $3^\circ/\text{seg}$ . A continuación, se realizaban las retinografías con el retinógrafo incluido en el software del tomógrafo de coherencia óptica “3D OCT-2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan). Con el fin de minimizar posibles movimientos involuntarios por parte de los controles y, por tanto, inexactitudes en las mediciones, siempre había dos exploradores presentes. El primer explorador colocaba al sujeto en la posición correcta controlando lo que marcaba el CROM en los tres planos del espacio (fig. 9) y le ayudaba a mantenerse inmóvil sujetando la cabeza, y el segundo explorador realizaba las retinografías. Tras la realización de las retinografías de ambos ojos en cada posición, el intervalo de tiempo que transcurría hasta iniciar el movimiento siguiente no superó los 5 segundos.

Nuestro estudio se realizó con fijación monocular (ojo al que se le hacía la retinografía), sin oclusión del ojo contralateral (ojo no fijador) y con la orientación espacial que da la cruz del retinógrafo.

Se siguió el siguiente protocolo:

- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo sin inclinación cefálica.
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con inclinación cefálica hacia la derecha de 20° en el plano lateral (cabeza-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con inclinación cefálica hacia la derecha de 40° en el plano lateral (cabeza-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con inclinación cefálica hacia la izquierda de 20° en el plano lateral (cabeza-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con inclinación cefálica hacia la izquierda de 40° en el plano lateral (cabeza-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con rotación cefálica hacia la derecha de 20° (cara-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con rotación cefálica hacia la derecha de 40° (cara-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con rotación cefálica hacia la izquierda de 20° (cara-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con rotación cefálica hacia la izquierda de 40° (cara-hombro).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con inclinación cefálica hacia superior de 20° en el plano sagital (mentón alto).
- Retinografías de ojo derecho y de ojo izquierdo con inclinación cefálica hacia inferior de 20° en el plano sagital (mentón bajo).

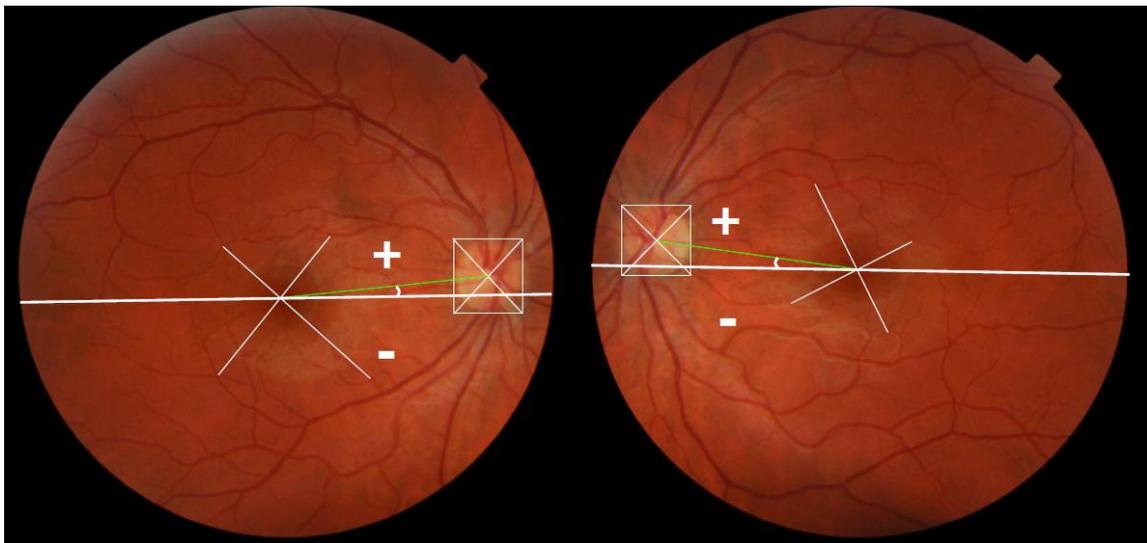


**Figura 9.** Posición de la cabeza en el tomógrafo de coherencia óptica

Se realizó una retinografía de cada ojo en cada una de las diferentes posiciones, resultando en 22 retinografías por paciente y 440 en total.

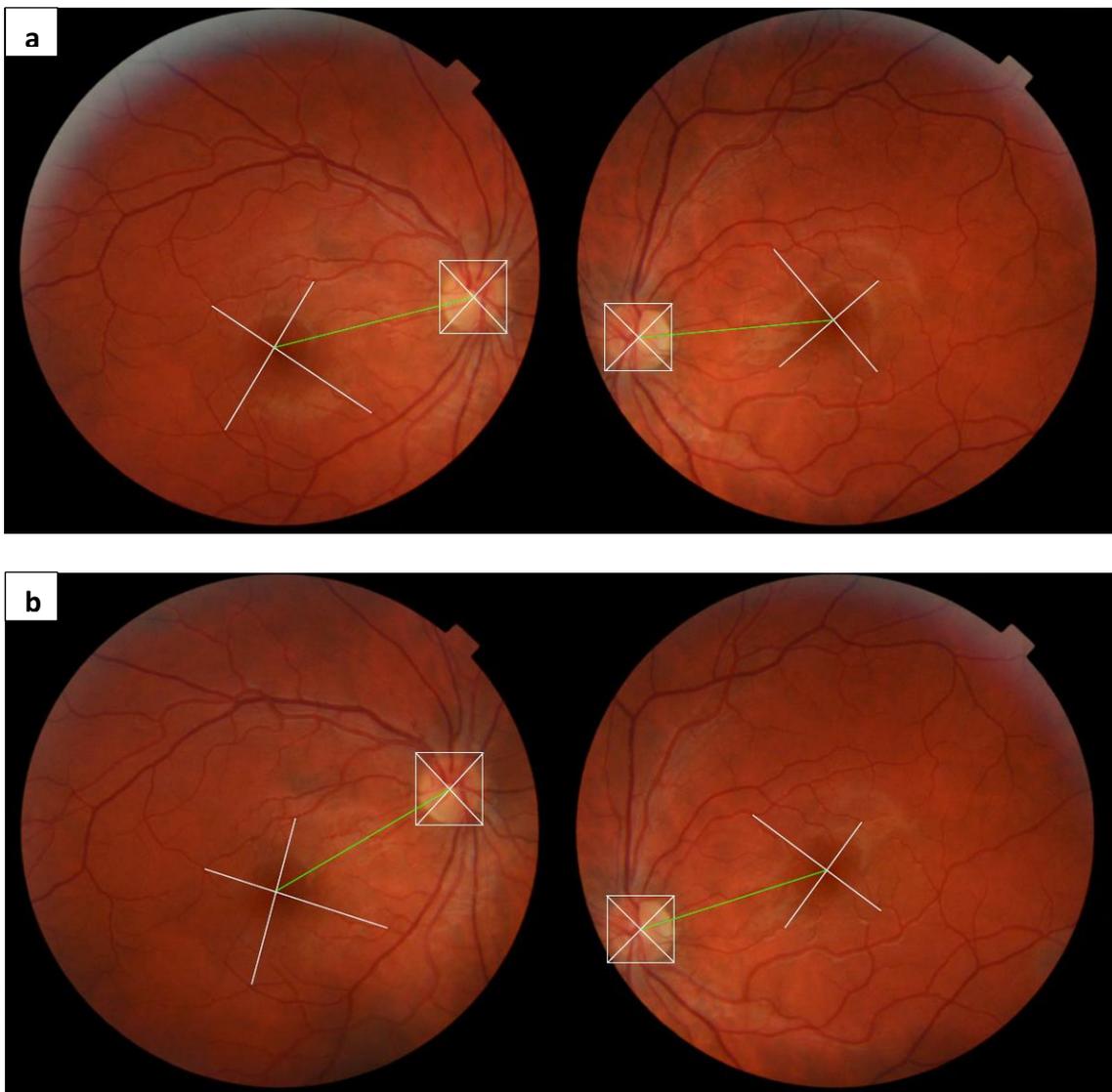
El procesamiento de las imágenes fue idéntico para todas ellas y siempre se respetó su tamaño original para no distorsionar sus proporciones. Las retinografías fueron trabajadas mediante un programa de análisis de imágenes (Keynote, iWork Macintosh) con el objetivo de definir su torsión, uniendo la fovea con el centro de la papila mediante una recta y determinando su angulación en grados respecto a la horizontal (fig.10).

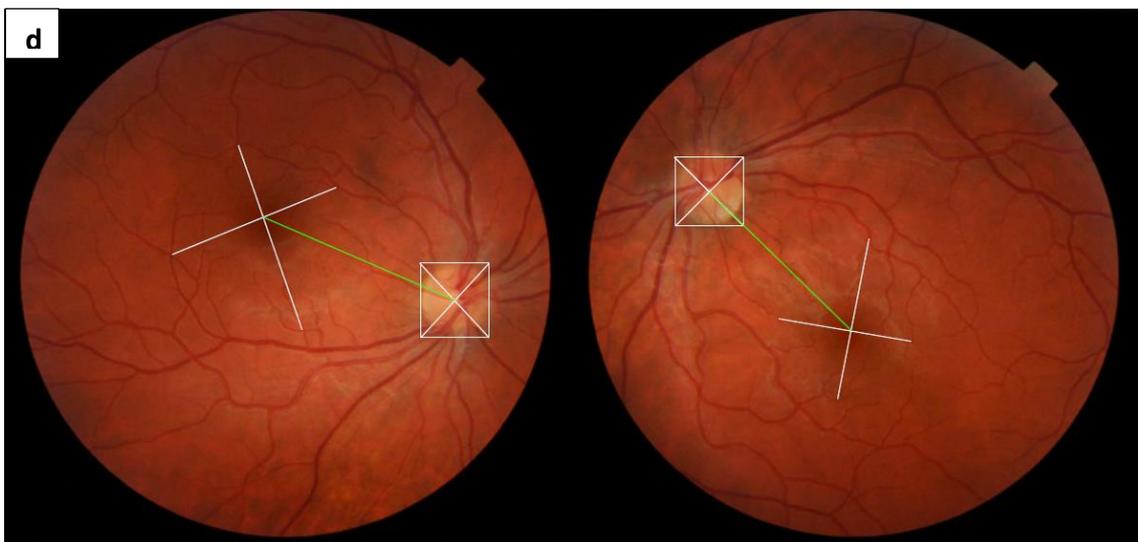
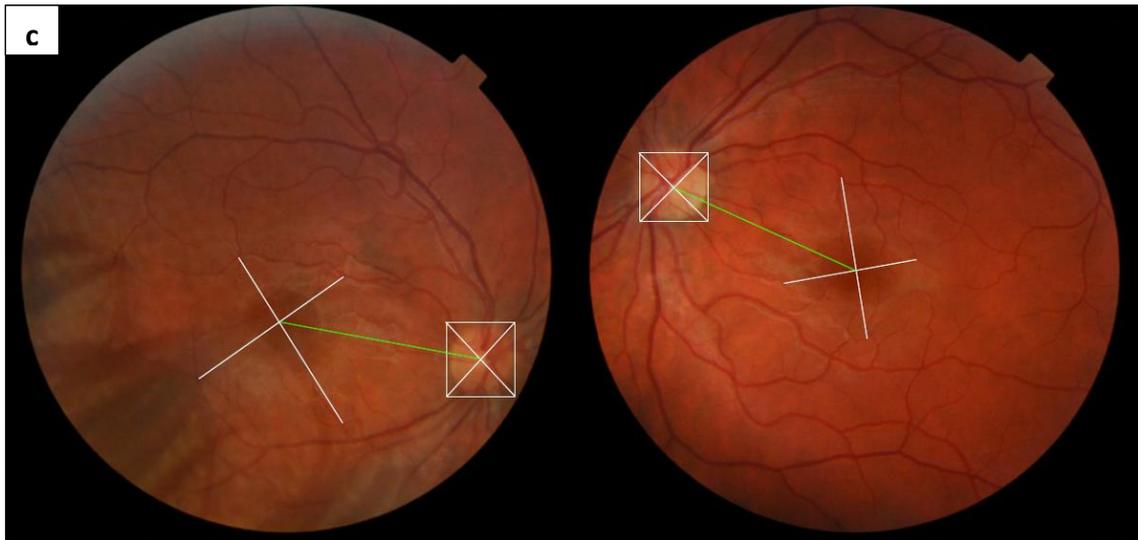
Se procedió de la siguiente manera; primero se localizaba la fovea, que se distinguía por su reflejo. Si su identificación resultaba dificultosa, se variaban la exposición, la intensidad del color y el contraste de la fotografía hasta poder diferenciar claramente la estructura. A continuación, se trazaba un rectángulo tangente a la papila y se trazaban sus diagonales que se cruzaban delimitando el centro. Teniendo ya los dos puntos de interés, se unían mediante una recta, cuya angulación en grados respecto a la horizontal que pasa por la fovea viene determinada por el mismo programa. Cuando la papila quedaba por encima de la fovea considerábamos el ángulo positivo e indicativo de exciclotorsión, mientras que si quedaba la papila por debajo de la fovea considerábamos el ángulo negativo e indicativo de inciclotorsión.



**Figura 10.** Procesamiento de las imágenes. El rectángulo tangente a la papila permite trazar dos diagonales que marcan su centro. La fovea se marca con un punto. La línea verde que une papila y fovea va a determinar el ángulo respecto a la horizontal; positivo si la papila está sobre la fovea y negativo si la papila está bajo la fovea. La cruz marca cruces vasculares que servirán de referencia.

Al contar con 11 retinografías del mismo ojo por paciente, todas ellas en diferentes posiciones, ideamos una estrategia para situar la fóvea en el mismo lugar. Una vez identificada la fóvea en la primera retinografía, buscábamos en la vascularización del polo posterior dos cruces vasculares que nos permitieran trazar una recta que pasara por la fóvea. Repetíamos el mismo procedimiento para trazar una segunda recta, y la intersección de ambas marcaba el centro de la fóvea. Con ello teníamos cuatro puntos de referencia idénticos en las 11 retinografías y minimizábamos posibles inexactitudes a la hora de localizar la fóvea (fig. 11).





**Figura 11.** Procesamiento de las imágenes. La cruz marca cruces vasculares que nos sirven de referencia para situar la fovea en el mismo punto. a. Inclinación cabeza-hombro derecho 20°. b. Inclinación cabeza-hombro derecho 40°. c. Inclinación cabeza hombro-izquierdo 20°. d. Inclinación cabeza-hombro izquierdo 40°.

## **5.2. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA DE LA MIRADA EN LA POBLACIÓN INFANTIL SANA**

El segundo grupo incluye 1036 niños sanos de entre 2 y 18 años que acudían a revisión a la clínica DYTO, y que fueron reclutados entre octubre de 2011 y agosto de 2013.

Criterios de inclusión:

- Edad entre 2 y 18 años
- Revisión oftalmológica de rutina mediante cicloplejia

Criterios de exclusión

- Mala colaboración
- Patología ocular:
  - Patología oculomotora u orbitaria
  - Opacidad de medios
  - Patología retiniana que impida delimitar la fovea y la vascularización del polo posterior
  - Patología del nervio óptico que impida delimitar la papila
  - Cirugía ocular u orbitaria previa
- Patología sistémica
  - Neurológica
  - Auditiva y/o vestibular
  - Musculoesquelética

Aprovechando la midriasis y cicloplejía necesarias para la determinación del defecto de refracción en los niños, se realizó una retinografía de cada ojo en posición cefálica neutra con el retinógrafo incluido en el software del tomógrafo de coherencia óptica “3D OCT-2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan). En un subgrupo de 40 pacientes se realizaron las retinografías con el retinógrafo mencionado y se repitieron con el angiógrafo “TRC-50EX, Imagnet 2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) con el objetivo de poder

realizar un estudio de reproducibilidad y correlación entre ambos aparatos. El orden en que se realizaron fue indiferente.

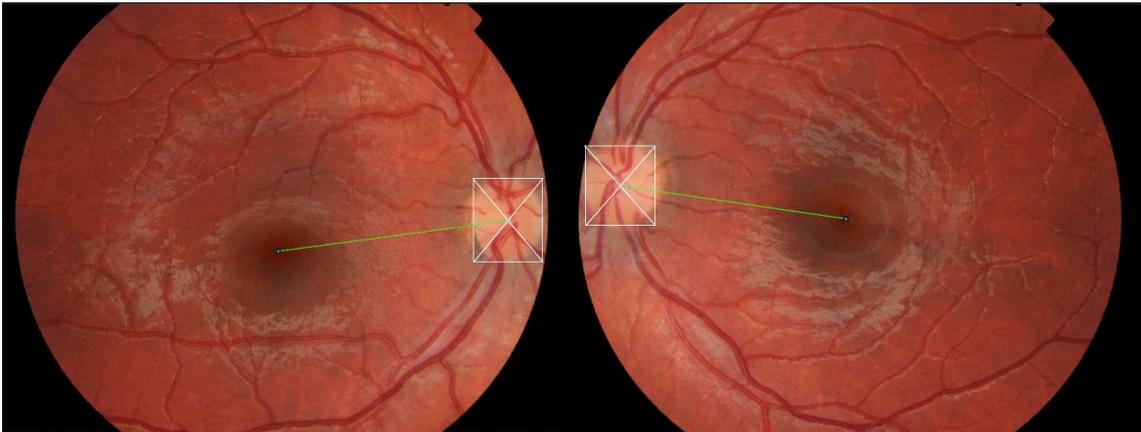


**Figura 12.** Realización de retinografías en niños menores de 6 años o poco colaboradores.

Para evitar una inclinación cefálica involuntaria por parte del paciente, el explorador que realizaba las retinografías comprobaba la alineación de cuatro puntos anatómicos faciales sobre una misma horizontal. El joystick y la pantalla del tomógrafo de coherencia óptica permitían mantener la misma horizontal en ambos ojos y los cuatro puntos anatómicos de referencia (los dos cantos nasales y los dos limbos inferiores) alineados sobre la horizontal (una recta horizontal para los cantos nasales y otra para los limbos inferiores), limitaban la inclinación cefálica.

Con los niños menores de seis años o poco colaboradores, había siempre dos exploradores, el primero ayudaba a colocar la cabeza del niño y a mantenerla estable y el segundo realizaba las retinografías (fig. 12). Con los niños mayores y colaboradores, con un explorador era suficiente aunque antes se les advertía que era muy importante no mover la cabeza en absoluto entre las dos fotografías.

Se realizó un total de 2072 retinografías, 1036 ojos derechos y 1036 ojos izquierdos.

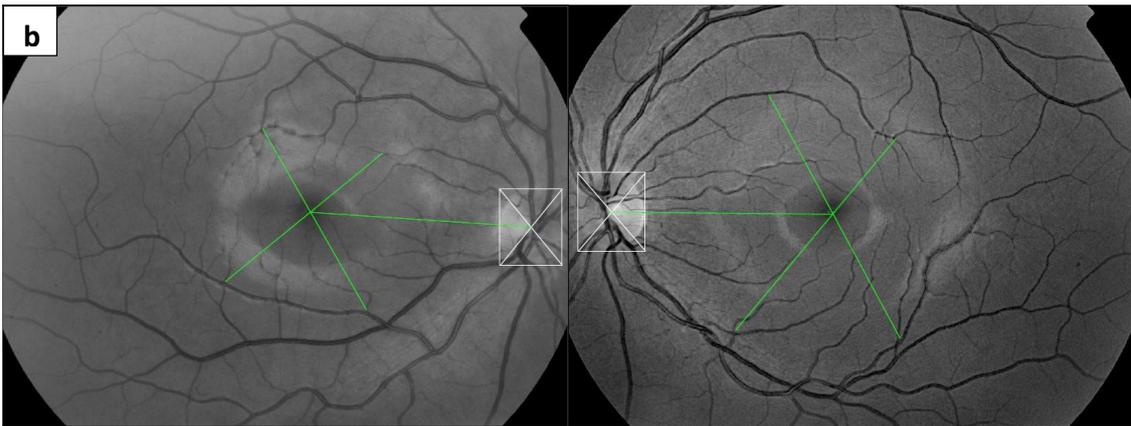
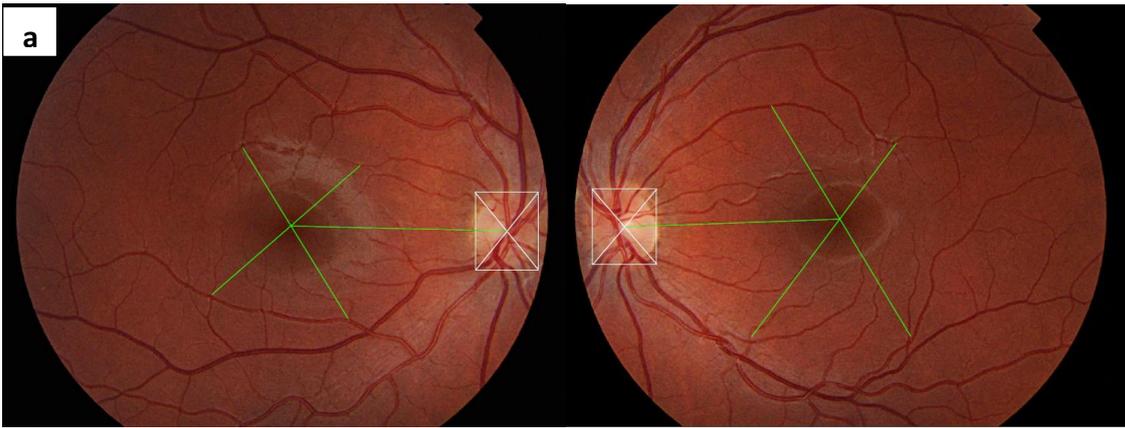


**Figura 13.** Procesamiento de las imágenes. En este caso no se marcó la cruz según las referencias vasculares porque no había que comparar retinografías de un mismo individuo.

En 89 niños se repitieron las retinografías entre 5 y 24 meses después de las primeras con el objetivo de identificar cambios en el tiempo en un mismo paciente, suponiendo 178 retinografías accesorias.

El procesamiento de las imágenes y su análisis fue igual que el detallado en el supuesto anterior (fig. 13).

En 40 niños se repitieron las retinografías con dos aparatos diferentes, suponiendo 80 retinografías accesorias (fig. 14).



**Figura 14.** Procesamiento de las imágenes. a. Retinografías realizadas con el Tomógrafo 3D OCT 2000 de Topcon. b. Retinografías realizadas con el Angiógrafo “TRC-50EX, Imagnet 2000” de Topcon.

### 5.3. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA EN PACIENTES CON SÍNDROME DE DOWN

El tercer grupo incluye 38 pacientes con síndrome de Down sin patología ocular de entre 3 y 39 años, que acudían a revisión a la clínica DYTO. Fueron reclutados entre octubre de 2011 y septiembre de 2013.

#### Criterios de inclusión

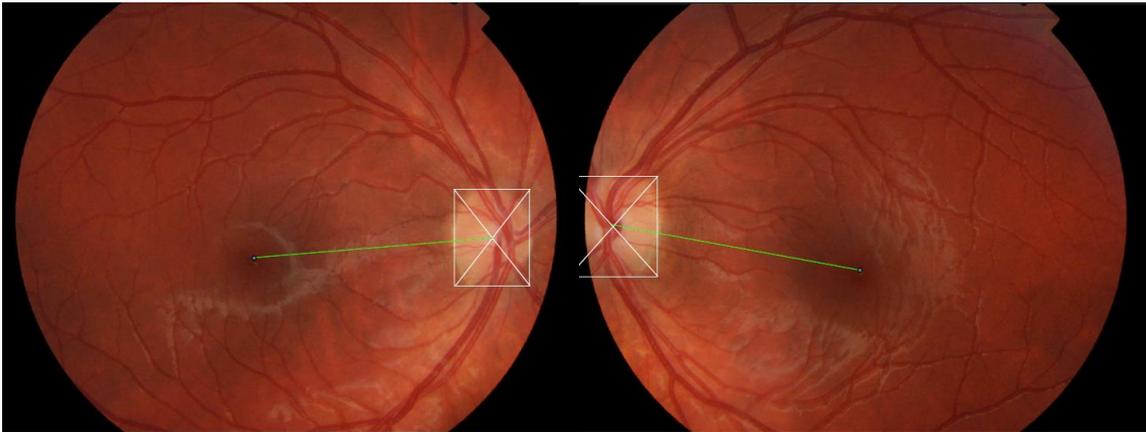
- Edad entre 3-39 años
- Revisión oftalmológica de rutina mediante cicloplejia

#### Criterios de exclusión

- Mala colaboración
- Patología ocular:
  - Patología oculomotora u orbitaria
  - Opacidad de medios
  - Patología retiniana que impida delimitar la fovea y vascularización del polo posterior
  - Patología del nervio óptico que impida delimitar la papila
  - Cirugía ocular u orbitaria previa
- Patología sistémica
  - Auditiva y/o vestibular
  - Musculoesquelética

En este grupo se realizaron y se procesaron las 76 retinografías de los 38 pacientes tal y como se ha detallado en el apartado de la población infantil sana. Siempre hubo dos exploradores en la sala.

El procesamiento de las imágenes y su análisis fue igual que el detallado en el supuesto anterior (fig. 15).



**Figura 15.** Procesamiento de las imágenes. Se realizó un rectángulo tangente a la papila cuyas diagonales marcan su centro, que se unió a la fovea mediante una línea.

#### 5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables continuas que siguen una distribución normal o simétrica se han expresado utilizando la media, la desviación típica y los valores máximo y mínimo. Las variables continuas que no siguen una distribución normal se han expresado mediante la mediana y los valores máximo y mínimo. Las variables categóricas se han resumido mediante estadísticos de frecuencias, número de casos y porcentaje.

Se ha utilizado el test signo-rango de Wilcoxon para estudiar la variación de los grados de torsión ocular en cada ojo, en función de la variación de la posición cefálica.

Para estudiar la relación entre torsión, ojo dominante y mano dominante se han usado el test de T de Student, el test de Mann-Whitney y el test exacto de Fisher.

En cuanto estudio de la torsión ocular en la población infantil, se han empleado el análisis de regresión, el test de T de Student y el test signo-rango de Wilcoxon, tanto para comparar las diferencias de torsión entre ambos ojos como para analizar la evolución de la torsión ocular en función de la edad.

En la población con síndrome de Down se ha estudiado la diferencia de torsión entre ambos ojos con el test de T de Student y el test signo-rango de Wilcoxon.

Para comparar la torsión en la población infantil sana y en la población con síndrome de Down, se han aplicado el test T de Student y el test de Mann Whitney.

Se ha realizado una prueba de regresión para comprobar la concordancia entre las medidas de dos aparatos diferentes, hallando el valor del índice de correlación intraclase.

Para todas las pruebas de comparación y asociación, el valor de significación estadística se ha situado en 0,05 ( $\alpha=0.05$ ).

Los análisis se han llevado a cabo con el programa estadístico Stata 11.2.

# RESULTADOS



## 6. RESULTADOS

### 6.2. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO SEGÚN LA POSICIÓN CEFÁLICA

#### 6.2.1. Sexo

El grupo incluye 20 sujetos sanos, 11 hombres (55%) y 9 mujeres (45%) (fig. 16).

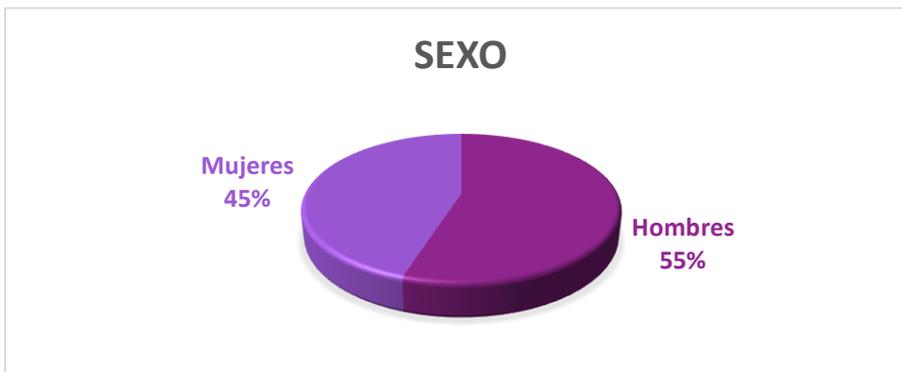


Figura 16. Distribución según el sexo

#### 6.2.2. Edad

La edad oscila entre los 27 y los 60 años, siendo la media de 34,85 con una desviación estándar de 10,68, una mediana de 31,5 y una moda de 30.

#### 6.2.3. Retinografías

Se realizaron un total de 440 retinografías, 220 ojos derechos y 220 ojos izquierdos. A cada individuo se le realizaron 22 retinografías, 11 del ojo derecho y 11 del ojo izquierdo.

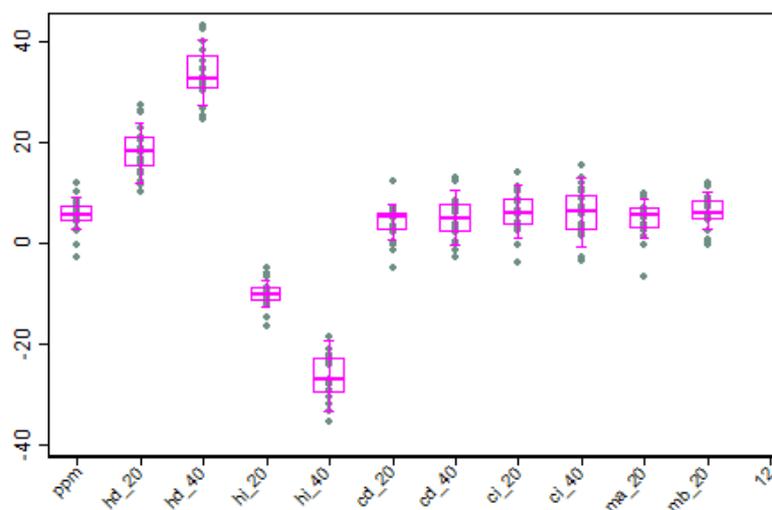
## 6.2.4. Análisis descriptivo para el ojo derecho

### a. Análisis descriptivo de la torsión del ojo derecho en función de la posición de la cabeza

Se analizaron los datos de la torsión del ojo derecho obtenidos de los 20 controles en cada una de las posiciones cefálicas estudiadas (fig. 17, tabla 2) y hallamos que, en posición primaria de la mirada, la media de la torsión del ojo derecho es de  $5,49^\circ$  con una desviación típica de  $3,36^\circ$ , la mediana es de  $5,70^\circ$ , el valor mínimo de  $-2,8^\circ$  y el valor máximo de  $11,90^\circ$ .

Entre las demás posiciones, destacan las que describen la inclinación de la cabeza sobre el hombro, ya que el movimiento de la cabeza y los movimientos de torsión ocular coinciden en un mismo plano y los valores de la torsión ocular presentan una mayor variación, llegando a unos valores extremos de  $43^\circ$  al inclinarse la cabeza  $40^\circ$  sobre el hombro derecho y de  $-35,40^\circ$  (valor negativo que indica inciclotorsión), si la inclinación es de  $40^\circ$  sobre el hombro izquierdo. Las medias de torsión ocular obtenidas si la inclinación cefálica es de  $20^\circ$  o de  $40^\circ$  sobre el hombro derecho son de  $18,38^\circ$  o de  $33,27^\circ$ , respectivamente. Las medias obtenidas si la inclinación cefálica es de  $20^\circ$  o de  $40^\circ$  sobre el hombro izquierdo son  $-10,13^\circ$  o  $-26,56^\circ$ , respectivamente.

En las posiciones restantes (rotación cara-hombro derecho e izquierdo, mentón alto y bajo) los datos varían menos respecto a la posición primaria de la mirada.



**Figura 17.** Gráfica que muestra la torsión del ojo derecho en grados en función de la posición de la cabeza.

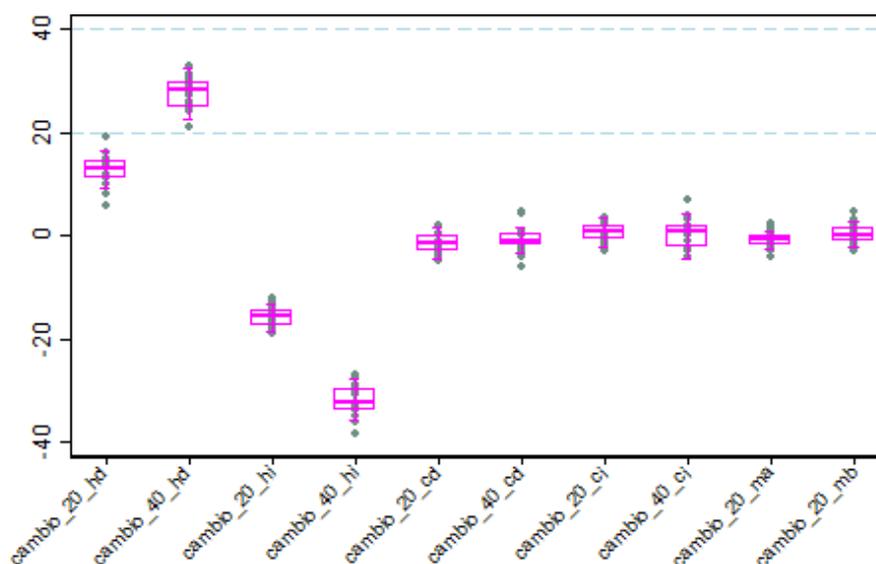
Análisis descriptivo de la torsión del OD										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
ppm	20	5.49	3.36	-2.80	-1.60	4.20	5.70	7.35	10.95	11.90
hd_20	20	18.38	4.84	10.30	10.95	15.05	18.35	21.00	26.85	27.40
hd_40	20	33.27	5.32	24.60	24.95	30.50	32.80	37.10	42.70	43.00
hi_20	20	-10.13	2.80	16.40	-15.60	-11.50	-10.10	-8.85	-5.50	-5.00
hi_40	20	-26.56	4.47	35.40	34.40	29.90	-27.15	22.90	-19.90	-18.70
cd_20	20	4.10	3.67	-4.80	-3.15	2.40	5.10	5.90	9.70	12.40
cd_40	20	4.71	4.20	-2.80	-2.10	2.20	4.90	7.65	12.55	12.90
ci_20	20	6.19	4.18	-3.80	-2.10	3.60	5.85	8.85	12.55	13.90
ci_40	20	5.80	4.98	-3.40	-3.10	2.60	6.15	9.50	14.10	15.30
ma_20	20	4.80	3.95	-6.80	-3.60	2.95	5.45	6.85	9.80	9.90
mb_20	20	5.87	3.39	-0.40	-0.10	4.55	5.85	8.40	11.60	11.90

**Tabla 2.** Análisis descriptivo de la torsión del ojo derecho en función de la posición de la cabeza.

**b. Análisis descriptivo de la variación de la torsión del ojo derecho en función del cambio de posición de la cabeza en los tres planos del espacio respecto a la posición primaria**

Se analizó cómo variaba la torsión del ojo derecho en función del cambio de posición de la cabeza, partiendo siempre de la posición primaria de la mirada (fig. 18, tabla 3). En el plano frontal, al estudiar la inclinación de la cabeza sobre el hombro derecho, hallamos que cuando ésta se mueve 20° o 40°, el ojo derecho realiza un recorrido de 12,88° y de 27,78° de exciclotorsión, respectivamente. Si la cabeza se inclina sobre el hombro izquierdo 20° o 40°, encontramos que el ojo realiza un recorrido de -15,62° y de -32,04° de inciclotorsión, respectivamente.

En los restantes planos del espacio (sagital y axial), los movimientos de torsión son, en su mayoría, inferiores a 1°, ya sea en sentido de exciclo o de inciclotorsión. Cuando la cabeza rota hacia el hombro derecho 20 o 40°, el ojo hace una inciclotorsión de -1,39° y -0,78° respectivamente. Si la rotación cefálica es hacia la izquierda 20° o 40°, el ojo realiza una exciclotorsión de 0,70° y 0,32° respectivamente. Cuando la cabeza se inclina hacia atrás elevándose el mentón 20°, el ojo hace una inciclotorsión de -0,68°. Cuando la cabeza se inclina hacia delante deprimiendo el mentón 20°, el ojo en cambio lleva a cabo una exciclotorsión de 0,38°.



**Figura 18.** Gráfica que muestra la variación de la torsión del ojo derecho en grados en función del cambio de posición de la cabeza.

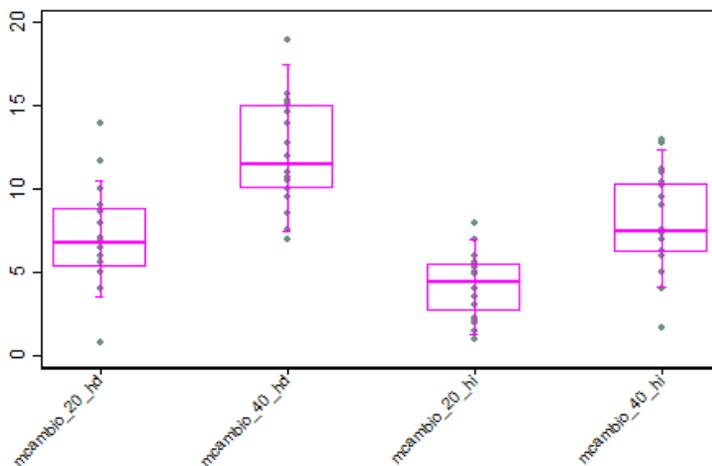
Variación de la torsión del OD en función del cambio de la posición cefálica en los 3 planos										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>cambio_20_hd</b>	20	12.88	2.97	6.00	7.15	11.20	13.25	14.70	17.60	19.20
<b>cambio_40_hd</b>	20	27.78	3.15	21.00	22.65	25.00	28.50	30.00	32.70	33.00
<b>cambio_20_hi</b>	20	-15.62	2.02	19.00	18.75	17.35	-15.55	14.50	12.00	12.00
<b>cambio_40_hi</b>	20	-32.04	3.02	-38.30	-37.15	-33.85	-32.50	-29.70	27.10	27.00
<b>cambio_20_cd</b>	20	-1.39	2.16	-5.00	-4.50	-3.10	-1.50	0.00	2.00	2.00
<b>cambio_40_cd</b>	20	-0.78	2.51	-6.00	-5.00	-1.95	-1.00	0.50	4.35	4.50
<b>cambio_20_ci</b>	20	0.70	1.86	-3.00	-2.50	-0.70	1.00	2.00	3.50	3.50
<b>cambio_40_ci</b>	20	0.32	2.85	-4.00	-4.00	-2.30	0.70	2.00	5.50	7.00
<b>cambio_20_ma</b>	20	-0.68	1.61	-4.00	-3.50	-1.70	-0.65	0.00	2.00	2.50
<b>cambio_20_mb</b>	20	0.38	1.86	-3.00	-2.50	-1.00	0.00	1.60	3.75	4.50

**Tabla 3.** Análisis descriptivo de la variación de la torsión del ojo derecho en función del cambio de posición de la cabeza en los 3 planos del espacio.

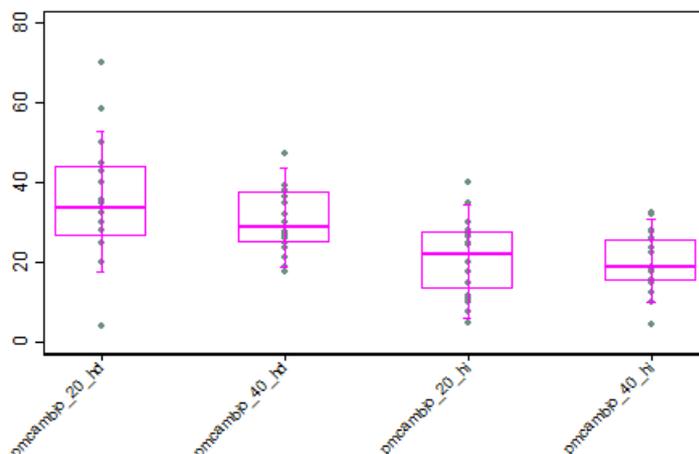
**c. Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en grados y en porcentaje del ojo derecho en función del cambio de la inclinación de la cabeza en el plano frontal**

El plano frontal es, como hemos ya mencionado, el más interesante ya que en él coincide el plano del movimiento de torsión ocular con el de inclinación cefálica sobre el hombro. Ello nos permite analizar cuántos grados se mueve el ojo “a favor o en contra” de la cabeza. Describiremos como torsión ocular compensatoria el movimiento de rotación respecto al eje visual que realiza el ojo en sentido contrario a la cabeza.

Al analizar la variación en la torsión ocular en el ojo derecho (fig. 19 y 20, tablas 4 y 5), hallamos que al inclinarse la cabeza sobre el hombro ipsilateral (derecho) 20°, existe una torsión ocular compensatoria de 7,12° (35,58%) y si la cabeza se inclina 40°, la torsión ocular compensatoria es de 12,22° (30,55 %). Estas cifras son menores al estudiar la inclinación de la cabeza sobre el hombro contralateral (izquierdo) ya que al inclinarse la cabeza 20°, el sistema vestibular es capaz de compensar únicamente 4,39° (21,93 %) y si la inclinación cefálica es de 40°, compensa 7,95° (19,89 %).



**Figura 19.** Gráfica que muestra la variación de la torsión ocular compensatoria del ojo derecho en grados en función de la inclinación cabeza-hombro.



**Figura 20.** Gráfica que muestra la variación de la torsión ocular compensatoria del ojo derecho en % en función de la inclinación cabeza-hombro.

TOC en ° OD según la inclinación cefálica en el plano frontal										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
mcambio_20_hd	20	7.12	2.97	0.80	2.40	5.30	6.75	8.80	12.85	14.00
mcambio_40_hd	20	12.22	3.15	7.00	7.30	10.00	11.50	15.00	17.35	19.00
mcambio_20_hi	20	4.39	2.02	1.00	1.25	2.65	4.45	5.50	8.00	8.00
mcambio_40_hi	20	7.95	3.02	1.70	2.85	6.15	7.50	10.30	12.90	13.00

**Tabla 4.** Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en grados del ojo derecho en función de la inclinación de la cabeza en el plano frontal (movimiento cabeza-hombro derecho y cabeza-

TOC en % OD según la inclinación cefálica en el plano frontal										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
pmcambio_20_hd	20	35.58	14.83	4.00	12.00	26.50	33.75	44.00	64.25	70.00
pmcambio_40_hd	20	30.55	7.89	17.50	18.25	25.00	28.75	37.50	43.38	47.50
pmcambio_20_hi	20	21.93	10.11	5.00	6.25	13.25	22.25	27.50	40.00	40.00
pmcambio_40_hi	20	19.89	7.55	4.25	7.13	15.38	18.75	25.75	32.25	32.50

**Tabla 5.** Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en % del ojo derecho en función de la inclinación de la cabeza en el plano frontal (movimiento cabeza-hombro derecho y cabeza-hombro izquierdo).

**d. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación en la torsión ocular del ojo derecho según el cambio de la posición de la cabeza**

Al realizar el análisis estadístico inferencial con el texto signo-rango (tabla 6), constatamos que la variación en la torsión ocular del ojo derecho cuando la cabeza se inclina sobre el hombro ipsi o contralateral son estadísticamente significativos ( $P < 0,05$ ). Asimismo la variación en la torsión del ojo derecho cuando la cabeza realiza una rotación de  $20^\circ$  cara-hombro derecho también es estadísticamente significativo. Las variaciones en la torsión constatadas en las restantes posiciones no podemos asegurar que no se deban al azar, ya que no son estadísticamente significativas.

N media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]	Variable 1	Variable 2	Diferencia 2-1	p-valor Test signo- rango
PPM versus HD_20	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 18.37 ( 4.84) [10.30 ; 27.40 ] 18.35 [15.05 ; 21.00 ]	20 12.88 ( 2.97) [ 6.00 ; 19.20 ] 13.25 [11.20 ; 14.70 ]	0.000
PPM versus HD_40	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 33.27 ( 5.32) [24.60 ; 43.00 ] 32.80 [30.50 ; 37.10 ]	20 27.78 ( 3.15) [21.00 ; 33.00 ] 28.50 [25.00 ; 30.00 ]	0.000
HD_20 versus HD_40	20 18.37 ( 4.84) [10.30 ; 27.40 ] 18.35 [15.05 ; 21.00 ]	20 33.27 ( 5.32) [24.60 ; 43.00 ] 32.80 [30.50 ; 37.10 ]	20 14.90 ( 2.29) [10.80 ; 19.50 ] 15.00 [13.50 ; 16.15 ]	0.000
PPM versus HI_20	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 -10.13 ( 2.80) [-16.40 ; -5.00 ] -10.10 [-11.50 ; - 8.85 ]	20 -15.62 ( 2.02) [-19.00 ; -12.00 ] -15.55 [-17.35 ; - 14.50 ]	0.000
PPM versus HI_40	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 -26.56 ( 4.47) [-35.40 ; -18.70 ] -27.15 [-29.90 ; - 22.90 ]	20 -32.05 ( 3.02) [-38.30 ; -27.00 ] -32.50 [-33.85 ; - 29.70 ]	0.000

HI_20 versus HI_40	20 -10.13 ( 2.80) [-16.40 ; -5.00 ] -10.10 [-11.50 ; -8.85 ]	20 -26.56 ( 4.47) [-35.40 ; -18.70 ] -27.15 [-29.90 ; -22.90 ]	20 -16.43 ( 2.89) [-22.00 ; -12.00 ] -17.00 [-17.45 ; -14.35 ]	0.000
PPM versus CD_20	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 4.11 ( 3.67) [-4.80 ; 12.40 ] 5.10 [ 2.40 ; 5.90 ]	20 -1.38 ( 2.16) [-5.00 ; 2.00 ] -1.50 [-3.10 ; 0.00 ]	0.016
PPM versus CD_40	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 4.72 ( 4.20) [-2.80 ; 12.90 ] 4.90 [ 2.20 ; 7.65 ]	20 -0.77 ( 2.51) [-6.00 ; 4.50 ] -1.00 [-1.95 ; 0.50 ]	0.123
CD_20 versus CD_40	20 4.11 ( 3.67) [-4.80 ; 12.40 ] 5.10 [ 2.40 ; 5.90 ]	20 4.72 ( 4.20) [-2.80 ; 12.90 ] 4.90 [ 2.20 ; 7.65 ]	20 0.61 ( 2.48) [-3.00 ; 7.00 ] 0.75 [-1.00 ; 2.00 ]	0.360
PPM versus CI_20	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 6.19 ( 4.18) [-3.80 ; 13.90 ] 5.85 [ 3.60 ; 8.85 ]	20 0.70 ( 1.86) [-3.00 ; 3.50 ] 1.00 [-0.70 ; 2.00 ]	0.107
PPM versus CI_40	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 5.80 ( 4.98) [-3.40 ; 15.30 ] 6.15 [ 2.60 ; 9.50 ]	20 0.31 ( 2.85) [-4.00 ; 7.00 ] 0.70 [-2.30 ; 2.00 ]	0.779
CI_20 versus CI_40	20 6.19 ( 4.18) [-3.80 ; 13.90 ] 5.85 [ 3.60 ; 8.85 ]	20 5.80 ( 4.98) [-3.40 ; 15.30 ] 6.15 [ 2.60 ; 9.50 ]	20 -0.38 ( 2.15) [-4.00 ; 5.00 ] -0.60 [-1.85 ; 1.00 ]	0.311
PPM versus MA_20	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 4.80 ( 3.95) [-6.80 ; 9.90 ] 5.45 [ 2.95 ; 6.85 ]	20 -0.69 ( 1.61) [-4.00 ; 2.50 ] -0.65 [-1.70 ; 0.00 ]	0.079
PPM versus MB_20	20 5.49 ( 3.36) [-2.80 ; 11.90 ] 5.70 [ 4.20 ; 7.35 ]	20 5.87 ( 3.39) [-0.40 ; 11.90 ] 5.85 [ 4.55 ; 8.40 ]	20 0.38 ( 1.86) [-3.00 ; 4.50 ] 0.00 [-1.00 ; 1.60 ]	0.509

**Tabla 6.** Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon ( $p < 0.05$ ) sobre la variación en la torsión ocular del OD según el cambio de la posición de la cabeza.

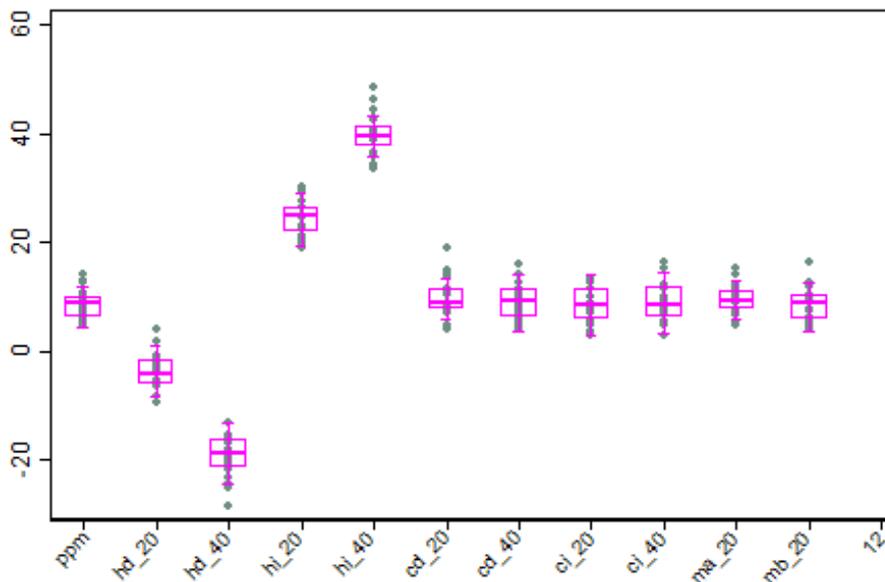
## 6.2.5. Análisis descriptivo para el ojo izquierdo

### a. Análisis descriptivo de la torsión del ojo izquierdo en función de la posición de la cabeza

Se analizaron los grados de torsión del ojo izquierdo obtenidos de los 20 controles en cada una de las posiciones cefálicas estudiadas (fig. 21, tabla 7) y hallamos que en posición primaria de la mirada la media de la torsión del ojo izquierdo es de  $8,62^\circ$ , la desviación típica de  $2,85^\circ$ , la mediana de  $8,75^\circ$ , el valor mínimo de  $4,70^\circ$  y el valor máximo de  $14,20^\circ$ .

La inclinación cabeza-hombro derecho de  $40^\circ$  es la posición con el menor valor de torsión registrado  $-28,40^\circ$  y presenta una media de  $-19,27^\circ$ , mientras que si la inclinación es de  $20^\circ$ , la media de la torsión es de  $-3,64^\circ$ . La inclinación cabeza-hombro izquierdo de  $40^\circ$  tiene el mayor valor de torsión, siendo éste de  $48,7^\circ$  y su media de  $39,92^\circ$ . Si la inclinación sobre el hombro izquierdo es  $20^\circ$ , la media de la torsión se reduce a  $24,46^\circ$ .

En las posiciones restantes (rotación cara-hombro derecho, rotación cara-hombro izquierdo y mentón alto o mentón bajo) los datos varían menos respecto a la posición primaria de la mirada, como se puede observar en la tabla 7 y tal como hemos descrito en el ojo derecho.



**Figura 21.** Gráfica que muestra la torsión del ojo izquierdo en grados en función de la posición de la cabeza.

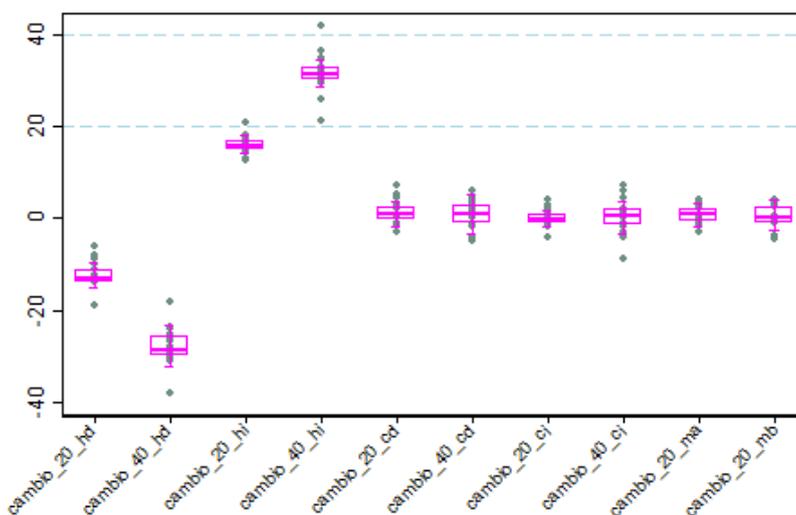
Análisis descriptivo de la torsión del OI										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
ppm	20	8.62	2.85	4.70	4.75	6.20	8.75	9.90	13.70	14.20
hd_20	20	-3.64	3.30	-9.20	-8.65	-6.00	-4.00	-1.35	3.10	4.20
hd_40	20	-19.27	3.91	28.40	26.80	-21.50	-18.80	-16.00	-14.20	-13.20
hi_20	20	24.46	3.30	18.90	19.35	21.90	24.85	26.60	30.00	30.20
hi_40	20	39.92	3.74	33.80	34.10	37.85	39.50	41.60	47.45	48.70
cd_20	20	9.90	3.64	3.90	4.30	7.80	8.75	11.60	17.15	19.20
cd_40	20	9.32	3.77	3.90	3.90	6.45	9.15	11.60	16.20	16.20
ci_20	20	8.57	3.29	2.80	3.25	5.85	8.65	11.40	13.35	13.50
ci_40	20	8.92	3.60	2.80	3.75	6.25	8.45	11.75	15.95	16.50
ma_20	20	9.38	2.90	4.70	4.85	7.65	9.50	11.20	14.75	15.30
mb_20	20	8.78	3.15	4.20	4.45	5.95	8.90	10.35	14.50	16.30

**Tabla 7.** Análisis descriptivo de la torsión del ojo izquierdo en función de la posición de la cabeza.

**b. Análisis descriptivo de la variación de la torsión del ojo izquierdo en función del cambio de posición de la cabeza en los tres planos del espacio respecto a la posición primaria**

Se analizó cómo variaba la torsión del ojo izquierdo en función del cambio de posición de la cabeza, partiendo siempre de la posición primaria de la mirada (fig. 22, tabla 8). En el plano frontal, al estudiar la inclinación de la cabeza sobre el hombro derecho, hallamos que cuando ésta se mueve 20° o 40°, el ojo izquierdo realiza un recorrido de -12,25° y de -27,88° de inciclotorsión, respectivamente. Si la cabeza se inclina sobre el hombro izquierdo 20° o 40°, encontramos que el ojo realiza un recorrido de 15,84° y 31,31°, de exciclotorsión, respectivamente.

En los restantes planos del espacio (sagital y axial), los cambios en la torsión son en su mayoría menores que 1°, aproximándose a 0°. Cuando la cabeza rota hacia el hombro derecho 20° o 40°, el ojo izquierdo realiza un exciclotorsión de 1,28° y 0,71° respectivamente. Si la rotación es hacia la izquierda, el ojo hace una inciclotorsión de -0,04° y una exciclotorsión de 0,30°, respectivamente. Cuando la cabeza se inclina hacia atrás, elevándose el mentón 20°, el ojo realiza una exciclotorsión de 0,76°. Cuando la cabeza se inclina hacia delante deprimiendo el mentón 20°, el ojo lleva a cabo una exciclotorsión de 0,16°.



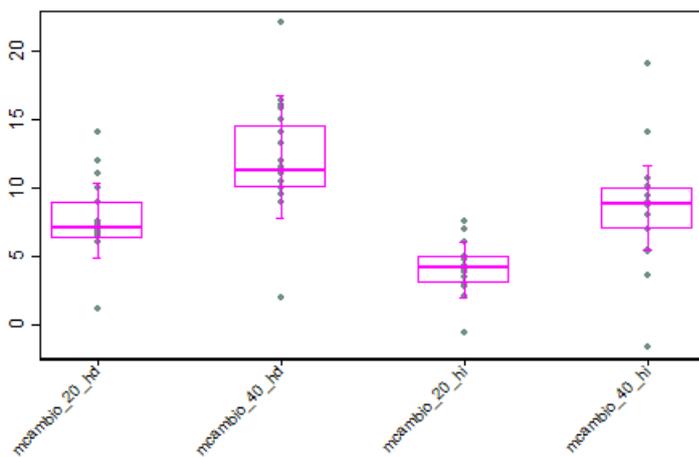
**Figura 22.** Gráfica que muestra la variación de la torsión del ojo izquierdo en grados en función del cambio de posición de la cabeza.

Variación de la torsión del OI en función del cambio de la posición cefálica en los 3 planos										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>cambio_20_hd</b>	20	-12.25	2.70	18.80	16.40	13.75	-12.95	11.00	-7.00	-6.00
<b>cambio_40_hd</b>	20	-27.88	4.01	-38.00	34.50	30.00	-28.75	-25.50	-20.80	-18.00
<b>cambio_20_hi</b>	20	15.84	1.83	12.50	12.75	15.00	15.85	17.00	19.25	20.60
<b>cambio_40_hi</b>	20	31.31	4.20	21.00	23.50	29.95	31.15	33.00	39.00	41.60
<b>cambio_20_cd</b>	20	1.28	2.42	-3.00	-2.50	-0.45	1.00	2.35	6.00	7.00
<b>cambio_40_cd</b>	20	0.71	2.85	-5.00	-4.65	-1.15	1.00	3.00	5.30	6.00
<b>cambio_20_ci</b>	20	-0.04	1.79	-4.00	-3.00	-1.00	-0.20	0.75	3.45	4.00
<b>cambio_40_ci</b>	20	0.30	3.67	-9.00	-6.50	-1.50	0.50	2.00	6.50	7.00
<b>cambio_20_ma</b>	20	0.76	1.88	-3.00	-2.50	-0.50	1.00	2.00	3.90	4.00
<b>cambio_20_mb</b>	20	0.16	2.54	-4.50	-4.25	-1.00	0.00	2.40	4.00	4.00

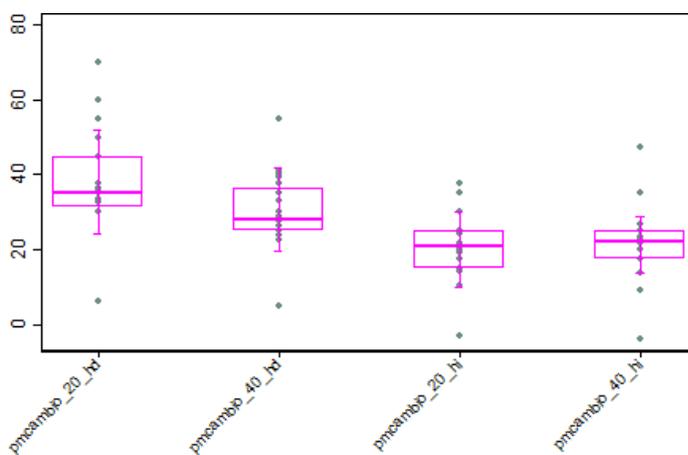
**Tabla 8.** Análisis descriptivo de la variación de la torsión del ojo izquierdo en función del cambio de posición de la cabeza en los tres planos del espacio.

**c. Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en grados y en porcentaje del ojo izquierdo en función del cambio de la inclinación de la cabeza en el plano frontal**

Al realizar el análisis sobre la variación de la torsión ocular del ojo izquierdo en función de los cambios en la posición cefálica en el plano frontal (fig. 23 y 24, tablas 9 y 10), hallamos que cuando la inclinación de la cabeza se realiza sobre el hombro ipsilateral (izquierdo) ya sea 20° o 40°, el sistema vestibular compensa 4,16° (20,80%) o 8,69° (21,73%) respectivamente. En cambio, cuando la inclinación de la cabeza se da sobre el hombro contralateral (derecho) ya sea 20° o 40°, la torsión compensatoria es mayor siendo ésta de 7,74° (38,73%) y 12,12° (30,30%) respectivamente.



**Figura 23.** Gráfica que muestra la variación de la torsión ocular compensatoria del ojo izquierdo en grados en función de la inclinación cabeza-hombro.



**Figura 24.** Gráfica que muestra la variación de la torsión ocular compensatoria del ojo izquierdo en % en función de la inclinación cabeza-hombro.

TOC en ° OI según la inclinación cefálica en el plano frontal										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
mcambio_20_hd	20	7.74	2.70	1.20	3.60	6.25	7.05	9.00	13.00	14.00
mcambio_40_hd	20	12.12	4.01	2.00	5.50	10.00	11.25	14.50	19.20	22.00
mcambio_20_hi	20	4.16	1.83	-0.60	0.75	3.00	4.15	5.00	7.25	7.50
mcambio_40_hi	20	8.69	4.20	-1.60	1.00	7.00	8.85	10.05	16.50	19.00

**Tabla 9.** Análisis descriptivo de la torsión ocular compensatoria en grados del ojo izquierdo en función de la inclinación de la cabeza en el plano frontal (movimiento cabeza-hombro derecho y cabeza-hombro izquierdo).

TOC en % OI según la inclinación cefálica en el plano frontal										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
pmcambio_20_hd	20	38.73	13.49	6.00	18.00	31.25	35.25	45.00	65.00	70.00
pmcambio_40_hd	20	30.30	10.03	5.00	13.75	25.00	28.13	36.25	48.00	55.00
pmcambio_20_hi	20	20.80	9.17	-3.00	3.75	15.00	20.75	25.00	36.25	37.50
pmcambio_40_hi	20	21.73	10.50	-4.00	2.50	17.50	22.13	25.13	41.25	47.50

**Tabla 10.** Análisis descriptivo de la TOC en % del ojo izquierdo en función de la inclinación de la cabeza en el plano frontal (movimiento cabeza-hombro derecho y cabeza-hombro izquierdo).

**d. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación en la torsión ocular del ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza**

Al realizar el análisis estadístico inferencial con el test de signo-rango sobre la variación en la torsión ocular del ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza (tabla 11), nos encontramos unos resultados coherentemente similares a los obtenidos con el ojo derecho. La variación en la torsión es estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) cuando la cabeza se inclina en el plano frontal y cuando realiza una rotación de  $20^\circ$  a la derecha (en este caso hombro contralateral). En el resto de posiciones no podemos asegurar que la variación en la torsión ocular no sea simplemente debida al azar.

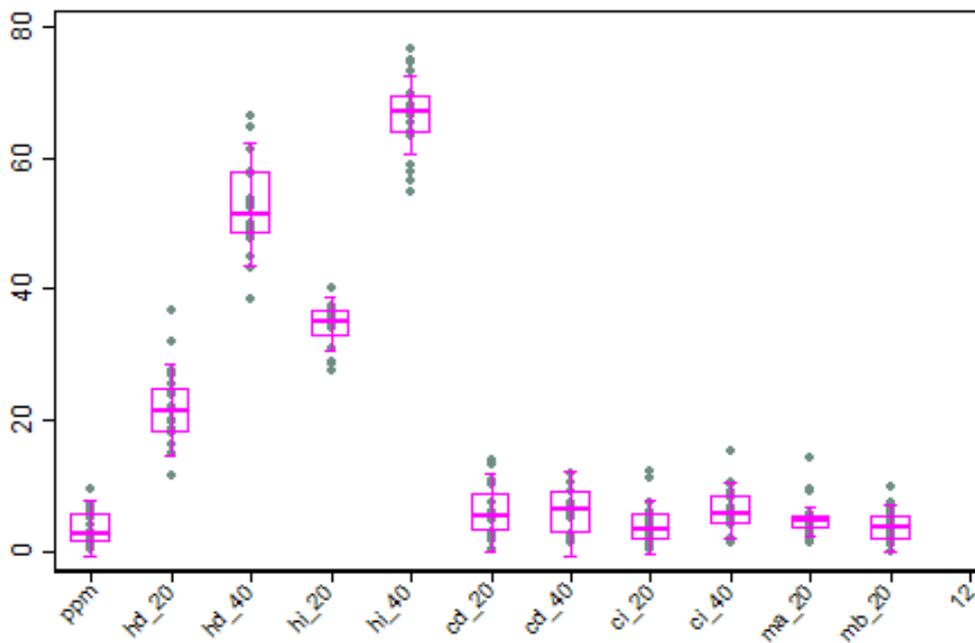
N media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]	Variable 1	Variable 2	Diferencia 2-1	p-valor Test_signo- rango
PPM versus HD_20	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 -3.64 ( 3.30) [-9.20 ; 4.20 ] -4.00 [-6.00 ; -1.35 ]	20 -12.26 ( 2.70) [-18.80 ; -6.00 ] -12.95 [-13.75 ; -11.00 ]	0.000
PPM versus HD_40	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 -19.27 ( 3.91) [-28.40 ; -13.20 ] -18.80 [-21.50 ; -16.00 ]	20 -27.88 ( 4.01) [-38.00 ; -18.00 ] -28.75 [-30.00 ; -25.50 ]	0.000
HD_20 versus HD_40	20 -3.64 ( 3.30) [-9.20 ; 4.20 ] -4.00 [-6.00 ; -1.35 ]	20 -19.27 ( 3.91) [-28.40 ; -13.20 ] -18.80 [-21.50 ; -16.00 ]	20 -15.63 ( 3.01) [-20.00 ; -10.00 ] -16.50 [-18.00 ; -13.25 ]	0.000
PPM versus HI_20	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 24.46 ( 3.30) [18.90 ; 30.20 ] 24.85 [21.90 ; 26.60 ]	20 15.84 ( 1.83) [12.50 ; 20.60 ] 15.85 [15.00 ; 17.00 ]	0.000
PPM versus HI_40	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 39.93 ( 3.74) [33.80 ; 48.70 ] 39.50 [37.85 ; 41.60 ]	20 31.31 ( 4.20) [21.00 ; 41.60 ] 31.15 [29.95 ; 33.00 ]	0.000

HI_20 versus HI_40	20 24.46 ( 3.30) [ 18.90 ; 30.20 ] 24.85 [ 21.90 ; 26.60 ]	20 39.93 ( 3.74) [ 33.80 ; 48.70 ] 39.50 [ 37.85 ; 41.60 ]	20 15.47 ( 3.78) [ 4.00 ; 21.00 ] 15.80 [ 13.75 ; 17.75 ]	0.000
PPM versus CD_20	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 9.90 ( 3.64) [ 3.90 ; 19.20 ] 8.75 [ 7.80 ; 11.60 ]	20 1.29 ( 2.42) [ -3.00 ; 7.00 ] 1.00 [ -0.45 ; 2.35 ]	0.033
PPM versus CD_40	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 9.33 ( 3.77) [ 3.90 ; 16.20 ] 9.15 [ 6.45 ; 11.60 ]	20 0.71 ( 2.85) [ -5.00 ; 6.00 ] 1.00 [ -1.15 ; 3.00 ]	0.224
CD_20 versus CD_40	20 9.90 ( 3.64) [ 3.90 ; 19.20 ] 8.75 [ 7.80 ; 11.60 ]	20 9.33 ( 3.77) [ 3.90 ; 16.20 ] 9.15 [ 6.45 ; 11.60 ]	20 -0.57 ( 1.95) [ -5.30 ; 2.00 ] 0.00 [ -1.50 ; 0.45 ]	0.284
PPM versus CI_20	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 8.57 ( 3.29) [ 2.80 ; 13.50 ] 8.65 [ 5.85 ; 11.40 ]	20 -0.05 ( 1.79) [ -4.00 ; 4.00 ] -0.20 [ -1.00 ; 0.75 ]	0.625
PPM versus CI_40	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 8.92 ( 3.60) [ 2.80 ; 16.50 ] 8.45 [ 6.25 ; 11.75 ]	20 0.30 ( 3.67) [ -9.00 ; 7.00 ] 0.50 [ -1.50 ; 2.00 ]	0.574
CI_20 versus CI_40	20 8.57 ( 3.29) [ 2.80 ; 13.50 ] 8.65 [ 5.85 ; 11.40 ]	20 8.92 ( 3.60) [ 2.80 ; 16.50 ] 8.45 [ 6.25 ; 11.75 ]	20 0.35 ( 2.96) [ -8.00 ; 5.60 ] 0.50 [ -1.00 ; 2.15 ]	0.358
PPM versus MA_20	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 9.38 ( 2.90) [ 4.70 ; 15.30 ] 9.50 [ 7.65 ; 11.20 ]	20 0.76 ( 1.88) [ -3.00 ; 4.00 ] 1.00 [ -0.50 ; 2.00 ]	0.095
PPM versus MB_20	20 8.62 ( 2.85) [ 4.70 ; 14.20 ] 8.75 [ 6.20 ; 9.90 ]	20 8.78 ( 3.15) [ 4.20 ; 16.30 ] 8.90 [ 5.95 ; 10.35 ]	20 0.16 ( 2.54) [ -4.50 ; 4.00 ] 0.00 [ -1.00 ; 2.40 ]	0.970

**Tabla 11.** Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon ( $p < 0.05$ ) sobre la variación en la torsión ocular del ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza.

### 6.2.6. Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo

Al analizar la diferencia absoluta entre ambos ojos (fig. 25, tabla 12), encontramos que en posición primaria de la mirada es de  $3,49^\circ$ , magnitud equiparable a las diferencias que encontramos en el plano axial (cara-hombro derecho o izquierdo; diferencias de entre  $3,95^\circ$  y  $6,16^\circ$ ) y en el sagital (mentón alto o mentón bajo; diferencias de  $5,03^\circ$  y  $3,73^\circ$  respectivamente). En cambio, al estudiar la inclinación en el plano frontal (cabeza-hombro) vemos una diferencia que oscila entre  $22,02^\circ$  (inclinación cabeza hombro derecho de  $20^\circ$ ) y  $66,48^\circ$  (inclinación cabeza hombro izquierdo de  $40^\circ$ ).



**Figura 25.** Gráfica que muestra la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en grados en función de la posición cefálica.

Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión entre OD y OI										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
ppm	20	3.49	2.62	0.20	0.35	1.30	2.55	5.50	8.15	9.30
hd_20	20	22.02	5.86	11.50	13.25	18.05	21.45	24.95	34.25	36.60
hd_40	20	52.53	7.24	38.50	40.80	48.30	51.30	57.80	65.75	66.60
hi_20	20	34.58	3.52	27.50	28.00	32.55	35.20	36.70	40.15	40.30
hi_40	20	66.48	6.09	54.90	55.80	63.65	67.05	69.65	75.90	76.90
cd_20	20	6.05	4.17	0.20	0.80	2.80	5.30	8.80	13.60	13.90
cd_40	20	6.16	3.36	1.20	1.30	2.50	6.45	9.00	11.05	11.70
ci_20	20	3.95	3.36	0.30	0.30	1.45	3.30	5.65	11.70	12.30
ci_40	20	6.09	3.40	1.10	1.40	4.05	5.50	8.40	12.70	15.10
ma_20	20	5.03	3.04	1.10	1.40	3.30	4.75	5.45	11.90	14.30
mb_20	20	3.73	2.49	0.00	0.50	1.60	3.55	5.20	8.45	9.70

**Tabla 12.** Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo.

**a. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación en la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza**

Al realizar el estudio estadístico inferencial (tabla 13) encontramos que la variación de la diferencia absoluta de torsión entre ambos ojos es estadísticamente significativa cuando la cabeza se inclina sobre el hombro derecho o izquierdo a 20 y 40°, cuando la cara gira sobre el hombro derecho a 20 y 40° y sobre el hombro izquierdo 20°, al igual que cuando el mentón se eleva 20°. En el resto de las posiciones no podemos descartar que las diferencias obtenidas se deban al azar.

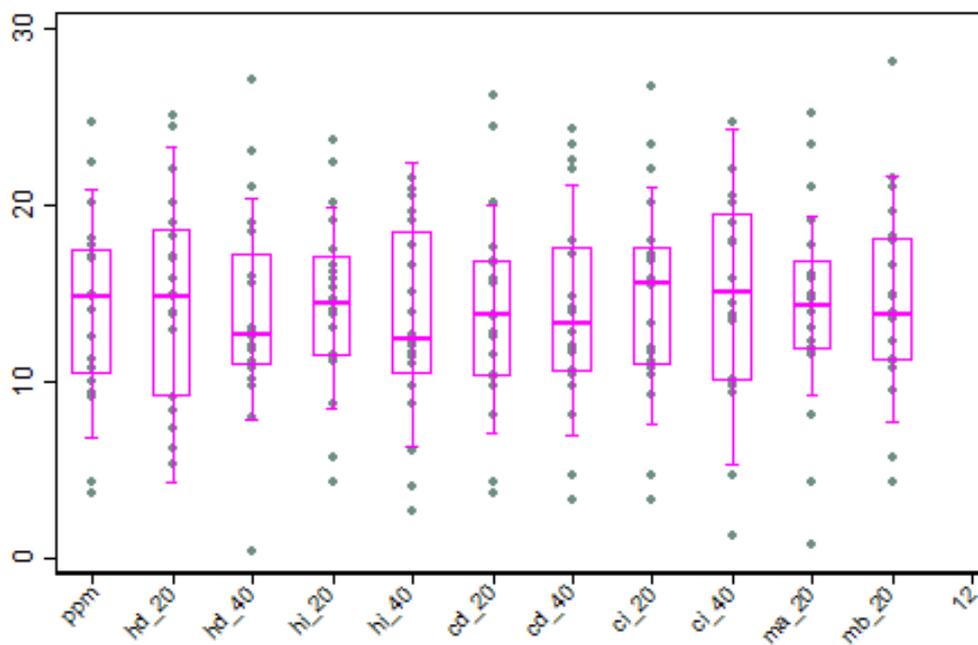
N media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]	Variable 1	Variable 2	Diferencia 2-1	p-valor Test_signo-rango
PPM versus HD_20	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 22.02 ( 5.86) [11.50 ; 36.60 ] 21.45 [18.05 ; 24.95 ]	20 18.53 ( 7.23) [ 8.90 ; 35.20 ] 17.40 [12.40 ; 23.30 ]	0.000
PPM versus HD_40	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 52.53 ( 7.24) [38.50 ; 66.60 ] 51.30 [48.30 ; 57.80 ]	20 49.05 ( 8.37) [35.70 ; 65.20 ] 46.45 [44.60 ; 56.85 ]	0.000
HD_20 versus HD_40	20 22.02 ( 5.86) [11.50 ; 36.60 ] 21.45 [18.05 ; 24.95 ]	20 52.53 ( 7.24) [38.50 ; 66.60 ] 51.30 [48.30 ; 57.80 ]	20 30.52 ( 4.15) [20.80 ; 36.60 ] 30.55 [27.75 ; 33.90 ]	0.000
PPM versus HI_20	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 34.58 ( 3.52) [27.50 ; 40.30 ] 35.20 [32.55 ; 36.70 ]	20 31.10 ( 3.17) [24.50 ; 36.00 ] 30.50 [29.20 ; 33.75 ]	0.000
PPM versus HI_40	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 66.48 ( 6.09) [54.90 ; 76.90 ] 67.05 [63.65 ; 69.65 ]	20 63.00 ( 5.26) [53.00 ; 72.10 ] 64.60 [59.60 ; 67.00 ]	0.000

HI_20 versus HI_40	20 34.58 ( 3.52) [27.50 ; 40.30 ] 35.20 [32.55 ; 36.70 ]	20 66.48 ( 6.09) [54.90 ; 76.90 ] 67.05 [63.65 ; 69.65 ]	20 31.90 ( 5.38) [19.00 ; 39.60 ] 32.80 [29.50 ; 35.70 ]	0.000
PPM versus CD_20	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 6.05 ( 4.17) [ 0.20 ; 13.90 ] 5.30 [ 2.80 ; 8.80 ]	20 2.57 ( 3.90) [-4.70 ; 8.40 ] 2.75 [ 0.25 ; 5.05 ]	0.014
PPM versus CD_40	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 6.16 ( 3.36) [ 1.20 ; 11.70 ] 6.45 [ 2.50 ; 9.00 ]	20 2.67 ( 3.36) [-4.40 ; 9.00 ] 2.50 [ 0.70 ; 5.25 ]	0.004
CD_20 versus CD_40	20 6.05 ( 4.17) [ 0.20 ; 13.90 ] 5.30 [ 2.80 ; 8.80 ]	20 6.16 ( 3.36) [ 1.20 ; 11.70 ] 6.45 [ 2.50 ; 9.00 ]	20 0.10 ( 2.67) [-5.00 ; 5.00 ] 0.00 [-1.25 ; 1.70 ]	0.765
PPM versus CI_20	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 3.95 ( 3.36) [ 0.30 ; 12.30 ] 3.30 [ 1.45 ; 5.65 ]	20 0.47 ( 3.06) [-4.50 ; 7.00 ] 0.00 [-1.05 ; 3.10 ]	0.722
PPM versus CI_40	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 6.09 ( 3.40) [ 1.10 ; 15.10 ] 5.50 [ 4.05 ; 8.40 ]	20 2.60 ( 3.41) [-4.60 ; 11.00 ] 2.85 [ 0.60 ; 4.20 ]	0.005
CI_20 versus CI_40	20 3.95 ( 3.36) [ 0.30 ; 12.30 ] 3.30 [ 1.45 ; 5.65 ]	20 6.09 ( 3.40) [ 1.10 ; 15.10 ] 5.50 [ 4.05 ; 8.40 ]	20 2.14 ( 2.99) [-2.60 ; 8.70 ] 2.00 [-0.25 ; 4.00 ]	0.008
PPM versus MA_20	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 5.03 ( 3.04) [ 1.10 ; 14.30 ] 4.75 [ 3.30 ; 5.45 ]	20 1.55 ( 2.70) [-4.50 ; 5.00 ] 1.10 [-0.30 ; 4.40 ]	0.022
PPM versus MB_20	20 3.49 ( 2.62) [ 0.20 ; 9.30 ] 2.55 [ 1.30 ; 5.50 ]	20 3.73 ( 2.49) [ 0.00 ; 9.70 ] 3.55 [ 1.60 ; 5.20 ]	20 0.24 ( 3.13) [-4.80 ; 6.00 ] 0.25 [-2.00 ; 1.15 ]	0.488

**Tabla 13.** Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon ( $p < 0.05$ ) sobre la variación en la diferencia absoluta de torsión entre OD y OI según el cambio de la posición de la cabeza.

### 6.2.7. Análisis descriptivo para la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo

Al analizar la suma de la torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo (fig. 26, tabla 14) hallamos que los valores oscilan en torno a una media de  $14,26^\circ$ , siendo el menor valor de  $13,37^\circ$  (media de la inclinación cabeza hombro izquierdo de  $40^\circ$ ) y el mayor de  $14,76^\circ$  (media de la rotación cara hombro izquierdo de  $20^\circ$ ). El 50% de la población tiene valores comprendidos entre el percentil 25 ( $10,90^\circ$ ) y el percentil 75 ( $17,85^\circ$ ). El 90% de la población tendrá valores comprendidos entre el percentil 5 ( $4,30^\circ$ ) y el percentil 95 ( $24,05^\circ$ ). Las sumas que no estén incluidas en dichos intervalos, podrán ser consideradas anormales.



**Figura 26.** Gráfica que muestra la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo en grados en función de la posición cefálica.

Análisis descriptivo para Suma torsión ojo derecho + izquierdo										
Posición de la cabeza	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
ppm	20	14.11	5.42	3.70	4.00	10.40	14.80	17.45	23.60	24.70
hd_20	20	14.74	5.86	5.30	5.75	9.10	14.85	18.60	24.80	25.10
hd_40	20	14.01	5.89	0.30	4.15	10.95	12.70	17.25	25.15	27.20
hi_20	20	14.33	5.01	4.30	5.00	11.35	14.40	17.05	23.10	23.70
hi_40	20	13.37	5.54	2.60	3.35	10.40	12.45	18.45	21.20	21.50
cd_20	20	14.01	5.73	3.70	4.00	10.30	13.75	16.80	25.35	26.20
cd_40	20	14.04	5.89	3.30	4.00	10.50	13.35	17.65	23.95	24.40
ci_20	20	14.76	5.90	3.30	4.00	10.95	15.65	17.65	25.10	26.70
ci_40	20	14.73	5.93	1.30	3.00	10.05	15.10	19.55	23.40	24.70
ma_20	20	14.18	5.84	0.70	2.50	11.80	14.30	16.90	24.35	25.20
mb_20	20	14.65	5.56	4.30	5.00	11.20	13.85	18.15	24.85	28.20

**Tabla 14.** Análisis descriptivo para la suma de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo.

**a. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la variación de la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo según el cambio de la posición de la cabeza**

Al realizar el análisis estadístico inferencial sobre la variación de la suma de torsión de ambos ojos en función del cambio de la posición de la cabeza (tabla 15), no hallamos apenas valores estadísticamente significativos. Al inclinar la cabeza 20° sobre el hombro derecho y al girar la cara sobre el hombro izquierdo 20°, obtenemos diferencias estadísticamente significativas respecto a la suma de torsión en posición primaria de la mirada.

N media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]	Variable 1	Variable 2	Diferencia 2-1	p-valor Test_signo-rango
PPM versus HD_20	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.74 ( 5.86) [ 5.30 ; 25.10 ] 14.85 [ 9.10 ; 18.60 ]	20 0.63 ( 2.08) [-5.00 ; 3.90 ] 0.70 [ 0.00 ; 2.00 ]	0.046
PPM versus HD_40	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.01 ( 5.89) [ 0.30 ; 27.20 ] 12.70 [10.95 ; 17.25 ]	20 -0.10 ( 3.00) [-8.00 ; 4.30 ] 0.75 [-1.75 ; 2.20 ]	0.867
HD_20 versus HD_40	20 14.74 ( 5.86) [ 5.30 ; 25.10 ] 14.85 [ 9.10 ; 18.60 ]	20 14.01 ( 5.89) [ 0.30 ; 27.20 ] 12.70 [10.95 ; 17.25 ]	20 -0.73 ( 3.37) [-8.40 ; 3.70 ] 0.50 [-2.85 ; 2.00 ]	0.490
PPM versus HI_20	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.33 ( 5.01) [ 4.30 ; 23.70 ] 14.40 [11.35 ; 17.05 ]	20 0.23 ( 1.99) [-3.50 ; 6.00 ] 0.00 [-0.75 ; 1.25 ]	0.707
PPM versus HI_40	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 13.37 ( 5.54) [ 2.60 ; 21.50 ] 12.45 [10.40 ; 18.45 ]	20 -0.74 ( 4.86) [-12.00 ; 11.10 ] -0.50 [-3.00 ; 1.20 ]	0.401
HI_20 versus HI_40	20 14.33 ( 5.01) [ 4.30 ; 23.70 ] 14.40 [11.35 ; 17.05 ]	20 13.37 ( 5.54) [ 2.60 ; 21.50 ] 12.45 [10.40 ; 18.45 ]	20 -0.96 ( 4.04) [-11.00 ; 6.80 ] -1.05 [-2.10 ; 1.35 ]	0.279

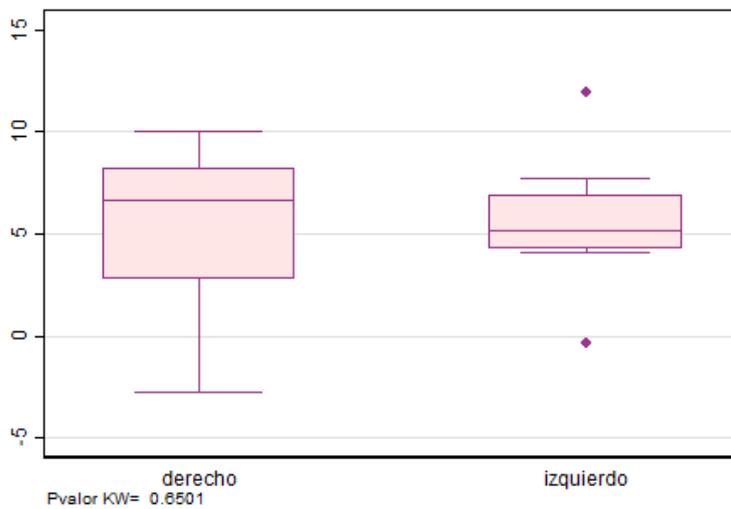
PPM versus CD_20	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.01 ( 5.73) [ 3.70 ; 26.20 ] 13.75 [10.30 ; 16.80 ]	20 -0.10 ( 1.51) [-2.60 ; 2.00 ] -0.10 [-1.15 ; 1.25 ]	0.750
PPM versus CD_40	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.04 ( 5.89) [ 3.30 ; 24.40 ] 13.35 [10.50 ; 17.65 ]	20 -0.07 ( 1.84) [-3.00 ; 4.50 ] -0.55 [-1.00 ; 1.00 ]	0.653
CD_20 versus CD_40	20 14.01 ( 5.73) [ 3.70 ; 26.20 ] 13.75 [10.30 ; 16.80 ]	20 14.04 ( 5.89) [ 3.30 ; 24.40 ] 13.35 [10.50 ; 17.65 ]	20 0.03 ( 1.92) [-3.00 ; 4.50 ] 0.00 [-1.00 ; 1.40 ]	0.926
PPM versus CI_20	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.76 ( 5.90) [ 3.30 ; 26.70 ] 15.65 [10.95 ; 17.65 ]	20 0.65 ( 1.19) [-1.00 ; 2.50 ] 1.00 [-0.40 ; 1.55 ]	0.031
PPM versus CI_40	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.73 ( 5.93) [ 1.30 ; 24.70 ] 15.10 [10.05 ; 19.55 ]	20 0.62 ( 2.24) [-3.00 ; 5.00 ] 0.50 [-1.00 ; 2.00 ]	0.311
CI_20 versus CI_40	20 14.76 ( 5.90) [ 3.30 ; 26.70 ] 15.65 [10.95 ; 17.65 ]	20 14.73 ( 5.93) [ 1.30 ; 24.70 ] 15.10 [10.05 ; 19.55 ]	20 -0.03 ( 2.03) [-3.00 ; 5.00 ] -0.50 [-1.75 ; 1.50 ]	0.779
PPM versus MA_20	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.18 ( 5.84) [ 0.70 ; 25.20 ] 14.30 [11.80 ; 16.90 ]	20 0.08 ( 1.57) [-3.00 ; 3.00 ] 0.25 [-1.00 ; 1.00 ]	0.865
PPM versus MB_20	20 14.11 ( 5.42) [ 3.70 ; 24.70 ] 14.80 [10.40 ; 17.45 ]	20 14.65 ( 5.56) [ 4.30 ; 28.20 ] 13.85 [11.20 ; 18.15 ]	20 0.54 ( 1.88) [-4.60 ; 3.50 ] 0.25 [-0.50 ; 1.95 ]	0.169

**Tabla 15.** Análisis descriptivo para la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo.

### 6.2.8. Análisis de la relación entre torsión ocular y ojo y mano dominante

#### a. Torsión del ojo derecho en función del ojo dominante

No existe relación estadísticamente significativa entre la torsión en el ojo derecho y el ojo dominante (fig. 27, tabla 16).



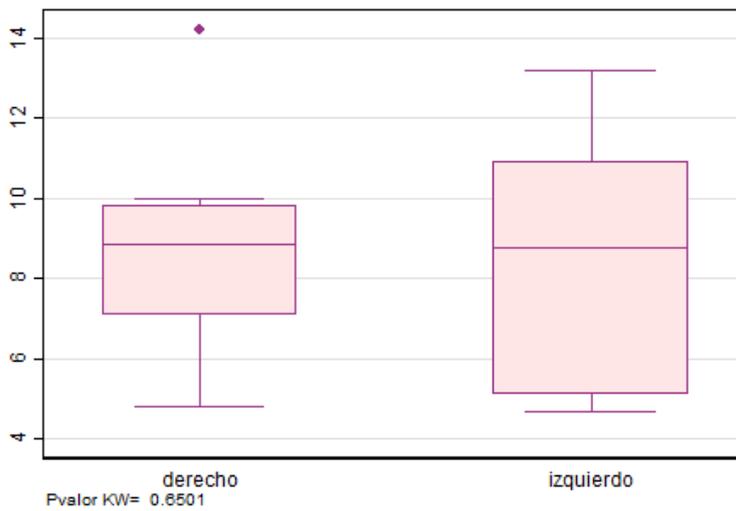
**Figura 27.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo derecho (°) en posición primaria en función del ojo dominante.

N	Ojo Dominante		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	derecho	izquierdo		
PPM OD	10	10	0.918 <sup>1</sup>	0.650
	5.41 ( 3.7551298) [ -2.8 ; 10 ] 6.65 [ 2.8 ; 8.2 ]	5.57 ( 3.1073569) [ -.4 ; 11.9 ] 5.15 [ 4.3 ; 6.9 ]		

**Tabla 16.** Análisis de la relación entre la torsión del ojo derecho en posición primaria y el ojo dominante.

### b. Torsión del ojo izquierdo en función del ojo dominante

No existe relación estadísticamente significativa entre la torsión en el ojo izquierdo y el ojo dominante (fig. 28, tabla 17).



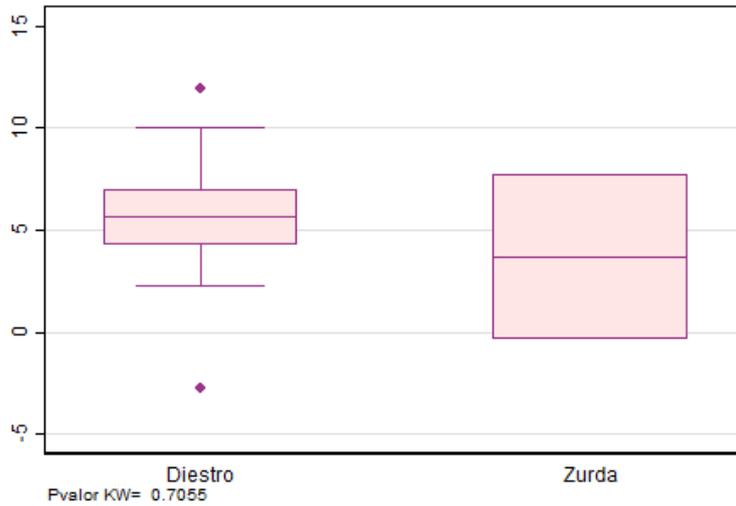
**Figura 28.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo izquierdo (°) en posición primaria en función del ojo dominante.

N	Ojo Dominante		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	derecho	izquierdo		
PPM OI	10	10	0.792 <sup>1</sup>	0.650
	8.79 ( 2.5505773) [ 4.8 ; 14.2 ] 8.85 [ 7.1 ; 9.8 ]	8.44 ( 3.2442085) [ 4.7 ; 13.2 ] 8.75 [ 5.1 ; 10.9 ]		

**Tabla 17.** Análisis de la relación entre la torsión del ojo izquierdo en posición primaria y el ojo dominante.

**c. Torsión del ojo derecho en función de la mano dominante**

No existe relación estadísticamente significativa entre la torsión en el ojo derecho y la mano dominante (fig. 29, tabla 18).



**Figura 29.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo derecho (°) en posición primaria en función de la mano dominante.

N	Mano Dominante		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Diestro	Zurda		
PPM OD	18 5.6944444 ( 3.1956721) [ -2.8 ; 11.9 ] 5.7 [ 4.3 ; 7 ]	2 3.65 ( 5.7275649) [ -.4 ; 7.7 ] 3.65 [ -.4 ; 7.7 ]	0.429 <sup>1</sup>	0.705

**Tabla 18.** Análisis de la relación entre la torsión del ojo derecho en posición primaria y la mano dominante.

**d. Torsión del ojo izquierdo en función de la mano dominante**

No existe relación estadísticamente significativa entre la torsión en el ojo izquierdo y la mano dominante (fig. 30, tabla 19).



**Figura 30.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo izquierdo (°) en posición primaria en función de la mano dominante.

N	Mano Dominante		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Diestro	Zurda		
media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]				
PPM OI	18 8.7888889 ( 2.8429249) [ 4.8 ; 14.2 ] 8.8 [ 6.5 ; 10 ]	2 7.05 ( 3.3234019) [ 4.7 ; 9.4 ] 7.05 [ 4.7 ; 9.4 ]	0.427 <sup>1</sup>	0.256

**Tabla 19.** Análisis de la relación entre la torsión del ojo izquierdo en posición primaria y la mano dominante.

**e. Correlación entre ojo y mano dominante**

No existe relación estadísticamente significativa entre ojo y mano dominante (tabla 20).

N (% fila)	Mano Dominante		Total	p-valor Exacto de Fisher
	Diestro	Zurda		
<b>Ojo Dominante</b>				
derecho	10 (100%)	0 (0%)	10(50%)	0.474
izquierdo	8 (80%)	2 (20%)	10(50%)	
Total	18(90%)	2(10%)	20 (100%)	

**Tabla 20.** Análisis de la relación entre el ojo dominante y la mano dominante.

### 6.3. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA EN LA POBLACIÓN INFANTIL SANA

#### 6.3.1. Sexo

El grupo incluye 1036 niños sanos, 547 niñas (52,8%) y 489 niños (47,2%) (fig. 31).

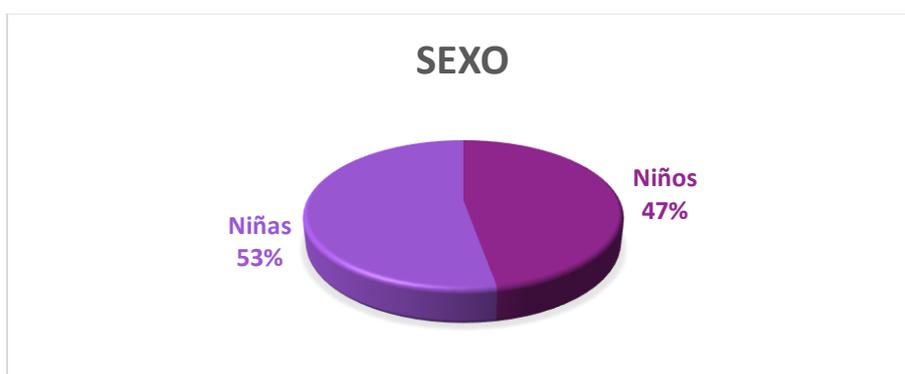


Figura 31. Distribución según el sexo

#### 6.3.2. Edad

La edad oscila entre los 2 y los 18 años, siendo la media de 9,62 con una desviación típica de 4,35, una mediana de 9 y una moda de 6.

#### 6.3.3. Retinografías

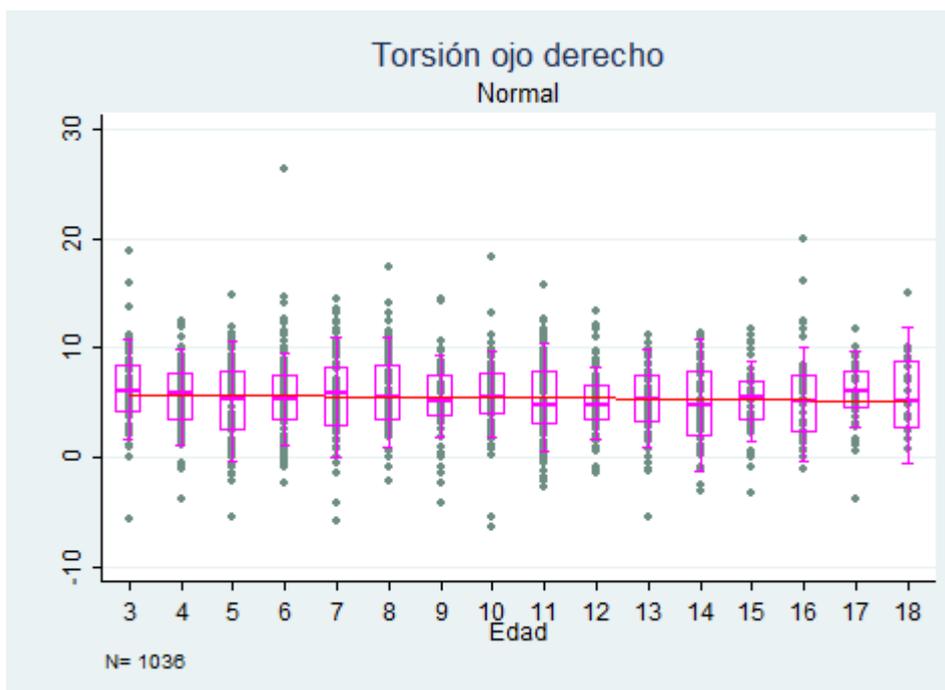
A los 1036 niños se les realizaron un total de 2072 retinografías, 1036 ojos derechos y 1036 ojos izquierdos.

En 89 de estos 1036 niños, se repitieron las retinografías con el objetivo de poderlas comparar, al cabo de un determinado intervalo de tiempo (en 43 niños transcurrió menos de un año entre las mediciones y en 46 de ellos, más de un año), lo que supuso 178 retinografías suplementarias.

A 40 de estos 1036 niños se les volvieron a realizar las retinografías con el angiógrafo "TRC-50EX, Imagnet 2000" para realizar el estudio de reproducibilidad y correlación, lo que supuso 80 retinografías suplementarias.

### 6.3.4. Análisis descriptivo y analítico para la torsión del ojo derecho

Analizamos la torsión en 1036 retinografías de ojos derechos estratificando los grupos por edades (fig. 32, tabla 21). El número de integrantes de cada grupo osciló entre 19 niños (grupo de 18 años) o 90 niños (grupo de 6 años). La media de la torsión del ojo derecho en posición primaria de la mirada y con una posición neutral de la cabeza fue de  $5,47^\circ$  con una desviación típica de  $3,64^\circ$  y una mediana de  $5,4^\circ$ , siendo el valor mínimo de  $-6,30^\circ$  y el valor máximo de  $26,30^\circ$ . En el grupo de niños de menos de 4 años la media fue de  $6,28^\circ$  con una desviación típica de  $3,96^\circ$ , la mediana fue de  $6,05^\circ$  oscilando los valores entre  $-5,70^\circ$  (valor mínimo) y  $18,90^\circ$  (valor máximo). En el grupo de chicos de 18 años la media fue de  $5,89^\circ$  con una desviación típica de  $3,64^\circ$ , la mediana fue de  $5,10^\circ$ , el valor mínimo de  $0,80^\circ$  y el valor máximo de  $15^\circ$ . La media más elevada ( $6,28^\circ$ ) de torsión en el ojo derecho la presentó el grupo de menores de 4 años y la media menor ( $4,91^\circ$ ) la presentó el grupo de chicos de 14 años. Las medianas oscilaron entre  $4,80^\circ$  (chicos de 12 y de 14 años) y  $6,10^\circ$  (chicos de 17 años). El estudio analítico de regresión de la evolución de la torsión ocular del ojo derecho en función de la edad, no resultó estadísticamente significativo ( $p=0,722$ ), con lo que no podemos afirmar que la torsión ocular varíe en función de la edad, a pesar de observar una cierta tendencia hacia la inciclotorsión a medida que la edad aumenta (tabla 22).



**Figura 32.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo derecho ( $^\circ$ ) en posición primaria

Análisis descriptivo para la torsión del ojo derecho										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	1036	5.47	3.64	-6.30	-0.20	3.10	5.40	7.70	11.20	26.30
<b>menor 4</b>	62	6.28	3.96	-5.70	1.00	4.00	6.05	8.50	11.20	18.90
<b>4</b>	76	5.63	3.24	-3.90	-0.60	3.25	5.90	7.65	10.90	12.40
<b>5</b>	83	5.07	3.92	-5.50	-0.80	2.40	5.30	7.90	11.00	14.90
<b>6</b>	90	5.68	4.19	-2.40	-0.30	3.30	5.35	7.50	12.30	26.30
<b>7</b>	78	5.62	3.96	-5.90	-0.50	2.80	5.80	8.20	12.40	14.40
<b>8</b>	78	6.04	3.59	-2.10	0.50	3.40	5.45	8.50	12.40	17.40
<b>9</b>	61	5.31	3.46	-4.20	-0.80	3.70	5.20	7.50	9.80	14.40
<b>10</b>	70	5.54	3.70	-6.30	0.80	3.80	5.55	7.70	10.50	18.30
<b>11</b>	84	5.33	3.70	-2.80	-0.50	3.00	4.75	7.90	11.70	15.70
<b>12</b>	70	5.03	3.01	-1.50	0.50	3.30	4.80	6.60	10.90	13.30
<b>13</b>	62	5.04	3.28	-5.50	-0.50	3.20	5.30	7.60	9.70	11.10
<b>14</b>	67	4.91	3.52	-3.10	-0.80	1.80	4.80	7.80	10.80	11.30
<b>15</b>	48	5.13	3.23	-3.30	-0.80	3.30	5.45	7.00	10.70	11.80
<b>16</b>	48	5.48	4.21	-1.10	0.50	2.30	5.10	7.45	12.50	19.90
<b>17</b>	40	5.88	3.07	-3.80	0.85	4.45	6.10	7.90	9.80	11.80
<b>18</b>	19	5.89	3.64	0.80	0.80	2.60	5.10	8.80	15.00	15.00

**Tabla 21.** Análisis descriptivo para la torsión del ojo derecho en la población infantil sana.

Número de observaciones = 1036

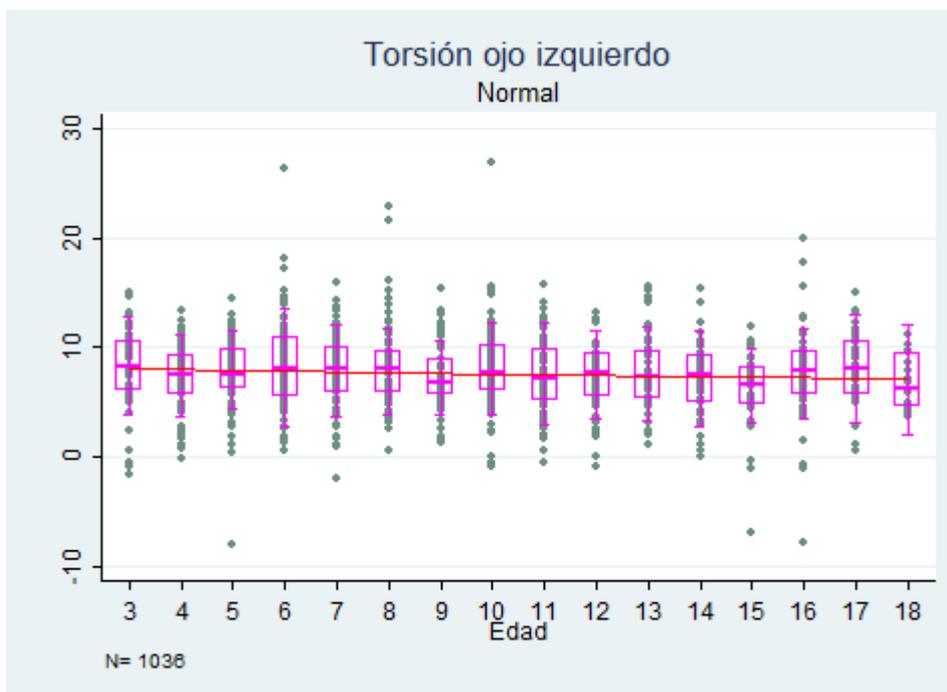
VARIABLE		Diferencia	(95%CI) <sup>1</sup>	p-value		
Edad	menor 4	0		0.7222		
	4	-0.651	(-1.876; 0.573)			
	5	-1.207	(-2.408; -0.006)			
	6	-0.598	(-1.779; 0.583)			
	7	-0.657	(-1.875; 0.560)			
	8	-0.238	(-1.456; 0.980)			
	9	-0.971	(-2.261; 0.320)			
	10	-0.735	(-1.983; 0.513)			
	11	-0.947	(-2.145; 0.251)			
	12	-1.245	(-2.493; 0.003)			
	13	-1.242	(-2.527; 0.043)			
	14	-1.370	(-2.631; -0.109)			
	15	-1.150	(-2.526; 0.226)			
	16	-0.802	(-2.178; 0.574)			
	17	-0.397	(-1.848; 1.055)			
	18	-0.390	(-2.266; 1.487)			
	Intercepto		6.279		( 5.370; 7.188)	

Corresponde al valor de la constante cuando todas las variables son cero 1: Normal approximation

**Tabla 22.** Estudio de regresión para la evolución de la torsión del ojo derecho en función de la edad.

### 6.3.5. Análisis descriptivo y analítico para la torsión del ojo izquierdo

Analizamos igualmente la torsión de 1036 retinografías de ojos izquierdos según los grupos estratificados por edad (fig. 33, tabla 23). La media de la torsión del ojo izquierdo en posición primaria de la mirada y con una posición neutral de la cabeza es de  $7,65^\circ$  con una desviación típica de  $3,49^\circ$  y una mediana de  $7,60^\circ$  siendo el valor mínimo de  $-8,10^\circ$  y el valor máximo de  $26,80^\circ$ . El grupo de menores de 4 años presentó una media de  $8,03^\circ$  con una desviación típica de  $3,54^\circ$ , siendo la mediana de  $8,30^\circ$  el valor mínimo de  $-1,70^\circ$  y el máximo de  $15^\circ$ . En el grupo de chicos de 18 años hallamos una media de  $6,88^\circ$  con una desviación típica de  $2,52^\circ$  un valor mínimo de  $3,60^\circ$  y un valor máximo de  $11,10^\circ$ . La media con valor más elevado la presentó el grupo de 8 años ( $8,36^\circ$ ) y la media con menor valor la presentó el grupo de 15 años ( $6,20^\circ$ ). El estudio analítico de regresión de la evolución de la torsión ocular del ojo izquierdo en función de la edad, no resultó estadísticamente significativo ( $p=0.0907$ ), con lo que no podemos afirmar que la torsión ocular varíe en función de la edad, a pesar de observar una cierta tendencia hacia la incicotorsión a medida que la edad aumenta (tabla 24).



**Figura 33.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo izquierdo ( $^\circ$ ) en posición primaria según la edad.

Análisis descriptivo para la torsión del ojo izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	1036	7.65	3.49	-8.10	1.90	5.50	7.60	9.70	13.00	26.80
<b>menor 4</b>	62	8.03	3.54	-1.70	0.60	6.10	8.30	10.60	12.80	15.00
<b>4</b>	76	7.23	3.03	-0.20	1.60	5.60	7.55	9.30	11.50	13.40
<b>5</b>	83	7.61	3.25	-8.10	2.80	6.20	7.50	9.80	12.20	14.40
<b>6</b>	90	8.30	4.06	0.50	1.80	5.50	8.10	10.90	14.60	26.40
<b>7</b>	78	7.93	3.43	-1.90	1.70	5.80	8.10	10.00	13.70	16.00
<b>8</b>	78	8.36	3.76	0.50	3.50	5.80	8.15	9.70	15.20	22.90
<b>9</b>	61	7.39	3.28	1.30	1.90	5.60	6.70	9.00	13.20	15.30
<b>10</b>	70	8.15	4.10	-0.90	2.30	6.00	7.70	10.20	14.80	26.80
<b>11</b>	84	7.40	3.21	-0.50	2.50	5.20	7.15	9.85	12.70	15.80
<b>12</b>	70	7.37	2.99	-0.90	2.20	5.50	7.70	9.50	12.30	13.10
<b>13</b>	62	7.78	3.33	1.20	2.40	5.40	7.35	9.70	14.50	15.60
<b>14</b>	67	7.14	3.09	0.00	1.80	5.00	7.60	9.30	11.40	15.30
<b>15</b>	48	6.20	3.28	-7.00	-0.40	4.80	6.60	8.20	10.60	11.90
<b>16</b>	48	7.56	4.53	-7.80	-0.70	5.60	7.95	9.70	15.50	19.90
<b>17</b>	40	8.05	3.21	0.60	1.95	5.65	8.10	10.60	13.30	15.00
<b>18</b>	19	6.88	2.52	3.60	3.60	4.50	6.20	9.60	11.10	11.10

**Tabla 23.** Análisis descriptivo para la torsión del ojo izquierdo en la población infantil sana.

Número de observaciones = 1036

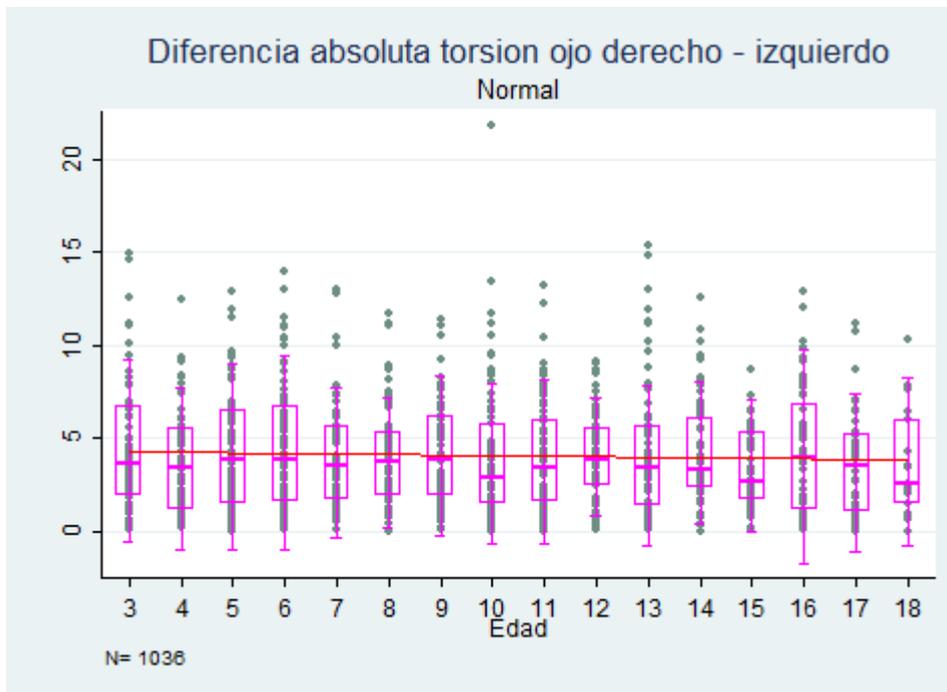
VARIABLE		Diferencia	(95%CI) <sup>1</sup>	p-value
Edad	menor 4	0		0.0907
	4	-0.806	(-1.973; 0.361)	
	5	-0.423	(-1.567; 0.722)	
	6	0.268	(-0.858; 1.393)	
	7	-0.105	(-1.266; 1.055)	
	8	0.324	(-0.836; 1.484)	
	9	-0.640	(-1.870; 0.589)	
	10	0.116	(-1.073; 1.306)	
	11	-0.632	(-1.774; 0.510)	
	12	-0.665	(-1.854; 0.524)	
	13	-0.248	(-1.473; 0.976)	
	14	-0.889	(-2.091; 0.313)	
	15	-1.836	(-3.148; -0.525)	
	16	-0.474	(-1.785; 0.837)	
17	0.023	(-1.360; 1.406)		
18	-1.153	(-2.942; 0.635)		
Intercepto		8.032	( 7.166; 8.898)	

Corresponde al valor de la constante cuando todas las variables son cero 1: Normal approximation

**Tabla 24.** Estudio de regresión para la evolución de la torsión del ojo izquierdo en función de la edad.

### 6.3.6. Análisis descriptivo y analítico para la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo

Al calcular la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo (fig. 34, tabla 25) logramos eliminar los signos negativos (indicativos de inciclotorsión) con el objetivo de conocer los grados reales de diferencia de torsión entre ambos, independientemente de su posición de base (inciclo o exciclotorsión). Hallamos que la media de la diferencia absoluta de torsión entre ambos ojos es de  $4,10^\circ$  con una desviación típica de  $3,09^\circ$  un valor mínimo de  $0^\circ$  y un valor máximo de  $21,80^\circ$ . El grupo con menor diferencia entre ambos ojos (media de  $3,30^\circ$  y desviación típica de  $2,15^\circ$ ) fue el de chicos de 15 años mientras que el grupo con mayor diferencia entre ambos ojos (media de  $4,72^\circ$  con desviación típica de  $3,57^\circ$ ) fue el de niños menores de 4 años. El estudio analítico de regresión de la diferencia absoluta de torsión ocular entre ojo derecho y ojo izquierdo en función de la edad, no resultó estadísticamente significativo ( $p=0.7376$ ), con lo que no podemos afirmar que la diferencia de torsión ocular entre ambos ojos varíe en función de la edad (tabla 26).



**Figura 34.** Gráfica que muestra la distribución de la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo ( $^\circ$ ) en posición primaria según la edad.

Análisis descriptivo para la diferencia absoluta torsión ojo derecho - ojo izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	1036	4.10	3.09	0.00	0.30	1.65	3.50	6.00	10.10	21.80
<b>menor 4</b>	62	4.72	3.57	0.10	0.60	1.90	3.65	6.80	11.20	14.90
<b>4</b>	76	3.74	2.76	0.20	0.20	1.20	3.40	5.55	8.40	12.40
<b>5</b>	83	4.38	3.22	0.00	0.40	1.50	3.90	6.50	9.40	12.90
<b>6</b>	90	4.39	3.37	0.10	0.20	1.60	3.90	6.80	10.90	13.90
<b>7</b>	78	3.97	2.88	0.10	0.50	1.70	3.50	5.70	10.00	13.00
<b>8</b>	78	3.97	2.67	0.00	0.70	1.90	3.75	5.40	8.90	11.70
<b>9</b>	61	4.26	2.96	0.10	0.50	1.90	3.80	6.20	9.20	11.40
<b>10</b>	70	4.08	3.84	0.00	0.20	1.50	2.90	5.80	11.20	21.80
<b>11</b>	84	3.99	3.05	0.00	0.40	1.55	3.40	5.95	9.00	13.20
<b>12</b>	70	3.98	2.35	0.10	0.50	2.40	3.80	5.60	8.50	9.10
<b>13</b>	62	4.41	3.78	0.10	0.40	1.40	3.40	5.70	11.90	15.30
<b>14</b>	67	4.12	2.86	0.00	0.40	2.30	3.30	6.10	9.40	12.50
<b>15</b>	48	3.30	2.15	0.10	0.20	1.75	2.65	5.30	7.30	8.70
<b>16</b>	48	4.34	3.48	0.10	0.20	1.15	4.00	6.90	10.20	12.90
<b>17</b>	40	3.60	2.93	0.00	0.15	1.05	3.50	5.25	9.70	11.20
<b>18</b>	19	3.63	2.82	0.00	0.00	1.50	2.60	6.00	10.30	10.30

**Tabla 25.** Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo en la población infantil sana.

Número de observaciones = 1036

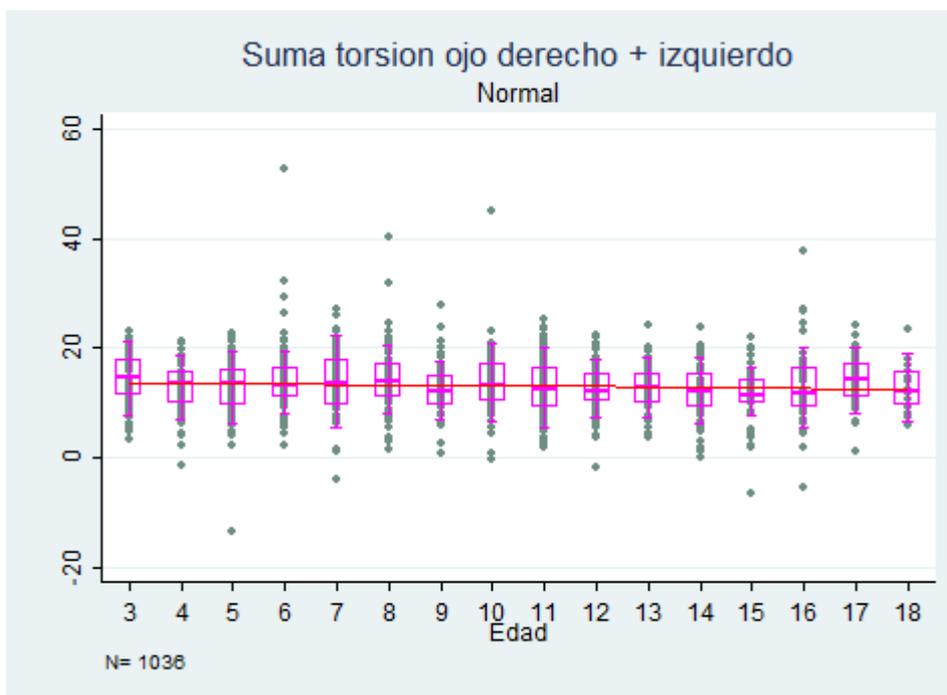
VARIABLE		Diferencia	(95%CI) <sup>1</sup>	p-value
Edad	menor 4	0		0.7376
	4	-0.982	(-2.020; 0.056)	
	5	-0.342	(-1.360; 0.676)	
	6	-0.330	(-1.331; 0.671)	
	7	-0.746	(-1.778; 0.286)	
	8	-0.751	(-1.783; 0.281)	
	9	-0.454	(-1.548; 0.640)	
	10	-0.642	(-1.700; 0.416)	
	11	-0.724	(-1.739; 0.292)	
	12	-0.736	(-1.794; 0.321)	
	13	-0.306	(-1.396; 0.783)	
	14	-0.597	(-1.666; 0.472)	
	15	-1.418	(-2.584; -0.252)	
	16	-0.382	(-1.548; 0.784)	
	17	-1.115	(-2.345; 0.115)	
18	-1.086	(-2.677; 0.504)		
Intercepto		4.718	( 3.947; 5.488)	

Corresponde al valor de la constante cuando todas las variables son cero 1: Normal approximation

**Tabla 26.** Estudio de regresión para la evolución de la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en función de la edad.

### 6.3.7. Análisis descriptivo para la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo

En cuanto a la suma de la torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo (fig. 35, tabla 27), la media fue de 13,12° con una desviación típica de 5,42° una mediana de 13°, un valor mínimo de -13,6° y un valor máximo de 52,70°. El grupo donde el valor de la media de la suma de la torsión de ambos ojos fue menor (11,33° con una desviación típica de 5,28°) fue el de los chicos de 15 años mientras que el grupo donde la media de la suma de la torsión fue mayor (14,40° con una desviación típica de 6,03°) fue el grupo de los niños de ocho años. El estudio analítico de regresión de la suma de torsión ocular de ojo derecho y ojo izquierdo en función de la edad, no resultó estadísticamente significativo ( $p=0.0903$ ), con lo que no podemos afirmar que la suma de torsión ocular de ambos ojos varíe en función de la edad (tabla 28).



**Figura 35.** Gráfica que muestra la distribución de suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo (°) en posición primaria según la edad.

Análisis descriptivo para Suma torsión ojo derecho + izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	1036	13.12	5.42	-13.60	4.80	10.00	13.00	16.20	21.30	52.70
<b>menor 4</b>	62	14.31	4.92	3.20	6.00	11.20	14.50	18.00	21.70	22.90
<b>4</b>	76	12.85	4.49	-1.30	4.20	9.80	13.50	15.70	18.80	21.10
<b>5</b>	83	12.68	5.35	-13.60	4.90	9.50	13.50	16.10	20.30	22.70
<b>6</b>	90	13.98	6.66	2.30	5.40	10.90	13.35	16.60	22.80	52.70
<b>7</b>	78	13.55	6.00	-4.00	1.60	9.60	13.55	18.10	23.20	26.90
<b>8</b>	78	14.40	6.03	1.50	3.80	11.10	13.95	17.30	23.00	40.30
<b>9</b>	61	12.70	4.76	0.80	5.90	9.60	12.20	14.90	20.20	27.80
<b>10</b>	70	13.69	6.02	-0.30	5.60	10.10	13.30	17.20	20.20	45.10
<b>11</b>	84	12.73	5.18	2.00	4.90	9.10	12.30	16.45	21.90	25.10
<b>12</b>	70	12.40	4.46	-1.70	5.50	10.10	12.00	15.40	20.10	22.40
<b>13</b>	62	12.82	4.16	3.80	6.60	10.00	12.80	15.50	19.70	24.30
<b>14</b>	67	12.05	4.85	0.20	3.10	9.20	12.10	15.30	19.80	23.70
<b>15</b>	48	11.33	5.28	-6.70	2.10	10.00	11.35	14.35	19.60	21.80
<b>16</b>	48	13.04	7.05	-5.40	4.30	9.25	11.70	16.40	26.60	37.60
<b>17</b>	40	13.94	4.73	1.10	6.45	11.10	14.15	17.05	21.35	24.10
<b>18</b>	19	12.77	4.29	5.80	5.80	9.60	12.20	15.90	23.60	23.60

**Tabla 27.** Análisis descriptivo para la suma de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo en la población infantil sana.

Número de observaciones = 1036

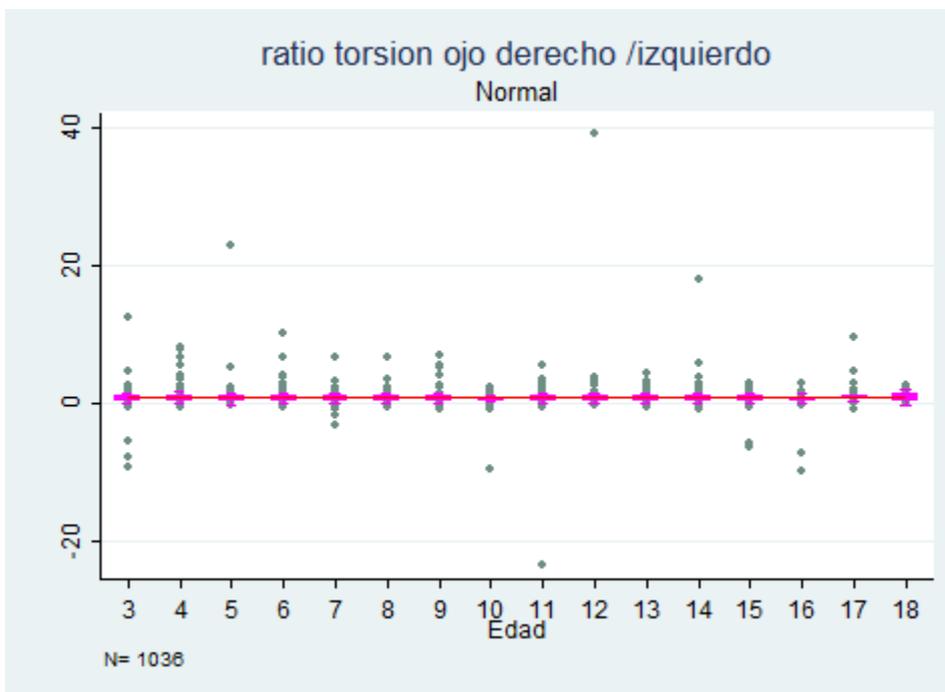
VARIABLE		Diferencia	(95%CI) <sup>1</sup>	p-value		
Edad	menor 4	0		0.0903		
	4	-1.457	(-3.269; 0.355)			
	5	-1.629	(-3.407; 0.148)			
	6	-0.330	(-2.078; 1.417)			
	7	-0.763	(-2.564; 1.039)			
	8	0.086	(-1.715; 1.888)			
	9	-1.611	(-3.521; 0.298)			
	10	-0.618	(-2.465; 1.228)			
	11	-1.579	(-3.352; 0.194)			
	12	-1.910	(-3.756;-0.063)			
	13	-1.490	(-3.392; 0.411)			
	14	-2.259	(-4.125;-0.393)			
	15	-2.986	(-5.022;-0.951)			
	16	-1.276	(-3.311; 0.760)			
	17	-0.374	(-2.521; 1.773)			
	18	-1.543	(-4.319; 1.233)			
	Intercepto		14.311		(12.967;15.656)	

Corresponde al valor de la constante cuando todas las variables son cero 1: Normal approximation

**Tabla 28.** Estudio de regresión para la evolución de la suma de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en función de la edad.

### 6.3.8. Análisis descriptivo para el ratio de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo

Se analizó asimismo el cociente de las torsiones de ambos ojos (ojo derecho respecto a ojo izquierdo) (fig. 36, tabla 29). De los 1036 sujetos hubo que eliminar a 2, siendo el total de 1034. Los dos valores eliminados fueron aquellos en que en el ojo izquierdo tenían un valor igual a 0 y por tanto el cociente daba un resultado sin sentido. La media del cociente fue de 0,88, siendo la desviación típica de 2,12, la mediana de 0,68, el valor mínimo de -23,40 y el valor máximo de 39. El grupo con un cociente menor fue el de 16 años (media de 0,29 y desviación típica de 1,96) mientras que aquí con mayor cociente fue el grupo de 12 años (media de 1,39 con desviación típica de 4,62). El estudio analítico de regresión del cociente entre ojo derecho y ojo izquierdo en función de la edad, no resultó estadísticamente significativo ( $p=0.32$ ), con lo que no podemos afirmar que el cociente de la torsión de ambos ojos varíe en función de la edad (tabla 30).



**Figura 36.** Gráfica que muestra la distribución del ratio de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo (°) en posición primaria según la edad.

Análisis descriptivo para ratio torsión ojo derecho /izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	1034	0.88	2.12	-23.40	-0.08	0.39	0.68	1.08	2.52	39.00
<b>menor 4</b>	62	0.63	2.49	-9.17	-0.64	0.36	0.66	1.17	2.21	12.33
<b>4</b>	76	1.20	1.57	-0.46	0.13	0.45	0.79	1.26	5.50	8.00
<b>5</b>	83	1.04	2.53	-0.27	-0.06	0.23	0.65	1.10	2.27	22.75
<b>6</b>	90	1.01	1.40	-0.51	-0.06	0.33	0.74	1.07	2.94	10.20
<b>7</b>	78	0.78	1.04	-3.11	-0.13	0.35	0.72	1.17	2.16	6.60
<b>8</b>	78	0.87	0.88	-0.58	0.10	0.40	0.70	1.13	1.91	6.60
<b>9</b>	61	1.05	1.34	-0.84	-0.08	0.44	0.65	1.07	3.95	6.93
<b>10</b>	69	0.58	1.34	-9.56	-0.40	0.45	0.64	0.96	1.51	2.30
<b>11</b>	84	0.59	2.79	-23.40	-0.18	0.42	0.67	1.05	2.60	5.60
<b>12</b>	70	1.39	4.62	-0.24	0.10	0.42	0.62	1.15	2.74	39.00
<b>13</b>	62	0.90	0.91	-0.59	-0.07	0.39	0.70	1.04	2.71	4.50
<b>14</b>	66	1.07	2.33	-0.94	-0.30	0.27	0.63	1.06	3.00	18.00
<b>15</b>	48	0.54	1.53	-6.30	-0.61	0.38	0.73	1.19	2.23	2.78
<b>16</b>	48	0.29	1.96	-9.91	-0.31	0.28	0.56	0.98	1.53	2.84
<b>17</b>	40	1.09	1.60	-0.78	0.09	0.53	0.81	1.05	3.78	9.50
<b>18</b>	19	0.97	0.67	0.07	0.07	0.38	0.82	1.56	2.50	2.50

**Tabla 29.** Análisis descriptivo para el ratio de torsión entre el ojo derecho el ojo izquierdo en la población infantil sana

Número de observaciones = 1034

VARIABLE		Diferencia	(95%CI) <sup>1</sup>	p-value	
Edad	menor 4	0		0.3285	
	4	0.576	(-0.134; 1.286)		
	5	0.411	(-0.285; 1.108)		
	6	0.382	(-0.303; 1.066)		
	7	0.157	(-0.549; 0.863)		
	8	0.241	(-0.465; 0.946)		
	9	0.422	(-0.326; 1.170)		
	10	-0.050	(-0.776; 0.676)		
	11	-0.040	(-0.734; 0.654)		
	12	0.759	( 0.036; 1.483)		
	13	0.275	(-0.470; 1.020)		
	14	0.440	(-0.294; 1.173)		
	15	-0.081	(-0.879; 0.716)		
	16	-0.332	(-1.129; 0.465)		
	17	0.467	(-0.374; 1.309)		
	18	0.349	(-0.738; 1.437)		
	Intercepto		0.626		( 0.099; 1.152)

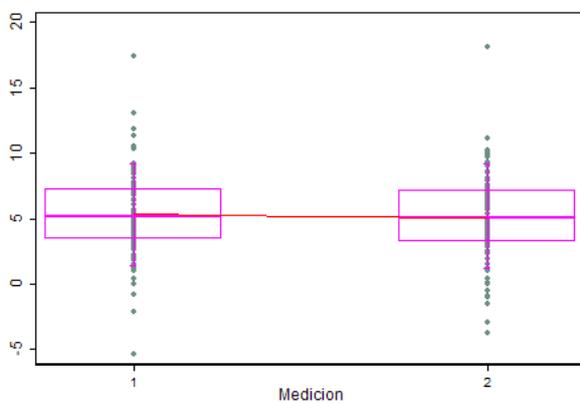
Corresponde al valor de la constante cuando todas las variables son cero 1: Normal approximation

**Tabla 30.** Estudio de regresión para la evolución del ratio de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en función de la edad

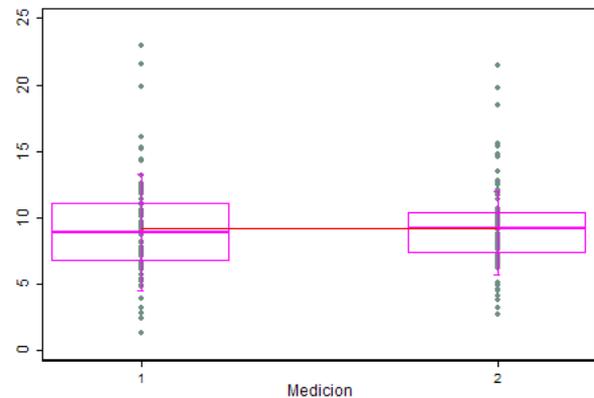
### 6.3.9. Análisis estadístico inferencial para el estudio de la evolución de la torsión en el tiempo en un mismo sujeto con el test signo-rango de Wilcoxon y con el test de T de Student para muestras apareadas

#### a. Grupo conjunto de todos los niños

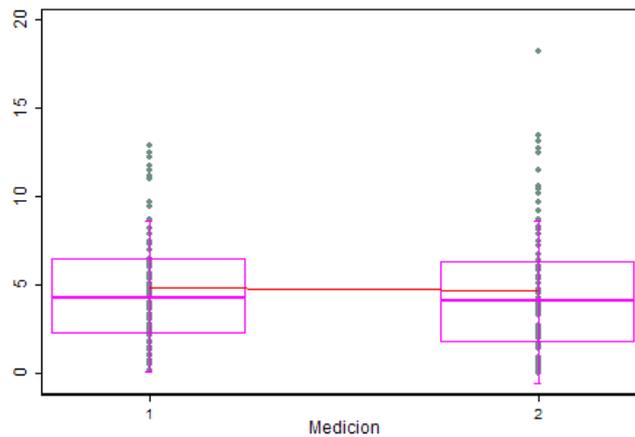
Se repitieron las retinografías tras un intervalo de tiempo determinado en 89 niños (fig. 37, fig. 38, fig. 39), con el objetivo de estudiar de manera prospectiva y en un mismo individuo la evolución de la torsión en el tiempo (o lo que es lo mismo, en función de la edad). Las diferencias para el ojo derecho, para el ojo izquierdo y para la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en función del tiempo no son estadísticamente significativas, con lo que las variaciones podrían ser debidas al azar (tabla 31).



**Figura 37.** Gráfica que muestra la evolución en el tiempo de la torsión del ojo derecho (°) en posición primaria en un mismo individuo.



**Figura 38.** Gráfica que muestra la evolución en el tiempo de la torsión del ojo izquierdo (°) en posición primaria en un mismo individuo.



**Figura 39.** Gráfica que muestra la evolución en el tiempo de la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo (°) en posición primaria en un mismo individuo.

N	media (sd) [Min; Max] mediana [p25;p75]	Torsión ojo derecho	2ª medida torsión	Diferencia 1-2	p-valor T-test apareado	p-valor Test_sig no- rango
Ojo derecho	89 5.36 ( 3.30) [-5.40 ; 17.40 ] 5.20 [3.40 ; 7.30 ]	89 5.05 ( 3.39) [-3.80 ; 18.10 ] 5.10 [3.20 ; 7.20 ]	89 0.31 ( 2.54) [-6.70 ; 7.30 ] 0.20 [-1.30 ; 1.80 ]	0.251	0.286	
Ojo izquierdo	89 9.23 ( 3.82) [1.30 ; 22.90 ] 8.90 [6.70 ; 11.10 ]	89 9.24 ( 3.36) [2.70 ; 21.40 ] 9.20 [7.30 ; 10.40 ]	89 -0.01 ( 2.16) [-7.00 ; 6.00 ] 0.00 [-1.50 ; 1.70 ]	0.969	0.901	
Diferencia Torsión	89 4.87 ( 3.26) [0.20 ; 12.90 ] 4.30 [2.20 ; 6.50 ]	89 4.69 ( 3.75) [0.00 ; 18.20 ] 4.10 [1.70 ; 6.30 ]	89 0.17 ( 3.35) [-9.90 ; 9.50 ] -0.30 [-1.50 ; 2.20 ]	0.625	0.673	

**Tabla 31.** Análisis estadístico inferencial para el estudio de la evolución de la torsión en el tiempo en un mismo sujeto con el test signo-rango de Wilcoxon y con el test de T de Student para muestras apareadas en el conjunto de todos los niños (n=89).

**b. Grupo de niños en que el intervalo de tiempo entre mediciones es menor que un año**

En 43 niños se repitieron las retinografías con un intervalo de tiempo menor que un año. Las diferencias para el ojo derecho, para el ojo izquierdo y para la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en función del tiempo no son estadísticamente significativas, con lo que las variaciones podrían ser debidas al azar (tabla 32).

N	Torsión ojo derecho	2ª medida torsión	Diferencia 1-2	p-valor T-test apareado	p-valor Test_signo-rango
media (sd) [Min; Max] mediana [p25;p75 ]					
Ojo derecho	43 5.93 ( 2.90) [-2.10 ; 13.10 ] 6.10 [3.80 ; 7.60 ]	43 5.46 ( 2.72) [-2.90 ; 11.10 ] 5.90 [3.90 ; 7.20 ]	43 0.47 ( 2.37) [-3.10 ; 7.30 ] 0.20 [-1.30 ; 1.70 ]	0.199	0.480
Ojo izquierdo	43 9.33 ( 3.71) [2.80 ; 21.50 ] 8.80 [7.20 ; 11.00 ]	43 9.52 ( 3.41) [2.70 ; 21.40 ] 9.30 [8.00 ; 10.70 ]	43 -0.19 ( 1.83) [-4.40 ; 3.10 ] -0.20 [-1.60 ; 1.10 ]	0.504	0.570
Diferencia Torsión	43 4.45 ( 3.38) [0.20 ; 12.90 ] 3.80 [1.70 ; 6.30 ]	43 4.84 ( 3.91) [0.30 ; 18.20 ] 4.20 [2.40 ; 6.30 ]	43 -0.39 ( 3.07) [-9.90 ; 7.10 ] -0.50 [-1.90 ; 1.30 ]	0.415	0.302

**Tabla 32.** Análisis estadístico inferencial para el estudio de la evolución de la torsión en el tiempo en un mismo sujeto con el test signo-rango de Wilcoxon y con el test de T de Student para muestras apareadas en grupo de niños en el que el intervalo de tiempo entre mediciones es <1 año (43).

**c. Grupo de niños en que el intervalo de tiempo entre mediciones es mayor que un año**

En 46 niños se repitieron las retinografías con un intervalo de tiempo mayor que un año. Las diferencias para el ojo derecho, para el ojo izquierdo y para la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en función del tiempo no son estadísticamente significativas, con lo que las variaciones podrían ser debidas al azar (tabla 33).

N	Torsión ojo derecho	2ª medida torsión	Diferencia 1-2	p-valor T-test apareado	p-valor Test_signo-rango
media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]					
Ojo derecho	46 4.82 ( 3.59) [-5.40 ; 17.40 ] 4.80 [3.00 ; 6.90 ]	46 4.66 ( 3.90) [-3.80 ; 18.10 ] 4.70 [2.30 ; 7.20 ]	46 0.16 ( 2.71) [-6.70 ; 5.50 ] 0.35 [-1.40 ; 1.80 ]	0.689	0.467
Ojo izquierdo	46 9.14 ( 3.96) [1.30 ; 22.90 ] 8.95 [6.60 ; 11.80 ]	46 8.98 ( 3.33) [3.20 ; 19.80 ] 8.65 [6.90 ; 10.30 ]	46 0.16 ( 2.43) [-7.00 ; 6.00 ] 0.25 [-1.30 ; 1.80 ]	0.660	0.491
Diferencia Torsión	46 5.25 ( 3.13) [0.20 ; 11.70 ] 4.85 [2.80 ; 7.30 ]	46 4.56 ( 3.64) [0.00 ; 13.10 ] 3.95 [1.40 ; 6.40 ]	46 0.70 ( 3.54) [-8.90 ; 9.50 ] 0.65 [-1.50 ; 3.20 ]	0.188	0.157

**Tabla 33.** Análisis estadístico inferencial para el estudio de la evolución de la torsión en el tiempo en un mismo sujeto con el test signo-rango de Wilcoxon y con el test de T de Student para muestras apareadas en grupo de niños en el que el intervalo de tiempo entre mediciones es >1 año (46).

### 6.3.10. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad

Al haber comprobado reiteradamente que había una diferencia de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo, decimos estudiar si se trataba de una diferencia estadísticamente significativa, pudiendo confirmarlo en todos los grupos de edad excepto en el grupo de chicos de 18 años, en el que la “n” es inferior al resto de grupos. (tabla 34).

N	Torsión ojo derecho	Torsión ojo izquierdo	Diferencia 1-2	p-valor T-test apareado	p-valor Test_signo-rango
Total	1036 5.47 ( 3.64) [-6.30 ; 26.30 ] 5.40 [ 3.10 ; 7.70 ]	1036 7.65 ( 3.49) [-8.10 ; 26.80 ] 7.60 [ 5.50 ; 9.70 ]	1036 -2.18 ( 4.64) [-21.80 ; 14.90 ] -2.30 [-5.30 ; 0.80 ]	0.000	0.000
menor 4	62 6.28 ( 3.96) [-5.70 ; 18.90 ] 6.05 [ 4.00 ; 8.50 ]	62 8.03 ( 3.54) [-1.70 ; 15.00 ] 8.30 [ 6.10 ; 10.60 ]	62 -1.75 ( 5.68) [-14.60 ; 14.90 ] -2.30 [-5.00 ; 1.40 ]	0.018	0.008
4	76 5.63 ( 3.24) [-3.90 ; 12.40 ] 5.90 [ 3.25 ; 7.65 ]	76 7.23 ( 3.03) [-0.20 ; 13.40 ] 7.55 [ 5.60 ; 9.30 ]	76 -1.60 ( 4.38) [-12.40 ; 9.30 ] -1.35 [-4.85 ; 1.20 ]	0.002	0.003
5	83 5.07 ( 3.92) [-5.50 ; 14.90 ] 5.30 [ 2.40 ; 7.90 ]	83 7.61 ( 3.25) [-8.10 ; 14.40 ] 7.50 [ 6.20 ; 9.80 ]	83 -2.54 ( 4.82) [-12.90 ; 8.70 ] -2.80 [-6.10 ; 0.80 ]	0.000	0.000
6	90 5.68 ( 4.19) [-2.40 ; 26.30 ] 5.35 [ 3.30 ; 7.50 ]	90 8.30 ( 4.06) [ 0.50 ; 26.40 ] 8.10 [ 5.50 ; 10.90 ]	90 -2.62 ( 4.89) [-13.90 ; 9.10 ] -2.00 [-6.40 ; 0.60 ]	0.000	0.000
7	78 5.62 ( 3.96) [-5.90 ; 14.40 ] 5.80 [ 2.80 ; 8.20 ]	78 7.93 ( 3.43) [-1.90 ; 16.00 ] 8.10 [ 5.80 ; 10.00 ]	78 -2.31 ( 4.35) [-13.00 ; 7.30 ] -2.10 [-5.50 ; 1.50 ]	0.000	0.000
8	78 6.04 ( 3.59) [-2.10 ; 17.40 ] 5.45 [ 3.40 ; 8.50 ]	78 8.36 ( 3.76) [ 0.50 ; 22.90 ] 8.15 [ 5.80 ; 9.70 ]	78 -2.32 ( 4.20) [-11.70 ; 8.70 ] -2.50 [-5.20 ; 0.90 ]	0.000	0.000

9	61 5.31 ( 3.46) [-4.20 ; 14.40 ] 5.20 [ 3.70 ; 7.50 ]	61 7.39 ( 3.28) [ 1.30 ; 15.30 ] 6.70 [ 5.60 ; 9.00 ]	61 -2.08 ( 4.78) [-11.40 ; 8.30 ] -2.40 [-5.40 ; 1.00 ]	0.001	0.002
10	70 5.54 ( 3.70) [-6.30 ; 18.30 ] 5.55 [ 3.80 ; 7.70 ]	70 8.15 ( 4.10) [-0.90 ; 26.80 ] 7.70 [ 6.00 ; 10.20 ]	70 -2.60 ( 4.97) [-21.80 ; 9.50 ] -2.55 [-4.60 ; 0.20 ]	0.000	0.000
11	84 5.33 ( 3.70) [-2.80 ; 15.70 ] 4.75 [ 3.00 ; 7.90 ]	84 7.40 ( 3.21) [-0.50 ; 15.80 ] 7.15 [ 5.20 ; 9.85 ]	84 -2.07 ( 4.60) [-13.20 ; 12.20 ] -2.10 [-5.05 ; 0.55 ]	0.000	0.000
12	70 5.03 ( 3.01) [-1.50 ; 13.30 ] 4.80 [ 3.30 ; 6.60 ]	70 7.37 ( 2.99) [-0.90 ; 13.10 ] 7.70 [ 5.50 ; 9.50 ]	70 -2.33 ( 4.01) [-9.10 ; 6.10 ] -2.90 [-5.40 ; 1.10 ]	0.000	0.000
13	62 5.04 ( 3.28) [-5.50 ; 11.10 ] 5.30 [ 3.20 ; 7.60 ]	62 7.78 ( 3.33) [ 1.20 ; 15.60 ] 7.35 [ 5.40 ; 9.70 ]	62 -2.75 ( 5.14) [-15.30 ; 6.00 ] -2.20 [-5.60 ; 0.30 ]	0.000	0.000
14	67 4.91 ( 3.52) [-3.10 ; 11.30 ] 4.80 [ 1.80 ; 7.80 ]	67 7.14 ( 3.09) [ 0.00 ; 15.30 ] 7.60 [ 5.00 ; 9.30 ]	67 -2.23 ( 4.51) [-12.50 ; 10.20 ] -3.00 [-4.70 ; 0.70 ]	0.000	0.000
15	48 5.13 ( 3.23) [-3.30 ; 11.80 ] 5.45 [ 3.30 ; 7.00 ]	48 6.20 ( 3.28) [-7.00 ; 11.90 ] 6.60 [ 4.80 ; 8.20 ]	48 -1.07 ( 3.82) [-8.70 ; 7.30 ] -1.85 [-3.60 ; 1.40 ]	0.059	0.042
16	48 5.48 ( 4.21) [-1.10 ; 19.90 ] 5.10 [ 2.30 ; 7.45 ]	48 7.56 ( 4.53) [-7.80 ; 19.90 ] 7.95 [ 5.60 ; 9.70 ]	48 -2.08 ( 5.18) [-12.90 ; 12.00 ] -1.70 [-5.30 ; 0.20 ]	0.008	0.005
17	40 5.88 ( 3.07) [-3.80 ; 11.80 ] 6.10 [ 4.45 ; 7.90 ]	40 8.05 ( 3.21) [ 0.60 ; 15.00 ] 8.10 [ 5.65 ; 10.60 ]	40 -2.17 ( 4.13) [-11.20 ; 5.10 ] -1.80 [-5.00 ; 0.45 ]	0.002	0.003
18	19 5.89 ( 3.64) [ 0.80 ; 15.00 ] 5.10 [ 2.60 ; 8.80 ]	19 6.88 ( 2.52) [ 3.60 ; 11.10 ] 6.20 [ 4.50 ; 9.60 ]	19 -0.99 ( 4.56) [-10.30 ; 6.40 ] -1.50 [-2.60 ; 3.40 ]	0.357	0.387

**Tabla 34.** Análisis estadístico inferencial con el test de t de Student para muestras apareadas ( $p < 0.05$ ) y el test de signo-rango de Wilcoxon ( $p < 0.05$ ) sobre la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad.

## 6.4. TORSIÓN DEL FONDO DE OJO EN POSICIÓN PRIMARIA EN LA POBLACIÓN CON SÍNDROME DE DOWN

### 6.4.1. Sexo

El grupo incluye 37 sujetos sanos, 19 hombres (51,4%) y 18 mujeres (48,6%) (fig. 40).

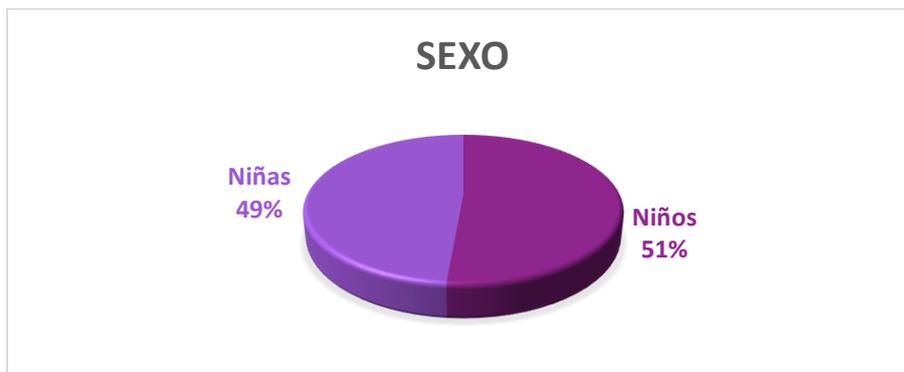


Figura 40. Distribución según el sexo

### 6.4.2. Edad

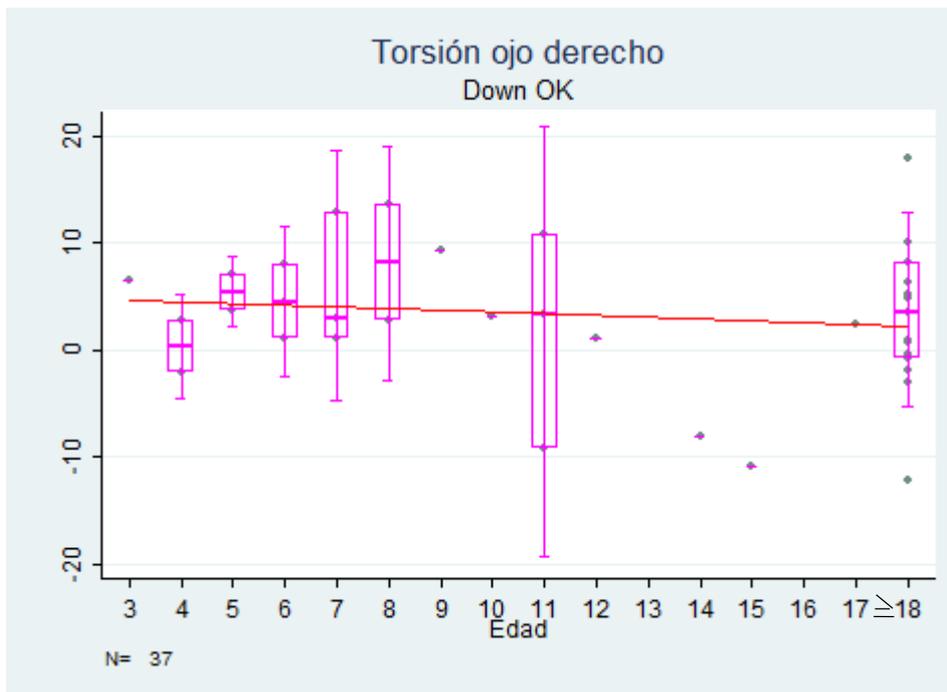
La edad oscila entre los 3 y los 39 años, siendo la media de 14,54 con una desviación típica de 8,74, la mediana de 12 y la moda de 6.

### 6.4.3. Retinografías

Se realizaron un total de 74 retinografías, 37 ojos derechos y 37 ojos izquierdos.

#### 6.4.4. Análisis descriptivo de la torsión del ojo derecho

Se analizaron 37 retinografías del ojo derecho en 37 pacientes con síndrome de Down que fueron agrupados en función de su edad (fig. 41, tabla 35). La media fue de 3,18° siendo la desviación típica de 6,59°, la mediana de 3,10°, el valor mínimo de -12,10° y el valor máximo de 18°.



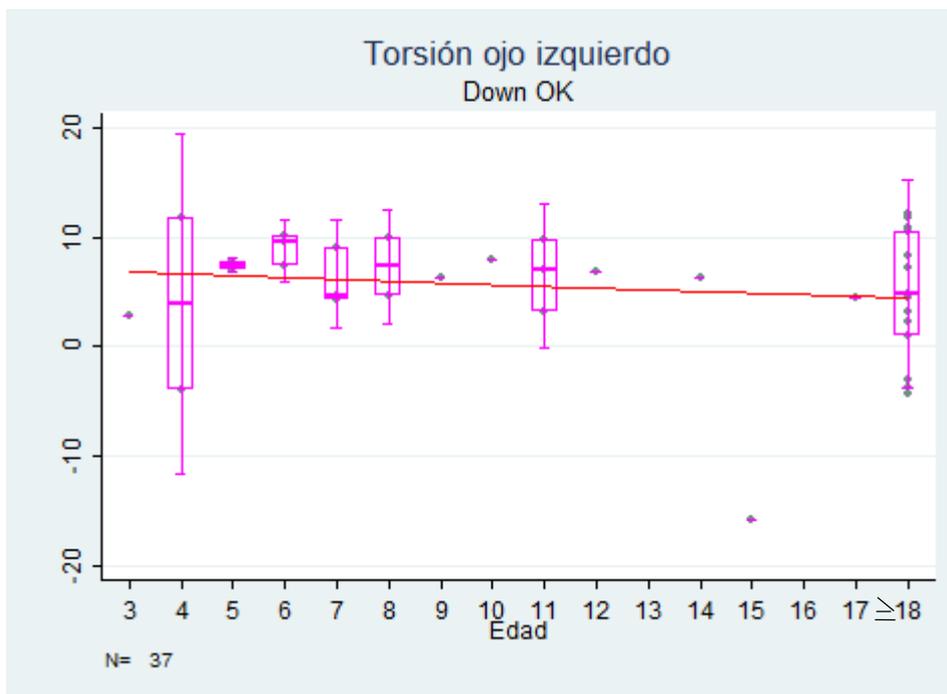
**Figura 41.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo derecho (°) en posición primaria según la edad en pacientes con síndrome de Down.

Análisis descriptivo para la torsión del ojo derecho										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	37	3.18	6.59	-12.10	-10.90	0.70	3.10	7.10	13.60	18.00
<b>menor 4</b>	1	6.60	.	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
<b>4</b>	2	0.35	3.46	-2.10	-2.10	-2.10	0.35	2.80	2.80	2.80
<b>5</b>	2	5.45	2.33	3.80	3.80	3.80	5.45	7.10	7.10	7.10
<b>6</b>	3	4.57	3.50	1.10	1.10	1.10	4.50	8.10	8.10	8.10
<b>7</b>	3	5.63	6.28	1.10	1.10	1.10	3.00	12.80	12.80	12.80
<b>8</b>	2	8.15	7.71	2.70	2.70	2.70	8.15	13.60	13.60	13.60
<b>9</b>	1	9.40	.	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
<b>10</b>	1	3.10	.	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10
<b>11</b>	3	1.70	10.16	-9.20	-9.20	-9.20	3.40	10.90	10.90	10.90
<b>12</b>	1	1.20	.	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
<b>14</b>	1	-8.00	.	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00
<b>15</b>	1	-10.90	.	-10.90	-10.90	-10.90	-10.90	-10.90	-10.90	-10.90
<b>17</b>	1	2.50	.	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
<b>&gt;=18</b>	15	3.34	7.04	-12.10	-12.10	-0.70	3.60	8.30	18.00	18.00

**Tabla 35.** Análisis descriptivo para la torsión del ojo derecho en la población con síndrome de Down.

#### 6.4.5. Análisis descriptivo de la torsión del ojo izquierdo

Se analizaron 37 retinografías del ojo izquierdo en 37 pacientes con síndrome de Down agrupados en función de su edad (fig. 42, tabla 36). La media fue de  $5,32^\circ$  con una desviación típica de  $5,71^\circ$  y una mediana de  $6,90^\circ$ . El valor mínimo fue de  $-15,80^\circ$  y el máximo de  $12,20^\circ$ .



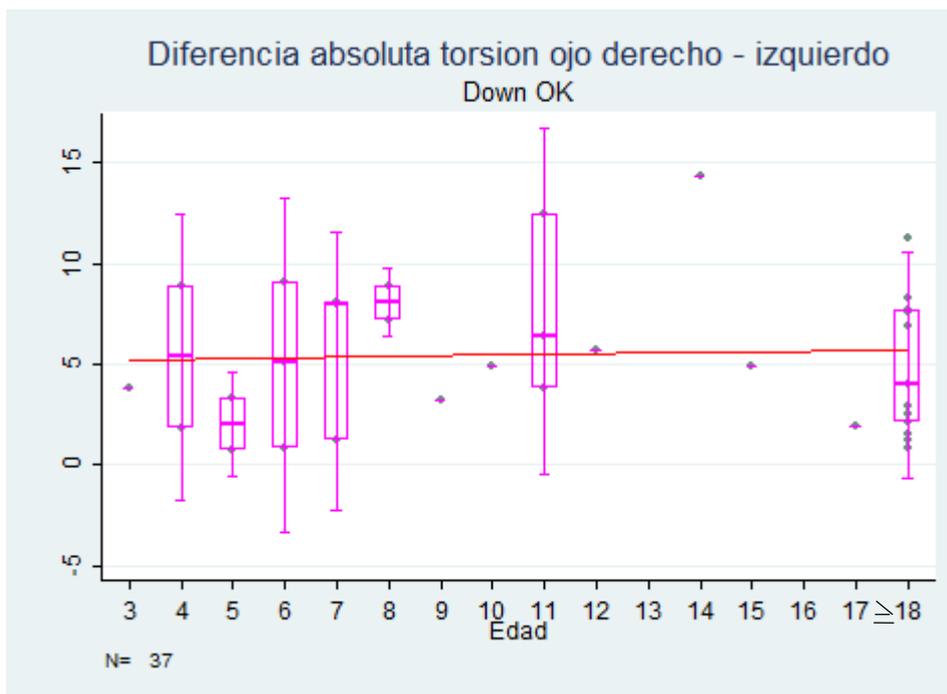
**Figura 42.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo izquierdo ( $^\circ$ ) en posición primaria según la edad en pacientes con síndrome de Down.

Análisis descriptivo para Torsión ojo izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	37	5.32	5.71	-15.80	-4.40	3.20	6.90	9.60	11.70	12.20
<b>menor 4</b>	1	2.80	.	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
<b>4</b>	2	3.90	11.03	-3.90	-3.90	-3.90	3.90	11.70	11.70	11.70
<b>5</b>	2	7.45	0.49	7.10	7.10	7.10	7.45	7.80	7.80	7.80
<b>6</b>	3	9.03	1.53	7.30	7.30	7.30	9.60	10.20	10.20	10.20
<b>7</b>	3	6.00	2.70	4.20	4.20	4.20	4.70	9.10	9.10	9.10
<b>8</b>	2	7.30	3.68	4.70	4.70	4.70	7.30	9.90	9.90	9.90
<b>9</b>	1	6.20	.	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
<b>10</b>	1	8.00	.	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
<b>11</b>	3	6.70	3.32	3.20	3.20	3.20	7.10	9.80	9.80	9.80
<b>12</b>	1	6.90	.	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
<b>14</b>	1	6.30	.	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
<b>15</b>	1	-15.80	.	-15.80	-15.80	-15.80	-15.80	-15.80	-15.80	-15.80
<b>17</b>	1	4.40	.	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40
<b>18</b>	15	5.04	5.76	-4.40	-4.40	1.00	4.90	10.50	12.20	12.20

**Tabla 36.** Análisis descriptivo para la torsión del ojo izquierdo en la población con síndrome de Down.

#### 6.4.6. Análisis descriptivo de la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo

Se analizó la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo (fig. 43, tabla 37) hallando una media de 5,51° con una desviación típica de 3,58°, una mediana de 4,90° un valor mínimo de 0,70° y un valor máximo de 14,30°.



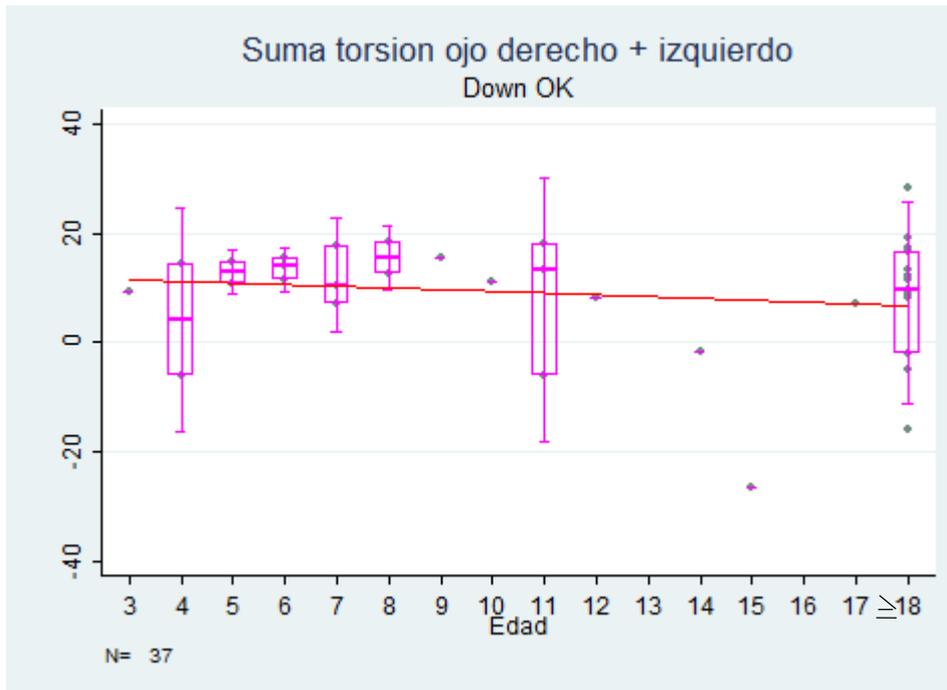
**Figura 43.** Gráfica que muestra la distribución de la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo (°) en posición primaria según la edad en pacientes con síndrome de Down.

Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión ocular OD - OI										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	37	5.51	3.58	0.70	0.80	2.50	4.90	8.00	12.40	14.30
<b>menor 4</b>	1	3.80	.	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
<b>4</b>	2	5.35	5.02	1.80	1.80	1.80	5.35	8.90	8.90	8.90
<b>5</b>	2	2.00	1.84	0.70	0.70	0.70	2.00	3.30	3.30	3.30
<b>6</b>	3	5.00	4.15	0.80	0.80	0.80	5.10	9.10	9.10	9.10
<b>7</b>	3	5.77	3.96	1.20	1.20	1.20	8.00	8.10	8.10	8.10
<b>Un 8</b>	2	8.05	1.20	7.20	7.20	7.20	8.05	8.90	8.90	8.90
<b>9</b>	1	3.20	.	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
<b>10</b>	1	4.90	.	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
<b>11</b>	3	7.53	4.41	3.80	3.80	3.80	6.40	12.40	12.40	12.40
<b>12</b>	1	5.70	.	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
<b>14</b>	1	14.30	.	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30
<b>15</b>	1	4.90	.	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
<b>17</b>	1	1.90	.	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
<b>18</b>	15	5.30	3.55	0.80	0.80	2.10	4.00	7.70	11.20	11.20

**Tabla 37.** Análisis descriptivo para la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo en la población con síndrome de Down.

#### 6.4.7. Análisis descriptivo de la suma de torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo

Se analizó la suma de la torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo (fig. 44, tabla 38), siendo la media de 8,50° la desviación típica de 10,63° y la mediana de 11,10°. El valor mínimo se sitúa en -26,70° y el máximo en 28,40°.



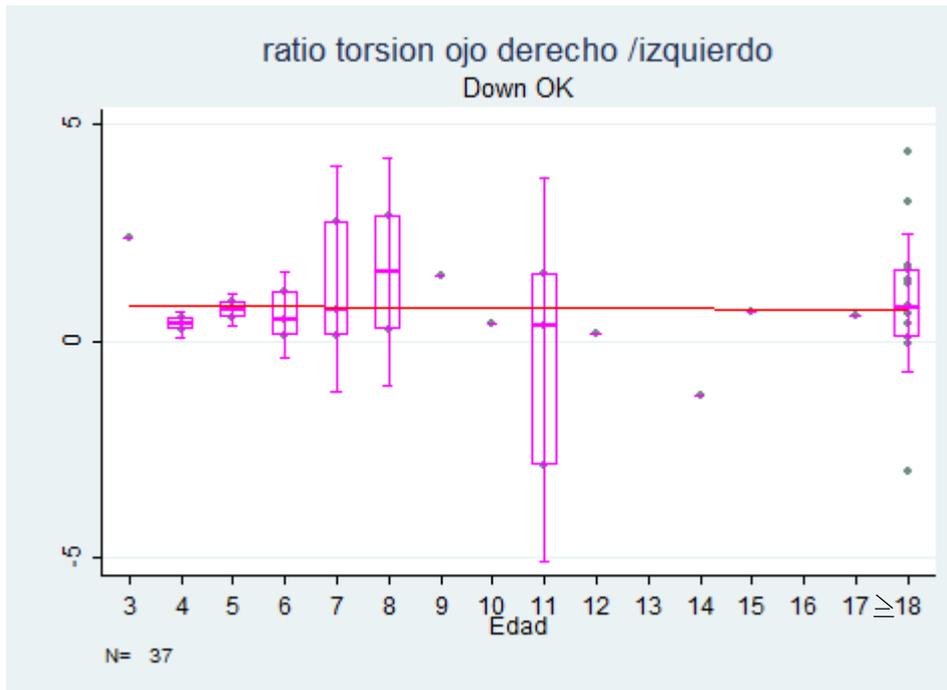
**Figura 44.** Gráfica que muestra la distribución de la suma de la torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo (°) en posición primaria según la edad en pacientes con síndrome de Down.

Análisis descriptivo para Suma torsión ojo derecho + ojo izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	37	8.50	10.63	-26.70	-15.90	7.20	11.10	14.90	19.10	28.40
<b>menor 4</b>	1	9.40	.	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
<b>4</b>	2	4.25	14.50	-6.00	-6.00	-6.00	4.25	14.50	14.50	14.50
<b>5</b>	2	12.90	2.83	10.90	10.90	10.90	12.90	14.90	14.90	14.90
<b>6</b>	3	13.60	2.10	11.30	11.30	11.30	14.10	15.40	15.40	15.40
<b>7</b>	3	11.63	5.30	7.20	7.20	7.20	10.20	17.50	17.50	17.50
<b>8</b>	2	15.45	4.03	12.60	12.60	12.60	15.45	18.30	18.30	18.30
<b>9</b>	1	15.60	.	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60	15.60
<b>10</b>	1	11.10	.	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10
<b>11</b>	3	8.40	12.70	-6.00	-6.00	-6.00	13.20	18.00	18.00	18.00
<b>12</b>	1	8.10	.	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
<b>14</b>	1	-1.70	.	-1.70	-1.70	-1.70	-1.70	-1.70	-1.70	-1.70
<b>15</b>	1	-26.70	.	-26.70	-26.70	-26.70	-26.70	-26.70	-26.70	-26.70
<b>17</b>	1	6.90	.	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90
<b>18</b>	15	8.38	11.22	-15.90	-15.90	-2.00	9.80	16.50	28.40	28.40

**Tabla 38.** Análisis descriptivo para la suma de torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo en la población con síndrome de Down.

#### 6.4.8. Análisis descriptivo del ratio entre el ojo derecho y el ojo izquierdo

Se analizó el cociente del ojo derecho respecto al ojo izquierdo (fig. 45, tabla 39) hallando una media de 0,74 con desviación típica de 1,39 y mediana de 0,57. El valor mínimo se situó en -3 y el valor máximo en 4,35.



**Figura 45.** Gráfica que muestra la distribución del cociente de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo en posición primaria según la edad en pacientes con síndrome de Down.

Análisis descriptivo para ratio torsión ojo derecho /izquierdo										
Edad	N	Media	SD	Min	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	Mediana	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	Max.
<b>Total</b>	37	0.74	1.39	-3.00	-2.88	0.17	0.57	1.40	3.18	4.35
<b>menor 4</b>	1	2.36	.	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
<b>4</b>	2	0.39	0.21	0.24	0.24	0.24	0.39	0.54	0.54	0.54
<b>5</b>	2	0.72	0.27	0.54	0.54	0.54	0.72	0.91	0.91	0.91
<b>6</b>	3	0.56	0.51	0.11	0.11	0.11	0.47	1.11	1.11	1.11
<b>7</b>	3	1.19	1.36	0.12	0.12	0.12	0.71	2.72	2.72	2.72
<b>8</b>	2	1.58	1.85	0.27	0.27	0.27	1.58	2.89	2.89	2.89
<b>9</b>	1	1.52	.	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
<b>10</b>	1	0.39	.	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
<b>11</b>	3	-0.33	2.28	-2.88	-2.88	-2.88	0.35	1.54	1.54	1.54
<b>12</b>	1	0.17	.	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
<b>14</b>	1	-1.27	.	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27
<b>15</b>	1	0.69	.	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
<b>17</b>	1	0.57	.	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
<b>18</b>	15	0.90	1.63	-3.00	-3.00	0.08	0.77	1.66	4.35	4.35

**Tabla 39.** Análisis descriptivo del ratio entre el ojo derecho y el ojo izquierdo en la población con síndrome de Down.

#### 6.4.9. Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad

Se analizó si la diferencia de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo era estadísticamente significativa y, dado que la “n” de la muestra es reducida, no hemos podido demostrar que así sea. Por tanto, las diferencias encontradas en este grupo entre la torsión del ojo derecho y el ojo izquierdo podrían ser debidas al azar (tabla 40).

N	Torsión ojo derecho	Torsión ojo izquierdo	Diferencia 1-2	p-valor T-test apareado	p-valor Test_signo-rango
Total	37 3.18 ( 6.59) [-12.10 ; 18.00 ] 3.10 [ 0.70 ; 7.10 ]	37 5.32 ( 5.71) [-15.80 ; 12.20 ] 6.90 [ 3.20 ; 9.60 ]	37 -2.14 ( 6.27) [-14.30 ; 8.90 ] -1.90 [-7.20 ; 2.90 ]	0.045	0.062
menor 4	1 6.60 ( .) [ 6.60 ; 6.60 ] 6.60 [ 6.60 ; 6.60 ]	1 2.80 ( .) [ 2.80 ; 2.80 ] 2.80 [ 2.80 ; 2.80 ]	1 3.80 ( .) [ 3.80 ; 3.80 ] 3.80 [ 3.80 ; 3.80 ]	.	0.317
4	2 0.35 ( 3.46) [-2.10 ; 2.80 ] 0.35 [-2.10 ; 2.80 ]	2 3.90 ( 11.03) [-3.90 ; 11.70 ] 3.90 [-3.90 ; 11.70 ]	2 -3.55 ( 7.57) [-8.90 ; 1.80 ] -3.55 [-8.90 ; 1.80 ]	0.627	0.655
5	2 5.45 ( 2.33) [ 3.80 ; 7.10 ] 5.45 [ 3.80 ; 7.10 ]	2 7.45 ( 0.49) [ 7.10 ; 7.80 ] 7.45 [ 7.10 ; 7.80 ]	2 -2.00 ( 1.84) [-3.30 ; -0.70 ] -2.00 [-3.30 ; -0.70 ]	0.367	0.180
6	3 4.57 ( 3.50) [ 1.10 ; 8.10 ] 4.50 [ 1.10 ; 8.10 ]	3 9.03 ( 1.53) [ 7.30 ; 10.20 ] 9.60 [ 7.30 ; 10.20 ]	3 -4.47 ( 4.98) [-9.10 ; 0.80 ] -5.10 [-9.10 ; 0.80 ]	0.261	0.285
7	3 5.63 ( 6.28) [ 1.10 ; 12.80 ] 3.00 [ 1.10 ; 12.80 ]	3 6.00 ( 2.70) [ 4.20 ; 9.10 ] 4.70 [ 4.20 ; 9.10 ]	3 -0.37 ( 8.08) [-8.00 ; 8.10 ] -1.20 [-8.00 ; 8.10 ]	0.945	1.000
8	2 8.15 ( 7.71) [ 2.70 ; 13.60 ] 8.15 [ 2.70 ; 13.60 ]	2 7.30 ( 3.68) [ 4.70 ; 9.90 ] 7.30 [ 4.70 ; 9.90 ]	2 0.85 ( 11.38) [-7.20 ; 8.90 ] 0.85 [-7.20 ; 8.90 ]	0.933	0.655

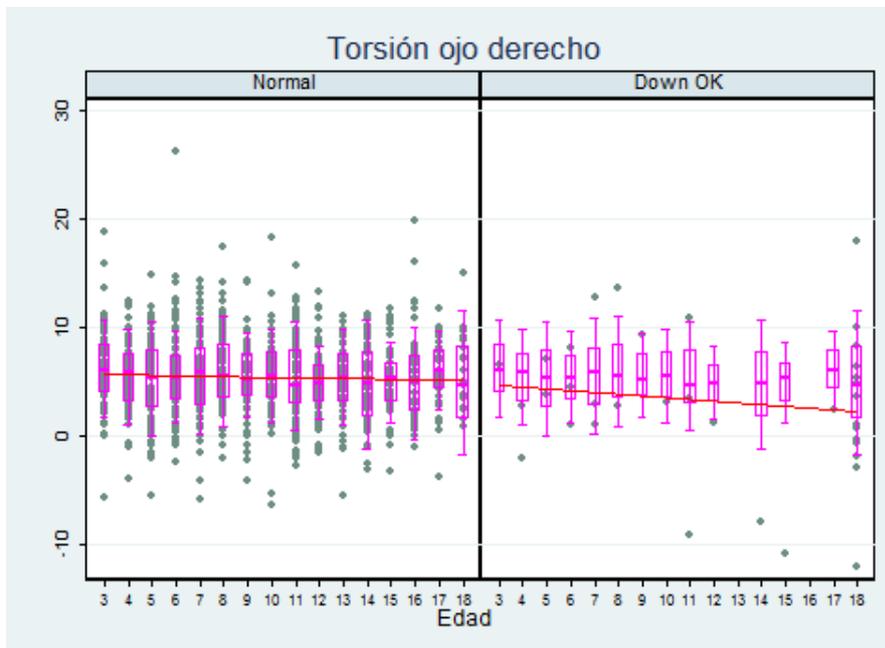
9	1 9.40 (.) [ 9.40 ; 9.40 ] 9.40 [ 9.40 ; 9.40 ]	1 6.20 (.) [ 6.20 ; 6.20 ] 6.20 [ 6.20 ; 6.20 ]	1 3.20 (.) [ 3.20 ; 3.20 ] 3.20 [ 3.20 ; 3.20 ]	.	0.317
10	1 3.10 (.) [ 3.10 ; 3.10 ] 3.10 [ 3.10 ; 3.10 ]	1 8.00 (.) [ 8.00 ; 8.00 ] 8.00 [ 8.00 ; 8.00 ]	1 -4.90 (.) [-4.90 ; -4.90 ] -4.90 [-4.90 ; -4.90 ]	.	0.317
11	3 1.70 ( 10.16) [-9.20 ; 10.90 ] 3.40 [-9.20 ; 10.90 ]	3 6.70 ( 3.32) [ 3.20 ; 9.80 ] 7.10 [ 3.20 ; 9.80 ]	3 -5.00 ( 8.19) [-12.40 ; 3.80 ] -6.40 [-12.40 ; 3.80 ]	0.401	0.285
12	1 1.20 (.) [ 1.20 ; 1.20 ] 1.20 [ 1.20 ; 1.20 ]	1 6.90 (.) [ 6.90 ; 6.90 ] 6.90 [ 6.90 ; 6.90 ]	1 -5.70 (.) [-5.70 ; -5.70 ] -5.70 [-5.70 ; -5.70 ]	.	0.317
14	1 -8.00 (.) [-8.00 ; -8.00 ] -8.00 [-8.00 ; -8.00 ]	1 6.30 (.) [ 6.30 ; 6.30 ] 6.30 [ 6.30 ; 6.30 ]	1 -14.30 (.) [-14.30 ; -14.30 ] -14.30 [-14.30 ; -14.30 ]	.	0.317
15	1 -10.90 (.) [-10.90 ; -10.90 ] -10.90 [-10.90 ; -10.90 ]	1 -15.80 (.) [-15.80 ; -15.80 ] -15.80 [-15.80 ; -15.80 ]	1 4.90 (.) [ 4.90 ; 4.90 ] 4.90 [ 4.90 ; 4.90 ]	.	0.317
17	1 2.50 (.) [ 2.50 ; 2.50 ] 2.50 [ 2.50 ; 2.50 ]	1 4.40 (.) [ 4.40 ; 4.40 ] 4.40 [ 4.40 ; 4.40 ]	1 -1.90 (.) [-1.90 ; -1.90 ] -1.90 [-1.90 ; -1.90 ]	.	0.317
18	15 3.34 ( 7.04) [-12.10 ; 18.00 ] 3.60 [-0.70 ; 8.30 ]	15 5.04 ( 5.76) [-4.40 ; 12.20 ] 4.90 [ 1.00 ; 10.50 ]	15 -1.70 ( 6.29) [-11.20 ; 7.70 ] -0.80 [-7.60 ; 2.90 ]	0.313	0.378

**Tabla 40.** Análisis estadístico inferencial con el test signo-rango de Wilcoxon sobre la diferencia de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad.

**6.4.10. Análisis estadístico inferencial con el test de T de Student y con el test de Mann-Whitney sobre la diferencia de torsión entre población infantil sana y población con síndrome de Down**

**a. Torsión del ojo derecho**

Al comparar la torsión del ojo derecho en la población infantil sana ( $5,47^\circ$ ) y en el grupo de pacientes con síndrome de Down ( $3,18^\circ$ ), vemos que es superior en la población infantil sana y que la diferencia es estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ). Ello implica que la población con síndrome de Down tiene más inciclotorsión en el ojo derecho que la población infantil sana (fig. 46, tabla 41).



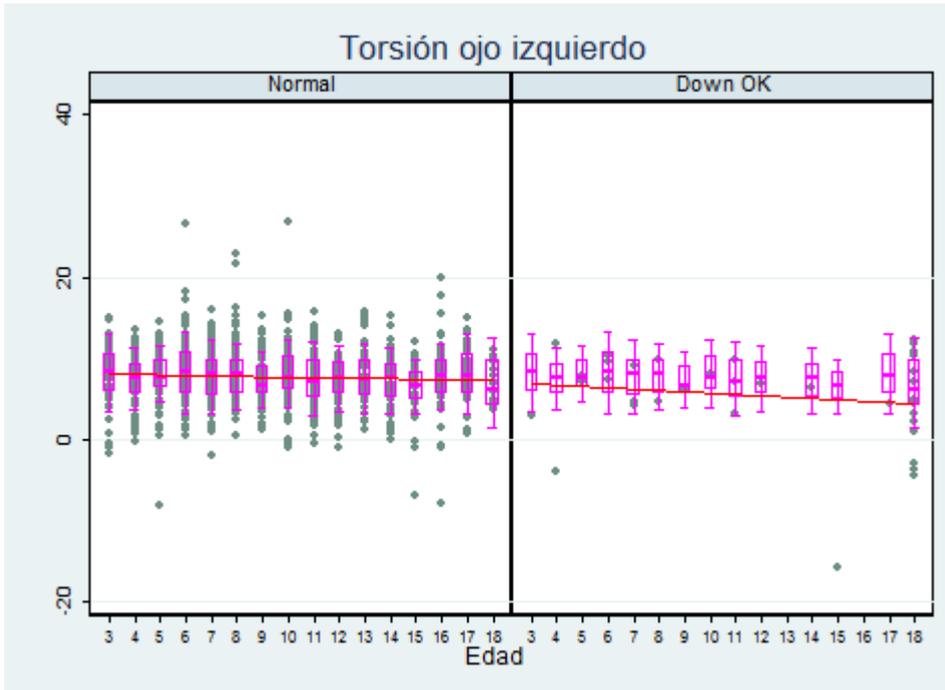
**Figura 46.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo derecho según la edad en población infantil sana y en población con síndrome de Down.

N	Grupo de niños		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Normal	Down OK		
media [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]				
Torsión ojo derecho	1036 5.47 [-6.30 ; 26.30 ] 5.40 [ 3.10 ; 7.70 ]	37 3.18 [-12.10 ; 18.00 ] 3.10 [ 0.70 ; 7.10 ]	0.000	0.013

**Tabla 41.** Análisis estadístico inferencial con el test T-Student y test Mann-Whitney sobre la diferencia de torsión del ojo derecho en la población infantil sana y en pacientes con síndrome de Down.

### b. Torsión del ojo izquierdo

Al comparar la torsión del ojo izquierdo en la población infantil sana ( $7,65^\circ$ ) y en la población con síndrome de Down ( $5,32^\circ$ ), constatamos que es superior en la población sana y que la diferencia es estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ). Ello implica que, de nuevo, la población con síndrome de Down tiene mayor inciclotorsión en el ojo izquierdo que la población infantil sana (fig. 47, tabla 42).



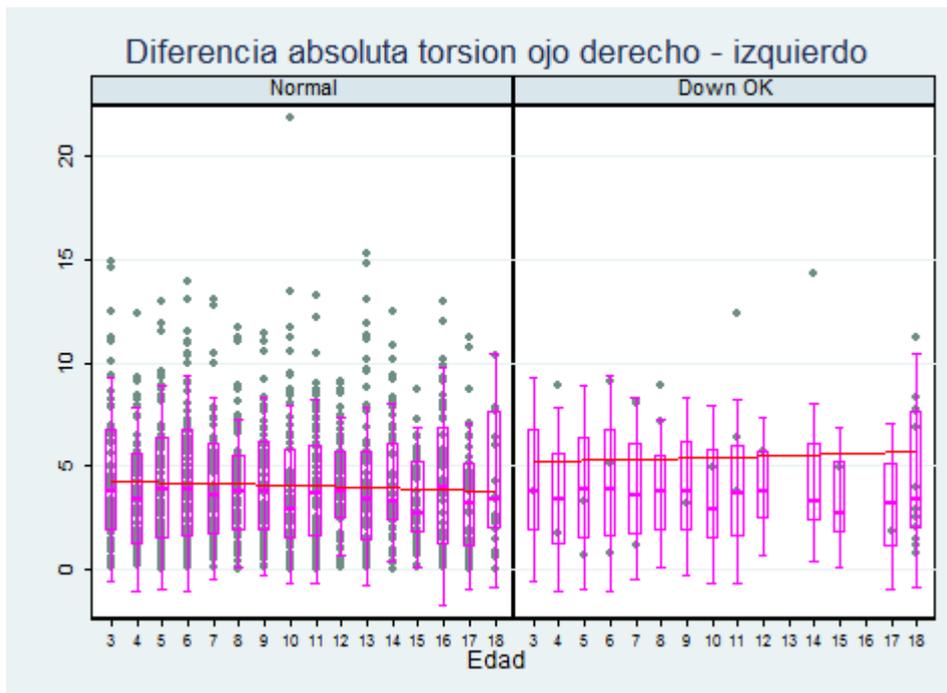
**Figura 47.** Gráfica que muestra la distribución de la torsión del ojo izquierdo según la edad en población infantil sana y en población con síndrome de Down.

N	Grupo de niños		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Normal	Down OK		
media [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]				
Torsión ojo izquierdo	1036 7.65 [-8.10 ; 26.80 ] 7.60 [ 5.50 ; 9.70 ]	37 5.32 [-15.80 ; 12.20 ] 6.90 [ 3.20 ; 9.60 ]	0.000	0.031

**Tabla 42.** Análisis estadístico inferencial con el test T-Student y test Mann-Whitney sobre la diferencia de torsión del ojo izquierdo en la población infantil sana y en pacientes con síndrome de Down.

**c. Diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo**

Al comparar la diferencia absoluta de torsión entre el ojo derecho y el ojo izquierdo, vemos que en la población infantil sana hay una diferencia de 4,09° mientras que la población con síndrome de Down la diferencia es de 5,51° siendo ésta estadísticamente significativa. Ello implica que la diferencia de torsión entre ambos ojos es mayor en los pacientes con síndrome de Down (fig. 47, tabla 43).



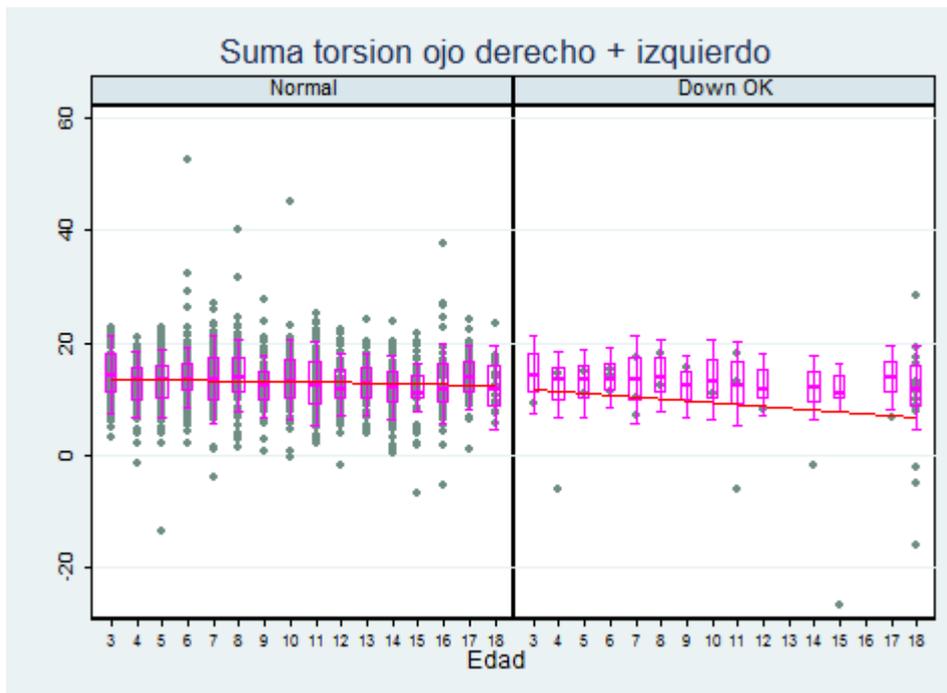
**Figura 47.** Gráfica que muestra la distribución de la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad en población infantil sana y en población con síndrome de Down.

N	Grupo de niños		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Normal	Down OK		
media [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]				
Diferencia absoluta torsión ojo derecho - izquierdo	1036 4.095077 [ 0 ; 21.8 ] 3.5 [ 1.65 ; 6 ]	37 5.510811 [ .7 ; 14.3 ] 4.9 [ 2.5 ; 8 ]	0.007	0.014

**Tabla 43.** Análisis estadístico inferencial con el test T-Student y test Mann-Whitney sobre la diferencia absoluta de torsión de ambos ojos en la población infantil sana y en pacientes con síndrome de Down.

**d. Suma de torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo**

Al comparar la suma de la torsión del ojo derecho y del ojo izquierdo en la población infantil normal (13,13°) y en la población con síndrome de Down (8,5°), vemos que las diferencias son estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ). Ello es concordante con que los pacientes con síndrome de Down presenten más inciclotorsión en ambos ojos que la población infantil sana (fig. 48, tabla 44).



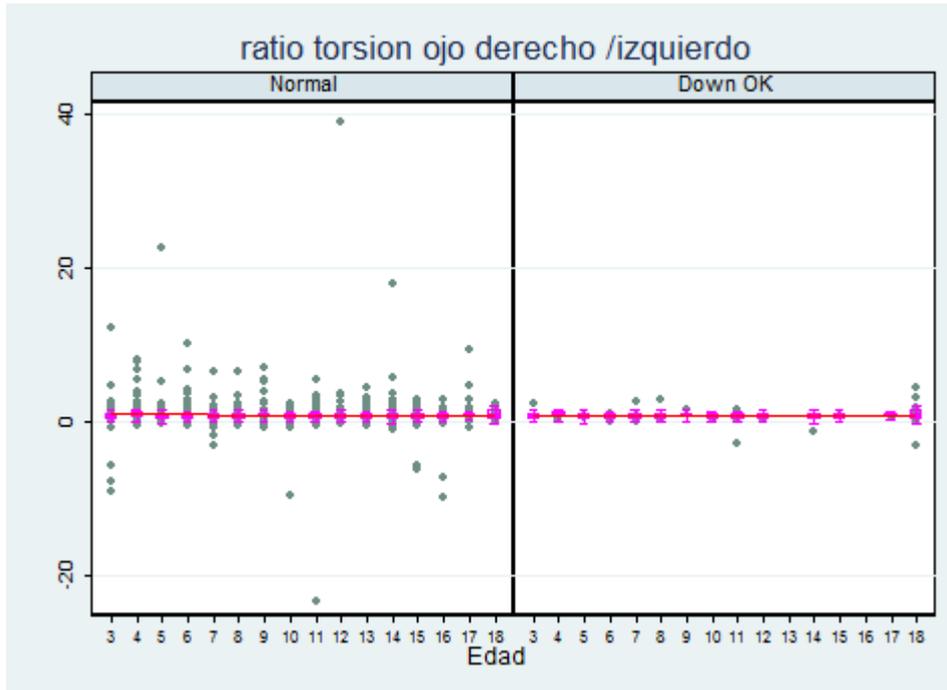
**Figura 48.** Gráfica que muestra la distribución de la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad en población infantil sana y en población con síndrome de Down.

N	Grupo de niños		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Normal	Down OK		
media [Mín; Max] mediana [ p25;p75 ]				
Suma torsión ojo derecho + izquierdo	1036 13.125 [ -13.6 ; 52.7 ] 13 [ 10 ; 16.2 ]	37 8.5 [ -26.7 ; 28.4 ] 11.1 [ 7.2 ; 14.9 ]	0.000	0.016

**Tabla 44.** Análisis estadístico inferencial con el test T-Student y test Mann-Whitney sobre la suma de torsión de ambos ojos en la población infantil sana y en pacientes con síndrome de Down.

**e. Ratio de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo**

Al comparar el ratio de la torsión del ojo derecho sobre el ojo izquierdo en la población infantil normal (0.88) y en la población con síndrome de Down (0.74), vemos que las diferencias no son estadísticamente significativas, por tanto, el cociente no va a permitir discriminar entre torsión en población sana y torsión en población con síndrome de Down (fig. 49, tabla 45).



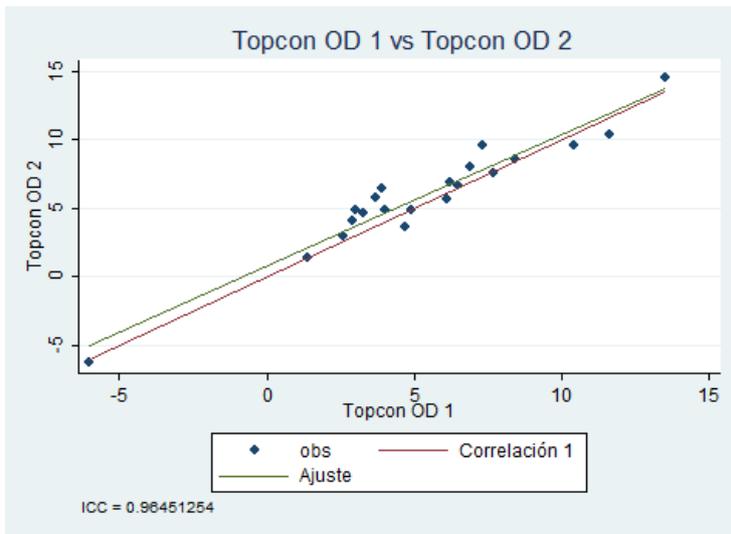
**Figura 49.** Gráfica que muestra la distribución de la diferencia absoluta de torsión entre ojo derecho y ojo izquierdo según la edad en población infantil sana y en población con síndrome de Down.

N media (sd) [Min; Max] mediana [ p25;p75 ]	Grupo de niños		p-valor T-Test	p-valor Mann-Whitney
	Normal	Down OK		
Ratio torsión ojo derecho /izquierdo	1034 .883906 ( 2.118149) [ -23.4 ; 39 ] .6801691 [ .3880597 ; 1.07619 ]	37 .7430474 ( 1.38805) [ -3 ; 4.347826 ] .5681818 [ .173913 ; 1.402778 ]	0.688	0.516 <sup>1</sup>

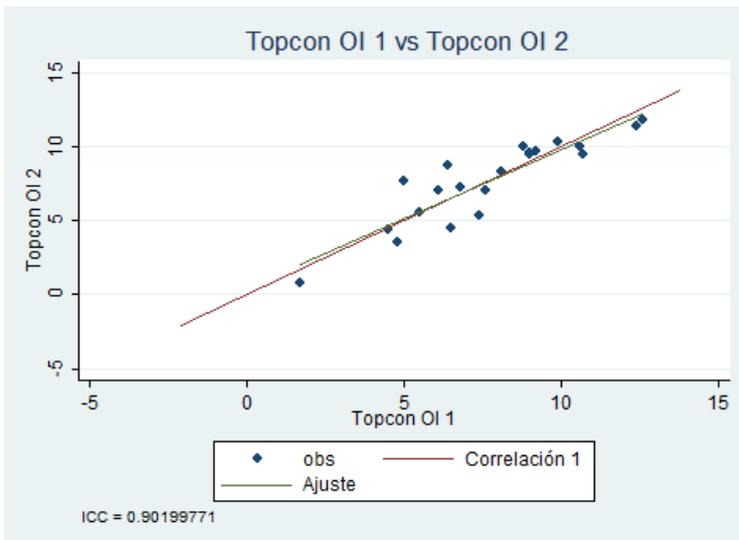
**Tabla 45.** Análisis estadístico inferencial con el test T-Student y test Mann-Whitney sobre el ratio de torsión entre OD y OI en la población infantil sana y en pacientes con síndrome de Down.

## 6.5. ESTUDIO DE REPRODUCIBILIDAD Y DE CORRELACIÓN ENTRE RETINÓGRAFOS

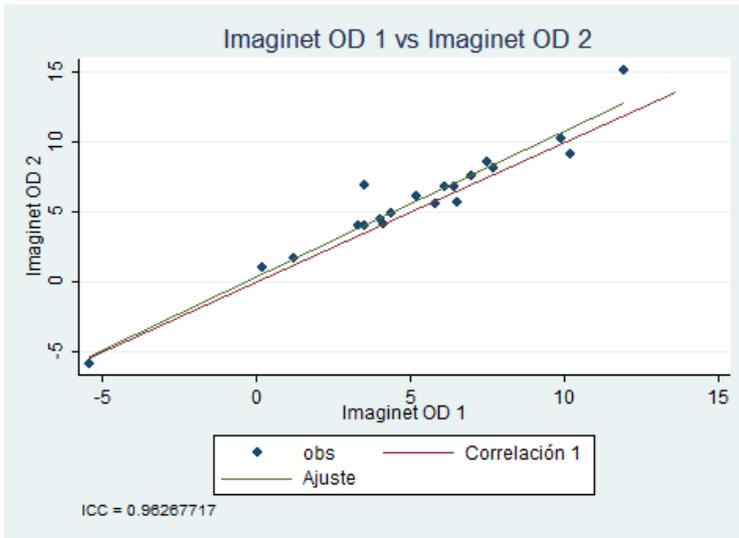
Se estudió la reproducibilidad y la correlación de las retinografías realizadas con el tomógrafo de coherencia óptica “3D OCT-2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) (fig. 49 y 50) y con el angiógrafo “TRC-50EX, Imagenet 2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) (fig. 51 y 52). La reproducibilidad en ambos aparatos es muy alta (índice de correlación intraclass ICC > 90%) (fig. 53 y 54).



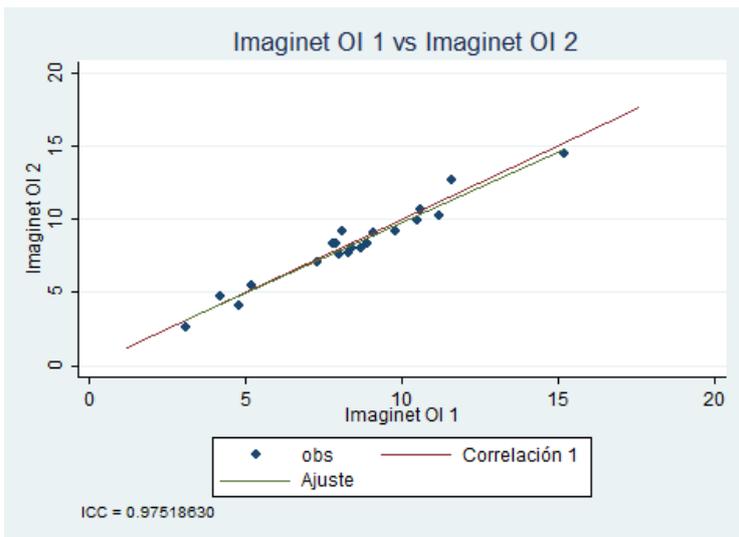
**Figura 49.** Gráfica que muestra la reproducibilidad de las mediciones realizadas con el tomógrafo 3D OCT-2000 en el ojo derecho.



**Figura 50.** Gráfica que muestra la reproducibilidad de las mediciones realizadas con el tomógrafo 3D OCT-2000 en el ojo izquierdo.

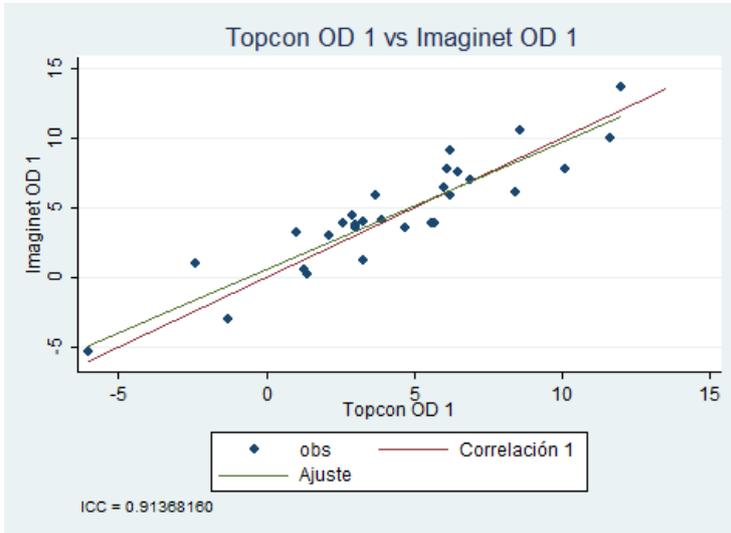


**Figura 51.** Gráfica que muestra la reproducibilidad de las mediciones realizadas con el angiógrafo TRC-50EX en el ojo derecho

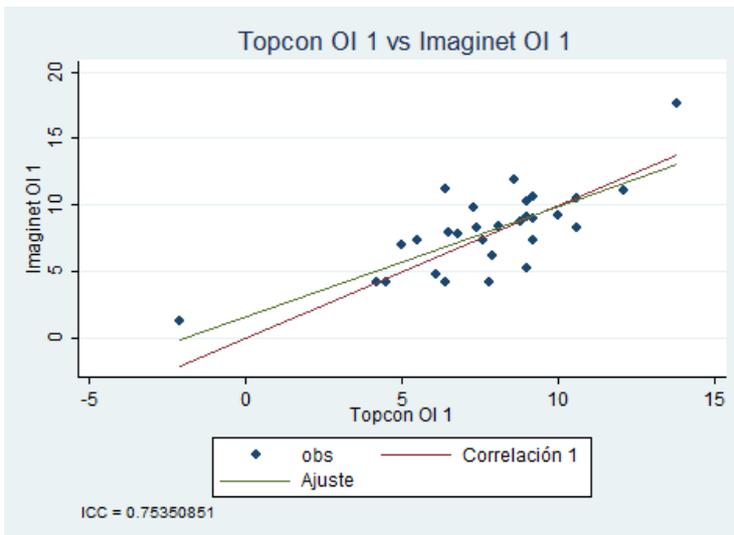


**Figura 52.** Gráfica que muestra la reproducibilidad de las mediciones realizadas con el angiógrafo TRC-50EX en el ojo izquierdo.

La correlación entre ambos aparatos es muy alta (ICC > 90% para el ojo derecho) y buena (ICC entre 70-90% para el ojo izquierdo).



**Figura 53.** Gráfica que muestra la correlación de las mediciones realizadas con el tomógrafo 3D OCT-2000 y con el angiógrafo TRC-50EX en el ojo derecho



**Figura 54.** Gráfica que muestra la correlación de las mediciones realizadas con el tomógrafo 3D OCT-2000 y con el angiógrafo TRC-50EX en el ojo izquierdo

## 6.6. TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS

### 6.6.1. Torsión ocular compensatoria en el plano frontal

Inclinación cabeza-hombro	Torsión ocular compensatoria en el plano frontal			
	OD		OI	
	°	%	°	%
HD 20°	7,12	35,58	7,74	38,73
HD 40°	12,22	30,55	12,12	30,30
HI 20°	4,39	21,95	4,16	20,80
HI 40°	7,95	19,85	8,69	21,73

**Tabla 46.** Tabla resumen de la magnitud de la torsión ocular compensatoria en el plano frontal.

### 6.6.2. Torsión ocular en los diferentes grupos

Población	Torsión ocular					
	OD	OI	Dif. OD- OI	Dif. abs. OD-OI	Suma OD+OI	Ratio OD/OI
Voluntarios sanos	5,49±3,36°	8,62±2,85°	3,13°	3,49±2,62°	14,11±5,42°	X
Infantil sana	5,47±3,64°	7,65±3,49°	2,18°	4,10±3,09°	13,12±5,42°	0,88±2,13
Síndrome de Down	3,18±6,59°	5,32±5,71°	2,14°	5,51±3,58°	8,50±10,63°	0,74±1,39

**Tabla 47.** Tabla resumen de la magnitud de la torsión ocular en los diferentes grupos.

# DISCUSIÓN



## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. DISCUSIÓN ACERCA DE LA TORSIÓN OCULAR EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN CEFÁLICA

#### 7.1.1. Torsión ocular en posición primaria de la mirada y en posición cefálica neutra

Existen diferentes métodos objetivos para estudiar la torsión ocular en condiciones estáticas, los estudios más recientes emplean retinografías<sup>23</sup>, que permiten la medición del ángulo papila-fóvea respecto a la horizontal, perimetría<sup>67</sup>, que permite la localización de la mancha ciega y la medición del ángulo con la horizontal, o autorrefractómetro, que define el eje de astigmatismo y se pueden asociar sus variaciones a la torsión ocular<sup>61</sup>. Nosotros nos decantamos por la realización de retinografías, ya que es el método que aporta una información anatómica más exacta, del que dependen menos variables interindividuales y que es de fácil comprensión para todos los pacientes (a diferencia del campo visual) pudiéndose aplicar de manera casi universal, incluso en pacientes poco colaboradores y en niños. Tampoco está condicionada por el defecto refractivo, como sí lo está la detección del eje de astigmatismo, con las dificultades adicionales que ello supone; astigmatismos leves, astigmatismos irregulares, astigmatismos en pacientes pseudofáquicos con lentes multifocales, pequeñas opacidades de medios, etc. obligarían a excluir a muchos pacientes por una posible falta de reproducibilidad y, por tanto, fiabilidad en las mediciones. La retinografía es, por tanto, el método más universal, rentable, rápido y por tanto, aplicable a la práctica clínica diaria incluso como exploración de rutina.

En nuestro estudio de la torsión ocular en 20 controles sanos en posición primaria de la mirada y en posición cefálica neutra mediante retinografías, encontramos que, el ojo derecho presenta una torsión de  $5,49 \pm 3,36^\circ$ , mientras que en el ojo izquierdo es de  $8,62 \pm 2,85^\circ$ . La diferencia entre las medias de torsión de ambos ojos es de  $3,3^\circ$ , con

mayor exciclotorsión en el ojo izquierdo. Estos resultados, tanto media como desviación típica, son comparables a los que hemos obtenido en el estudio de la torsión ocular en posición primaria de la mirada y posición cefálica neutra en 1036 niños, tanto en la magnitud de las medias de la torsión ocular como en su diferencia, siendo la media de torsión de  $5,47 \pm 3,64^\circ$  en el ojo derecho y de  $7,65 \pm 3,49^\circ$  en el ojo izquierdo, presentando el ojo izquierdo una mayor exciclotorsión y siendo la diferencia de medias de  $2,18^\circ$ .

En los estudios acerca de la torsión ocular medida mediante retinografías publicados en la literatura, encontramos resultados equiparables en cuanto a la magnitud de torsión ocular (tabla 48); Martin<sup>73</sup> en 12 pacientes encuentra una media de  $7,25 \pm 2,35^\circ$  en ojos derechos y de  $6,60 \pm 2,94^\circ$  en ojos izquierdos, Dieterich y Brandt<sup>74</sup> en su primer estudio con 20 pacientes describen una media de  $3,4 \pm 2^\circ$  en ojos derechos y  $5,8 \pm 2,6^\circ$  en ojos izquierdos, mientras que en su segundo estudio con 80 pacientes la torsión media del ojo derecho es de  $4,9 \pm 2,9^\circ$  y la del ojo izquierdo  $5,7 \pm 2,9^\circ$ , Rousie, con 50 pacientes, halla una media de  $2,9 \pm 2,84^\circ$  en ojos derechos y de  $3,7 \pm 3,15^\circ$  en izquierdos, Lefèvre et al.<sup>23</sup>, con 150 pacientes, de  $5,8 \pm 3,2^\circ$  en ojos derechos y  $6,8 \pm 3,4^\circ$  en ojos izquierdos, Jethani et al.<sup>48</sup> en 105 niños, de  $6,49 \pm 3,25^\circ$  en ojos derechos y de  $5,80^\circ \pm 3,29^\circ$  en ojos izquierdos y Woillez et al.<sup>75</sup>, de  $4,7 \pm 2,6^\circ$  en ojos derechos y de  $6,8 \pm 2,5^\circ$  en ojos izquierdos. Por tanto, los valores de la torsión del ojo derecho oscilan entre  $2,9^\circ$  (Rousie) y  $7,25^\circ$  (Martin<sup>73</sup>) y los del ojo izquierdo oscilan entre  $3,7^\circ$  (Rousie) y  $6,8^\circ$  (Woillez<sup>75</sup> y Lefèvre<sup>23</sup>).

El resto de los autores no especifican las torsiones de los ojos por separado sino directamente la media de las torsiones de ambos ojos juntos; Bixenman y von Noorden<sup>18</sup> en 50 pacientes hallan una media de  $7,25^\circ \pm 2,5^\circ$ , que queda confirmada por el estudio de Ruttum y von Noorden<sup>76</sup> con 42 pacientes un año después, Williams y Willkinson<sup>21</sup>, en 223 individuos, una media de  $6,11^\circ \pm 3,3^\circ$ , Dadi y Hernández<sup>19</sup> en 10 individuos, una media de  $6,6^\circ \pm 2,62^\circ$ , De Ancos<sup>22</sup> en 15 individuos una media de  $7,03^\circ \pm 2,9^\circ$ , Rohrschneider<sup>77</sup> et al. en 104 pacientes una media de  $5,6^\circ \pm 3,3^\circ$  y Kothari<sup>20</sup> et al. encuentran en 36 pacientes una media de  $6,1^\circ \pm 4,3^\circ$ . Los valores, por tanto, oscilan entre los  $5,6^\circ \pm 3,3^\circ$  (Rohrschneider<sup>77</sup>) y los  $7,25^\circ \pm 2,5$  (Bixenman y von Noorden<sup>18</sup>).

Respecto a la diferencia de torsión entre ambos ojos, se han encontrado resultados contradictorios; según algunos estudios, no existen diferencias o éstas no son significativas (Williams y Willkinson<sup>21</sup>, Rohrschneider<sup>77</sup>, Jethani et al.<sup>48</sup>). En cambio, otros autores demuestran que sí existen dichas diferencias y que sí son significativas. Éste es el caso de Nelson y Cope<sup>11</sup>, que ya en 1971 describen una diferencia de torsión entre ambos ojos de  $2,51 \pm 2,57^\circ$ . Ruttum y von Noorden<sup>76</sup> encuentran una diferencia de  $1,61 \pm 1,22^\circ$ , Woillez<sup>75</sup> de  $2,1 \pm 3,96^\circ$  (medición realizada con retinografías) ó  $1,6 \pm 4,41^\circ$  (medición realizada mediante perimetría), Lefèvre et al.<sup>23</sup>, de  $1,1 \pm 4,3^\circ$  y Kothari et al.<sup>78</sup> de  $5,5 \pm 4,6^\circ$ . Todas ellas son a favor del ojo izquierdo, que es el que presenta más exciclotorsión. Únicamente Martin<sup>73</sup> y Jethani<sup>48</sup> han encontrado mayor exciclotorsión en el ojo derecho, y la diferencia entre ambos ojos resultó ser no significativa. Nosotros estudiamos si esta diferencia entre ojo derecho e izquierdo podría estar relacionada con el ojo dominante y/o con la mano dominante del individuo. No pudimos demostrar la correlación, pero hay que tener en cuenta el tamaño reducido de la muestra. Los resultados no son contrastables en la literatura porque no se han encontrado artículos que lo analicen, aunque Woillez<sup>75</sup> sugiere su estudio.

Estos resultados demuestran que en condiciones estáticas, la torsión ocular es muy variable, tanto entre distintos individuos como entre ambos ojos de un mismo individuo, con lo que los resultados de los diferentes estudios llegan a ser inconsistentes, dificultando una explicación fisiológica aceptada de manera unánime. Ello se ve agravado por el hecho de que la torsión ocular en condiciones fisiológicas se ha estudiado menos que en condiciones patológicas (pacientes con patología de oblicuos<sup>79</sup>, con parálisis de III o IV nervio craneal, con DVD<sup>80</sup>, con patología de laberinto<sup>81</sup>, etc), ya que el interés clínico lleva a priorizar el diagnóstico y el tratamiento de los problemas más inmediatos que se encuentran en la práctica diaria. Sin una idea clara acerca de la torsión ocular en condiciones fisiológicas, es muy difícil sacar conclusiones coherentes y relevantes sobre el significado de la torsión ocular patológica.

La gran variabilidad en los resultados acerca de la torsión ocular y, sobre todo, el hecho de que exista una diferencia de torsión entre ambos ojos, ha sido, a lo largo de la historia, un motivo de sorpresa e incertidumbre, con lo que lo primero que se ha querido

descartar es que no hubiera algún error, ya fuera de adquisición de datos, de su procesamiento o de su interpretación.

En cuanto a la adquisición de datos, se describe con frecuencia un posible sesgo por la posición de la cabeza que involuntariamente puede que los individuos no logren mantener en posición neutra y, como se explicará más adelante, la inclinación cabeza-hombro influye de manera directa y notable en los grados de torsión ocular. En la mayoría de estudios, para intentar minimizar dicho sesgo, el explorador verifica antes de realizar la retinografía que el paciente esté correctamente apoyado en el reposacabezas que suelen incorporar la mayoría de retinógrafos o cámaras fotográficas utilizadas y que normalmente consta de una mentonera, una cinta de apoyo de la frente y dos marcas laterales que sirven de guía de alineación de los ojos.

En nuestro estudio, con el objetivo de reducir la inexactitud inevitable que comportan dichos métodos, consideramos la utilización de un tipo especial de inclinómetro que nos diera una información más precisa acerca de la posición de la cabeza, con lo que introdujimos el “instrumento de medida del arco cervical” (CROM), que permite el control de la posición cefálica en los tres planos del espacio, cuantificándola en grados. Con ello, evitamos ciertos aspectos que tendrían difícil solución de no utilizarse el inclinómetro; una asimetría facial leve con un ojo más alto que el contralateral, podría llevarnos a colocar al paciente de manera errónea y esto es especialmente relevante en el plano frontal (inclinación lateral cabeza-hombro), que es el que más influye en la magnitud de la torsión ocular. El plano sagital también puede controlarse y no queda a expensas únicamente de la mentonera y de la cinta de apoyo de la frente, que no tienen por qué estar calibradas para que la cabeza quede en un ángulo de 0°. El CROM ya fue avalado por Kushner<sup>70</sup> en un estudio realizado en el año 2000 con 39 pacientes. Llegó a la conclusión de que es un instrumento válido para medir la postura de la cabeza y que, asimismo, podría utilizarse para cuantificar en grados las limitaciones de las ducciones y el campo visual binocular de pacientes afectados de patología estrabológica.

A parte del inclinómetro, que, a pesar de fijarse firmemente sobre la cabeza con una cinta, puede deslizarse mínimamente y dar también lugar a imprecisiones, realizamos un segundo control para asegurarnos de la posición neutra de la cabeza en el plano frontal. Consistió en utilizar el visor del retinógrafo del OCT desplazándolo de un ojo a

otro en la misma horizontal, con el objetivo de alinear los limbos inferiores antes de hacer las retinografías.

Otra precaución que tomamos fue el comprobar, con niveles de burbuja de aire, que los retinógrafos y sus mesas de apoyo estuvieran equilibrados respecto a la horizontal.

En la literatura publicada hasta ahora, siempre se ha comprobado que la medición de la torsión mediante retinografías es reproducible<sup>18,80,23</sup> pero no obstante, quisimos descartar cualquier posible sesgo inherente al aparato y difícilmente detectable por el explorador, así que realizamos un estudio de reproducibilidad y de concordancia entre dos retinógrafos diferentes; el tomógrafo de coherencia óptica Topcon “3D OCT-2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan) y el angiógrafo “TRC-50EX, Imagnet 2000” (Topcon Corporation, Tokyo, Japan), obteniendo unos índices satisfactorios y que avalan ambos aparatos para su uso clínico.

En cuanto al procesamiento de datos, se ha especulado sobre los artefactos que provoca la proyección de una esfera (el globo ocular) sobre un plano (la retinografía obtenida). Este es un aspecto cuya resolución es más propia de físicos y matemáticos, pero, desde el punto de vista médico, también es posible aventurar una hipótesis; si la forma y la profundidad de la esfera que representa el globo ocular altera su proyección en un plano, las diferentes ametropías deberían presentar un patrón característico y distintivo. Se ha visto que no es así; el defecto de refracción no influye en la torsión ocular<sup>48,77</sup>. Tampoco influyen otras particularidades anatómicas, como la distancia horizontal entre la papila y la fóvea<sup>77</sup>, pero se desconoce si la raza influye; no se ha publicado, hasta día de hoy, ningún artículo que analice la torsión ocular en función de la raza. Esto sería relevante ya que podría cambiar ciertos aspectos del diagnóstico y del tratamiento quirúrgico.

La interpretación de los datos obtenidos podría ser otra fuente de errores. El principal factor influyente es un tamaño de muestra pequeño.

Autor	Método	Muestra	Resultados		
			OD	OI	Dif. OI-OD
Nelson y Cope <sup>11</sup> (1971)	Fotografía polo ant.	35	5,64 ± 2,57° (a 50°)	5,64 ± 3,1° (a 50°)	2,51 ± 2,57°
Martin <sup>73</sup> (1985)	RM	12	7,25 ± 2,35°	6,60 ± 2,94°	-0,65 ± 2,6°
	CV	11	8,8 ± 4,2°	7,8 ± 2,1°	1 ± 3,2°
Brandt y Dieterich <sup>74</sup> (1992)	RM	20	3,4 ± 2°	5,8 ± 2,6°	2,4 ± 2,3°
Dieterich y Brandt <sup>82</sup> (1993)	RM	80	4,9 ± 2,9°	5,7 ± 2,9°	0,8 ± 2°
Rousie (1999)	SLO	50	2,9 ± 2,84°	3,7 ± 3,15°	0,8 ± 2,99°
Wuillez (2007) <sup>75</sup>	SLO	44	4,7 ± 2,6°	6,8 ± 2,5°	2,1 ± 3,96°
	CV	44	5,6 ± 2,9°	7,2 ± 2,9°	1,6 ± 4,41°
Lefèvre <sup>23</sup> (2007)	RNM	150	5,8 ± 3,2°	6,8 ± 3,4°	1,1° ± 4,3°
Jethani <sup>48</sup> (2010)	RM	105	6,49 ± 3,25°	5,80° ± 3,29°	-0,69 ± No significativa
Bixenman y von Noorden <sup>18</sup> (1982)	RM	50	7,25 ± 2,5°		1,61 ± 1,2°
Ruttum y von Noorden (1983) <sup>76</sup>	RM	42	7,25 ± 2,57°		1,61 ± 1,22°
Dadi y Hernandez (1992) <sup>19</sup>	RM	10	6,60 ± 2,62°		0,4 ± 3,23°
Williams y Wilkinson (1992)	RM	223	6,11 ± 3,3°		No significativa
De Ancos <sup>22</sup> (1994)	Lente indirecta	15	7,03 ± 2,9°		No se detalla
Rohrschneider <sup>77</sup> (2004)	SLO y CV	104	5,6 ± 3,3°		No significativa
Kothari <sup>20</sup> (2005)	RM/Lente	36	6,1 ± 4,3°		5,5 ± 4,6°

**Tabla 48.** Resumen de los métodos y resultados de los diferentes artículos acerca de la torsión ocular.

RM=Retinografía midriática, RNM=Retinografía no midriática CV=Campo Visual, SLO=Oftalmoscopia con Laser Confocal.

### **7.1.2. Variaciones en la torsión ocular en función de los cambios de posición cefálica. Estudio estático del reflejo vestibuloocular torsional.**

La magnitud e incluso la misma existencia de una torsión ocular compensatoria han causado polémica a lo largo de la historia en el panorama científico internacional. Desde que Jampel y Shi<sup>83</sup>, en 2002, negaran su existencia ya que consideraban que era una percepción falseada de la realidad, consecuencia del artefacto que supone medir ángulos en una superficie esférica que se observa desde diferentes perspectivas, y desde que Kushner<sup>12</sup> en 2003 rebatiera abiertamente sus resultados basándose en dos trabajos; uno propio realizado en 1983 en que demostraba la existencia de torsión ocular compensatoria dinámica y estática y el otro de Misslisch et al.<sup>84</sup> publicado en 2001 acerca de la influencia de la fuerza gravitatoria y de la estereopsis en la contrarrotación ocular, se han ido realizando estudios con el objetivo de caracterizar mejor el fenómeno. Actualmente, la existencia de la torsión ocular compensatoria está internacionalmente aceptada y es de interés tanto de oftalmólogos como de otorrinolaringólogos, neurólogos y fisiólogos, que trabajan desde diferentes perspectivas con el objetivo de describir la fisiopatología del sistema vestibular<sup>85</sup>, los mecanismos neurológicos centrales de adaptación y su influencia a nivel ocular, ya que ello permitiría una mejor comprensión del funcionamiento del organismo en situaciones especiales (aeronáutica) y patología muy variada, influyendo en su diagnóstico y tratamiento.

Sin embargo, a pesar de que la anatomía está descrita desde hace tiempo, no existe todavía un concepto fisiológico claro acerca de las características del reflejo vestibuloocular. En su estudio, hay que tener en cuenta diferentes factores que lo condicionan, como son los parámetros que definen el movimiento cefálico (aceleración, velocidad, tiempo que se mantiene una determinada posición, dirección y sentido del arco de movimiento) y el tipo de visión (monocular o binocular, con o sin referencias visuales que permitan una orientación espacial). A lo largo de la historia se han usado diferentes paradigmas que incluían algunos de dichos aspectos, y, a pesar de la coherencia de dichos estudios, se ha llegado a resultados dispares y difícilmente comparables. No existe un artículo de revisión que los sintetice.

Así, el reflejo vestibuloocular torsional se puede estudiar de manera “estática”, es decir, inclinando al individuo en diversas etapas con pausas intercaladas o de manera “dinámica”, sometiendo al individuo a un movimiento continuo.

En el estudio dinámico, la velocidad y la aceleración son los parámetros básicos a controlar, ya que, por debajo de valores umbrales de velocidad (menos de  $3^\circ/s$ ) y de aceleración (entre  $0,09^\circ/s^2$  y  $0,55^\circ/s^2$ ), se puede atribuir el movimiento ocular casi exclusivamente a los órganos otolíticos, siendo el papel de los canales semicirculares mínimo o inexistente. En el estudio estático, además de velocidad y aceleración, el tiempo que duran las pausas es un condicionante importante, ya que, una vez alcanzada una posición cefálica con una torsión determinada, ésta va variando a medida que los órganos otolíticos van adaptándose a la nueva situación. Pansell et al.<sup>14</sup> dan un ejemplo concreto en su estudio, pero no cuantifican dicha variación en función del tiempo de una manera general y aplicable a otros protocolos de estudio del laberinto.

Se cree que los órganos otolíticos (sobre todo el utrículo) son los principales condicionantes del reflejo vestibuloocular torsional, porque son los receptores que captan la fuerza de la gravedad y, con ello, la posición de la cabeza. Los canales semicirculares se activan con la aceleración angular cuando se superan la velocidad y la aceleración umbral, y aislar su función en el plano frontal es muy difícil ya que se solapa la información de los canales semicirculares verticales con la de utrículo y sáculo; la mayoría de estudios ignoran este plano y estudian la rotación del individuo en el plano axial<sup>85-88</sup>, en el que se activan principalmente los canales semicirculares laterales sin interferencias de los órganos otolíticos.

Diversos autores coinciden en que el movimiento de contrarrotación ocular es más consistente, conjugado, simétrico y regular cuando se estudia el sistema vestibular en condiciones dinámicas<sup>89</sup>, siendo más errático si su estudio es estático<sup>69</sup>. La explicación fisiológica se basa en la estructura de los otolitos y de la membrana otolítica, que puede tener una polimerización variable de los polisacáridos, lo que cambia la viscosidad del gel, con lo que un movimiento no homogéneo (provocado por las pausas inherentes al paradigma estático) hace que tanto los otolitos como la membrana otolítica se muevan a parches, estimulando por bloques a las células pilosas que no pueden responder con la misma intensidad que si son estimuladas en su conjunto.<sup>69</sup>

La dirección y el sentido del arco de movimiento condicionan, por su parte, un movimiento de torsión diferente en cada ojo, lo que resulta en una ciclodivergencia (mayor diferencia de torsión entre ambos ojos respecto a la diferencia inicial) o una cicloconvergencia (menor diferencia de torsión entre ambos ojos respecto a la diferencia inicial). Por ello, en una misma posición y en función de cómo se ha alcanzado dicha posición (es decir, desde dónde se originó el movimiento que condujo a la posición de interés), se han registrado diferentes valores de torsión en ambos ojos<sup>15</sup>, aunque también hay autores que niegan tal fenómeno<sup>90</sup>.

Respecto a las condiciones de visión, se ha explorado la influencia que puede tener en el reflejo vestibuloocular torsional el hecho de que el individuo tenga referencias espaciales (es decir, que sepa reconocer la verticalidad y la horizontalidad) además de la mono o la binocularidad<sup>15,16,69</sup>, sin encontrar diferencias significativas, lo que lleva a pensar que la estimulación visual influye poco en el reflejo vestibuloocular torsional. Nuestro estudio se realizó con fijación monocular (ojo al que se le hacía la retinografía), sin oclusión del ojo contralateral (ojo no fijador) y con la orientación espacial que da la cruz del retinógrafo.

Entre los diversos métodos que existen para medir el movimiento ocular torsional en el reflejo vestibuloocular, los más utilizados han sido proyecciones de fotos superpuestas (método más antiguo), las retinografías, la videooculografía y el anillo magnético adaptado a una lente de contacto. En este último, introducido por Collewijn et al.<sup>90</sup>, ha ido perfeccionándose porque al inicio se deslizaba sobre el ojo y falseaba los resultados. Nosotros hemos utilizado las retinografías midriáticas obtenidas cuando el individuo alcanzaba la posición cefálica deseada determinada por el CROM. No hay hasta día de hoy en la literatura ningún estudio que utilice la misma metodología.

En nuestro trabajo, hemos confirmado la hipótesis de que, aunque la posición cefálica condicione la torsión del fondo de ojo, no son directamente proporcionales. La torsión ocular, por tanto, sí que varía con el movimiento cefálico, aunque no en los tres planos del espacio (inclinación cabeza-hombro, mentón alto y mentón bajo, rotación a los lados), siendo significativa esta variación en el plano frontal, que es el plano en que coinciden el movimiento cefálico y los movimientos de torsión del ojo y, por tanto, el plano en el que el sistema vestibular ejerce una mayor acción sobre los músculos

torsores, y en el plano axial; cuando la cabeza rota 20° a la derecha. Este último resultado sin una explicación demasiado aparente, podría ser el resultado de un tamaño muestral reducido.

En los demás planos, el sistema laberíntico ejerce muy poca influencia, siendo los cambios en la torsión muy pequeños y en su mayoría inferiores a 1°. No existen estudios en la literatura con un paradigma similar al nuestro, por tanto no podemos contrastar los resultados obtenidos en los planos sagital y axial, aunque sí en el plano frontal.

Cuando la cabeza se inclina sobre el hombro derecho 20°, que fue la primera posición que se examinó tras la posición cefálica neutra inicial, el ojo derecho compensa 7,12° y el ojo izquierdo compensa 7,74° lo que representa un 35,6% y un 38,7% respectivamente de la amplitud del movimiento (de 20° en este caso). En cambio, si la cabeza sigue inclinándose hacia la derecha hasta alcanzar los 40°, en estos segundos 20° de inclinación cefálica, el ojo derecho sólo corrige 5,1°, lo que representa un 25,5% y el izquierdo corrige 4,38°, lo que representa un 21,9% del movimiento. Al analizar en bloque los 40° de inclinación cabeza-hombro derecho, vemos que en total el ojo derecho corrige 12,22° (un 30,55%) y el ojo izquierdo corrige 12,12° (un 30,3%). Ambos ojos se comportan de una manera muy similar. Estas cifras aunque algo superiores, están dentro del mismo rango que las de otros autores que estudiaron el reflejo vestibuloocular estático. Schworm et al.<sup>16</sup> describen una torsión ocular compensatoria máxima de 27% a 15° de inclinación cefálica, Averbuch-Heller et al.<sup>91</sup>, una torsión ocular compensatoria de 24% a 20° de inclinación cefálica y Kingma et al.<sup>92</sup> una torsión ocular compensatoria de 22% a 180° de inclinación cefálica. Todos estudiaron la torsión ocular estática con videooculografía excepto Averbuch, que usó anillos magnéticos integrados en una lente de contacto.

Sin embargo, otros autores como Collewijn et al.<sup>90</sup>, presentan cifras inferiores; 10% de torsión ocular compensatoria a 20° de inclinación cefálica. Utilizaron por primera vez un anillo magnético integrado en una lente de contacto, y describieron los artefactos provocados por su deslizamiento, lo que podría explicar dichas diferencias.

De los autores citados, sólo Kingma define la velocidad de inclinación cefálica, inferior a 3°/seg. Desconocemos, por tanto, si en el resto de estudios se midió la velocidad de giro

cefálico, y, por tanto, si en las cifras de torsión obtenidas puedan haber influido los canales semicirculares.

Cuando la inclinación cefálica es hacia el hombro izquierdo, hallamos más diferencias entre los dos ojos y una torsión compensatoria menor. En los primeros 20°, el ojo derecho compensa 4,39° (21,95%) y el ojo izquierdo 4,19° (20,8%). En los segundos 20°, el ojo derecho compensa 3,56° (17,8%) y el ojo izquierdo 4,53° (22,6%). Si analizamos en bloque los 40° de inclinación cabeza-hombro izquierdo, vemos que el ojo derecho compensa un total de 7,95° (un 19,8%) y el ojo izquierdo compensa 8,69° (un 21,73%).

Hay una asimetría importante entre los valores de torsión compensatoria de un mismo ojo (tanto si es ojo derecho como ojo izquierdo) en función de si la cabeza se inclina sobre el hombro derecho o sobre el hombro izquierdo. Esta diferencia es mayor en los primeros 20° y disminuye en los segundos 20°. Cuando la inclinación de la cabeza es de 20°, el ojo derecho y ojo izquierdo, respectivamente, compensan un 13,65% y un 17,9% más sobre el hombro derecho que sobre el izquierdo. Cuando la inclinación cefálica es de 40°, ojo derecho y ojo izquierdo compensan, respectivamente, un 10,7% y un 8,57% más sobre el hombro derecho que sobre el izquierdo.

La adaptación progresiva de los órganos otolíticos a la inclinación cefálica<sup>14</sup> y la limitación mecánica del movimiento de torsión ocular, podrían explicar que en los primeros 20° haya mayor torsión compensatoria que en los segundos 20°, independientemente del hombro hacia el que se incline la cabeza.

El hecho de que haya menor torsión ocular compensatoria cuando la cabeza se inclina hacia el hombro izquierdo es, de momento, difícil de explicar. No hay una teoría única aceptada acerca de si la torsión ocular compensatoria es o no conjugada, es decir, si la magnitud del movimiento de torsión depende de la lateralidad del ojo o del movimiento cefálico. Diamond y Markham<sup>93</sup>, en su estudio dinámico del reflejo vestibuloocular, constataron diferencias entre ambos ojos en la torsión ocular compensatoria; se vio que no siempre era conjugada y que el ojo superior presentaba más torsión compensatoria que el ojo inferior. Además, las diferencias de torsión entre ambos ojos en una posición determinada, dependían de cómo se alcanzaba dicha posición; es decir, de si la cabeza procedía de la derecha o de la izquierda. Estos resultados no dejaban de ser

sorprendentes, por lo que, aunque no se descartó ninguna explicación fisiológica, se pensó que podrían ser resultado de imprecisiones técnicas del método empleado (superposición de fotografías). Bockisch et al.<sup>94</sup> en el 2000, que observaron una asimetría en cuanto a torsión compensatoria que dependía de si el ojo estudiado era ipsi o contralateral al movimiento de inclinación cefálica, presentando menos torsión compensatoria el ojo ipsilateral (inciclotorsor), pero este hallazgo fue principalmente atribuido al artefacto que provocaban los párpados sobre el cable que salía del anillo magnético adaptado a la lente de contacto, que fue el método utilizado para medir el movimiento ocular. Schworm et al.<sup>16</sup> (2002) y Pansell et al.<sup>15</sup> (2003) confirmaron resultados similares mediante videooculografía. Schworm, comprobó además, en algunos de sus 5 sujetos de estudio, que cuando el individuo regresaba a una posición cefálica neutra con la mirada en posición primaria de la mirada, los ojos no “volvían” a su posición de reposo inicial sino que presentaban una torsión diferente a la registrada al inicio. Este nuevo estado torsional tendía a parecerse al que habían tenido los ojos durante el último movimiento realizado. Palla et al.<sup>68</sup> observaron que, después de someter al individuo a un giro de 360° (con velocidad y aceleración inferiores al umbral de estimulación de los canales semicirculares), en la posición de reposo alcanzada tras el giro completo, la torsión residual era diferente de la torsión inicial y era mayor en el ojo ipsilateral a la rotación de la cabeza (ojo inciclotorsor). Dicha torsión residual no variaba si se daban varias vueltas, pero sí variaba si se analizaba a 180° (individuo boca abajo) observándose una ciclodivergencia que al volver a la posición de reposo pasaba a ser cicloconvergencia.

Collewijn et al.<sup>90</sup>, en su estudio estático y dinámico del laberinto, afirman lo contrario; que la torsión ocular compensatoria es un movimiento predominantemente conjugado y que no depende de la lateralidad del ojo estudiado.

Nosotros, tampoco hemos observado que el grado de torsión compensatoria dependa de si el ojo estudiado es ipsilateral o contralateral al movimiento cefálico, ni hemos hallado diferencias significativas en la torsión ocular en posición cefálica neutra en relación al origen y sentido del arco de movimiento cefálico, con lo que no lo consideramos relevante en la elaboración de nuestro protocolo de estudio. Sin embargo, una de las limitaciones de nuestro estudio es la inherente a la técnica utilizada;

una retinografía representa un corte en el tiempo, es decir, una imagen puntual del movimiento ocular, mientras que la videooculografía o la técnica del anillo magnético unido a una lente de contacto, permiten un registro continuo del movimiento del ojo en un intervalo de tiempo. Pequeñas diferencias en el tiempo de la torsión ocular en una posición determinada podrían no ser detectadas con las retinografías, lo que se agrava por la naturaleza errática del movimiento de torsión ocular cuando se estudia el laberinto de manera estática. Resultaría interesante, en futuros estudios, invertir el orden del movimiento de la cabeza (primero inclinación sobre el hombro izquierdo y después sobre el derecho).

Un aspecto que no se ha tenido en cuenta en ningún otro artículo es la distribución de la suma de los valores de torsión ocular de ojo derecho y ojo izquierdo. En nuestro estudio hemos visto que las medias se distribuyen de manera bastante regular y oscilan alrededor de  $12,45^\circ$  y  $15,65^\circ$ , independientemente de la posición de la cabeza. Esto puede ser un dato de ayuda a la hora de valorar la pareja de retinografías (de ojo derecho y de ojo izquierdo); considerando que la suma de los valores no debería superar un margen determinado, podremos saber si el individuo ha permanecido inmóvil durante todo el proceso de realización de retinografías de ambos ojos o si se ha movido entre uno y otro, lo que nos falsearía la interpretación.

La aplicación de estos resultados en la práctica clínica podría ser muy útil en el campo de la cirugía refractiva, concretamente en la determinación del eje de astigmatismo. En general, en las exploraciones previas a una cirugía refractiva, los pacientes son sometidos a diferentes exámenes y en todos ellos es el explorador el que, basándose en su percepción subjetiva, “intenta” que el individuo tenga una posición cefálica neutra. Si consideramos la gran diversidad de pruebas a la que se somete el paciente (graduación subjetiva con montura de prueba, autorrefractómetro y autoqueratómetro, topógrafo, biómetro y los propios topógrafos del láser con reconocimiento de la anatomía del iris, marcaje del eje astigmático en córnea antes de algunas intervenciones quirúrgicas) y le sumamos el hecho de que no todos los aparatos proporcionan de manera visible marcas para la alineación del individuo, que algunos pacientes tienen asimetrías faciales u orbitarias, que las condiciones de luminosidad de las salas suelen ser reducidas porque así aumenta la calidad de las pruebas, que los pacientes se mueven

entre la toma de las imágenes de ambos ojos, que en ocasiones hay que repetir alguna de las pruebas con lo que se recoloca al paciente quizás para obtener información únicamente de un ojo y que normalmente la presión asistencial es alta con lo que el tiempo para comprobar en detalle la posición del paciente es reducido, es fácil imaginar que la posición cefálica del individuo en las diferentes pruebas irá variando de manera no controlada.

Dado que, como hemos visto, la torsión compensatoria en los primeros 20° oscila entre un 20% y un 38%, la determinación del eje de astigmatismo se puede ver afectada y con ello, la exactitud en su corrección. Actualmente la corrección del astigmatismo (ya sea con gafas, con lentes de contacto, con láser o con lentes intraoculares tóricas fásicas o pseudofásicas) supone un reto en la práctica clínica, con unos resultados menos predecibles que la corrección de la esfera.

Existen pocos estudios en la literatura que relacionen torsión ocular y eje astigmático. Fesharaki et al.<sup>61</sup> estudian la variación del eje del astigmatismo (>2D) determinado con un autorrefractómetro en función de la inclinación cabeza-hombro (5, 10, 15, 20 y 25°). La posición cefálica la definen gracias a un inclinómetro que marca los grados en el plano frontal. Estos autores encuentran un error medio en el eje de astigmatismo de  $3,2 \pm 1,5^\circ$  a 5° de inclinación cefálica que incrementa a  $18,6 \pm 4,2^\circ$  si la inclinación es de 25°.

Así, el uso de inclinómetros en la práctica habitual, creemos que podría ser una ayuda para reducir las imprecisiones en la determinación del eje del astigmatismo, y más estudios en este campo podrían aportar mejoras importantes en la calidad de la corrección de la refracción ofrecida al paciente.

## **7.2. DISCUSIÓN ACERCA DE LA TORSIÓN OCULAR EN POSICION PRIMARIA DE LA MIRADA Y EN POSICIÓN CEFÁLICA NEUTRA EN LA POBLACIÓN INFANTIL SANA**

En nuestro estudio acerca de la torsión ocular en la población infantil, hemos determinado los valores independientes de la torsión en ojo derecho y en ojo izquierdo, su diferencia absoluta, su suma y su cociente. Cada una de estas determinaciones tiene un sentido y está orientada a definir diferentes aspectos que se complementan entre sí y que ayudan en la búsqueda de una explicación fisiológica. A pesar del gran tamaño de la muestra, los valores no siguen una distribución normal, aunque se acercan a ella.

Hemos hallado una torsión ocular en posición primaria de la mirada y en posición cefálica neutra de  $5,47 \pm 3,64^\circ$  en ojo derecho y de  $7,65 \pm 3,49^\circ$  en ojo izquierdo. La diferencia de torsión entre ambos ojos es de  $2,18^\circ$ , resultados que concuerdan con los datos determinados en nuestros 20 controles sanos y con los resultados de Léfèvre et al.<sup>23</sup>, que reclutó 50 niños de entre 3 y 12 años y algunos más dentro del grupo de 50 individuos de entre 15 y 45 años. Otros estudios que confirman los resultados han sido ya comentados en el apartado anterior, pero ninguno se realiza específicamente en niños. Jethani et al.<sup>48</sup>, analizando la torsión ocular en 150 niños de entre 5 y 15 años de edad discrepan, ya que encuentran más torsión en el ojo derecho.

Con el objetivo de poder descartar sesgos en las mediciones, contamos con el apoyo de los datos obtenidos de los 20 controles sanos, cuya posición cefálica estuvo en todo momento controlada y cuya colaboración fue absoluta.

Para poder evitar un artefacto del retinógrafo utilizado (Topcon 3D OCT-2000, Topcon Corporation, Tokyo, Japan) realizamos una serie de mediciones con otro retinógrafo diferente (TRC-50EX, Imagenet 2000, Topcon Corporation, Tokyo, Japan), y llevamos a cabo un test de concordancia y reproducibilidad, como ya se ha comentado anteriormente.

Dado que no hallamos ningún sesgo o error técnico para explicar la diferencia entre la torsión de ambos ojos, analizamos en el grupo de 20 controles si existía relación entre dicha diferencia y el ojo o la mano dominante, no hallando ninguna asociación

estadísticamente significativa (aunque hay que destacar el pequeño tamaño de la muestra).

Por tanto, desechada parcialmente la explicación de que la mano dominante (mayoritariamente la derecha) que, a su vez, suele ser ipsilateral al ojo dominante, condicionara una torsión menor en el ojo ipsilateral, ya fuera por una tendencia hacia una inclinación cefálica mínima postural hacia la izquierda, que suele observarse en niños diestros cuando escriben o dibujan (lo que implicaría una inciclotorsión de ojo derecho y una exciclotorsión de ojo izquierdo relativas), o que el ojo dominante tuviera una torsión más cercana a cero grados y el no dominante tuviera que mantener una discrepancia torsional determinada, queda la interpretación abierta a nuevos estudios.

La diferencia absoluta entre la torsión de ojo derecho y ojo izquierdo nos indica cuántos grados reales de diferencia hay entre ambos (si no se considerara la diferencia absoluta, el hecho de que uno de ambos ojos estuviera en inciclotorsión, es decir, con un signo negativo, nos reduciría la diferencia entre ambos ojos). La diferencia absoluta es un parámetro que cambia de manera sensible si existe inclinación cabeza-hombro, por lo que puede ayudar a determinar sesgos (que el paciente no tuviera la cabeza en posición neutra). En nuestro estudio la media es de  $4,10 \pm 3,09^\circ$  y la mediana de  $3,50^\circ$ , siendo el P25 de  $1,65^\circ$  y el P75 de  $6,0^\circ$ .

La suma de los valores de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo es, sin embargo, relativamente constante independientemente de la posición de la cabeza en el plano frontal. En nuestro estudio la media es de  $13,12 \pm 5,42^\circ$ , la mediana de  $13,00^\circ$ , siendo el P25 de  $4,8^\circ$  y el P75 de  $16,20^\circ$ .

El cociente entre los valores de torsión de ojo derecho y ojo izquierdo nos da información acerca de qué ojo tiene mayor torsión. Los resultados aquí se ven muy influidos por los valores extremos, que alteran la media de forma que no se puede apreciar que, de manera prácticamente constante, la torsión del ojo izquierdo es superior a la del derecho. La mediana refleja dicho resultado de manera más fiel, siendo siempre  $<1$ .

Para determinar qué es una “torsión fisiológica” en la población, muchos autores se han basado en los resultados de Herzau (1984), Bixenmann<sup>18</sup> y Guyton<sup>95</sup>, que consideran

como límites de una inciclotorsión normal, la proyección horizontal desde la fovea al centro de la papila, y como límites de la exciclotorsión normal, la proyección de la fovea sobre el margen inferior de la papila. Dichos resultados, en nuestra opinión, serían objeto de revisión, ya que las muestras analizadas no parecen representativas de la población por tener una “n” baja; en el caso de Herzau, realiza las determinaciones en 22 pacientes, Bixenmann en 44 pacientes y Guyton en función de su experiencia clínica. Además, autores como Léfèvre<sup>23</sup> afirman que la proyección de la horizontal que parte de la fovea sobre la papila, no viene condicionada por el tamaño de la papila, concepto que, geoméricamente, sería discutible. En cambio, el ángulo fovea-papila no debería verse geoméricamente determinado por el tamaño de la papila.

Así, en nuestra muestra, la torsión fisiológica de los individuos se distribuiría de la siguiente manera, según si consideramos los valores que incluyen al 50% o al 90% de la población. Teniendo en cuenta que deben darse los cuatro supuestos a la vez, se restringe el rango de valores fisiológicos posibles de la torsión ocular (tabla 49).

CONCEPTO	P25 - P75	P5 - P95
	(50% población)	(90% población)
Torsión OD	3,10° – 7,70°	-0,2° – 11,20°
Torsión OI	5,50° – 9,70°	1,90° – 13°
Diferencia absoluta OD-OI	1,65° – 6°	0,30° – 10,10°
Suma OD + OI	10° – 16,20°	4,80° – 21,30°

**Tabla 49.** Distribución de la torsión ocular (ojo derecho, ojo izquierdo, diferencia absoluta y suma de ambos ojos) en la población infantil.

La definición de los valores normales de torsión ocular es básica para poder determinar los patológicos. Ello es una aportación importante para la comprensión de la fisiopatología, el diagnóstico y la elección del tratamiento de los estrabismos verticales, que son aquellos con afectación de músculos oblicuos y/o rectos verticales (ya sea parálisis del IV nervio craneal, parálisis del III nervio craneal, patrones alfabéticos en A o en V, desviación vertical disociada y síndrome de desviación oblicua, también conocido como skew deviation). Los trabajos que existen hasta el momento no comparten un protocolo de estudio y son difícilmente comparables; a continuación, de su síntesis se deduce el beneficio que supondría conocer los valores normales de la torsión y las controversias que siguen vigentes, asimismo, a la hora de interpretar ciertos aspectos de la patología.

Kushner <sup>96</sup>, que ha estudiado en profundidad el tema de la torsión ocular, explora, mediante cinematografía (método objetivo) y mediante las varillas de Maddox (método subjetivo) el fenómeno de Bielschowsky tanto en sujetos sanos como en sujetos con patología (hiperacción primaria bilateral de oblicuo inferior junto con endotropía, parálisis adquirida del oblicuo superior antes y después de la cirugía, desviación vertical disociada), concluyendo que dicho fenómeno no se corresponde con la teoría clásica. La teoría clásica defiende que, al realizar la inclinación cabeza-hombro típica de esta maniobra, en el ojo ipsilateral al movimiento se activan los músculos inciclotorsores y se inhiben los exciclotorsores, mientras que en el ojo contralateral al movimiento se activan los músculos exciclotorsores y se inhiben los inciclotorsores. Kushner observa que, durante la maniobra de Bielschowsky, los ojos realizan primero un movimiento de torsión compensatoria seguido del movimiento contrario anticompensatorio, que se da en forma de sacadas, quedando, al final del recorrido cefálico, una torsión ocular compensatoria relativa; lo que sugiere que los ojos “no alcanzaron” a la cabeza. Si esto fuese así, es obvio que deben activarse los músculos que, según la teoría clásica, están inhibidos.

Kushner, cuando utiliza la cinematografía, realiza estos estudios girando la cabeza a gran velocidad (23°/seg), con lo que se activan los canales semicirculares ya que sobrepasa su umbral de activación (3°/seg). Cuando utiliza las varillas de Maddox, gira la cabeza sobre el hombro 30° y tarda 1,5 seg (velocidad de 20°/seg). El autor no detalla cuánto

tiempo mantiene la cabeza en la posición de 40°, lo que es básico para eliminar sesgos ya que la torsión ocular en una posición determinada varía en función del tiempo que se mantenga dicha posición.

Según el autor<sup>59</sup>, la determinación de la torsión objetiva y la determinación de la torsión subjetiva juegan un papel diferente en la evaluación de pacientes con patrones patológicos complejos de motilidad. Determinar la torsión de manera objetiva puede ayudar a diferenciar si los músculos afectados son los oblicuos o si, en cambio, se trata de los rectos verticales; por ejemplo, en los patrones en V y en Y asociados al síndrome de Duane, no existe afectación de los oblicuos inferiores, como cabría pensar por el patrón alfabético, puesto que no existe exciclotorsión.

Morton et al.<sup>80</sup>, en su estudio sobre pacientes con patrones alfabéticos, no encontraron la torsión esperada; Guyton lo explicó por la gran variabilidad fisiológica de la torsión pero Kushner opina que eso no es lo único que influye, y lo explica ampliamente en su estudio acerca del efecto de la torsión ocular sobre patrones en A y en V. El autor está de acuerdo con Eustis y Nussdorf<sup>97</sup>, que afirman que la exciclotorsión del fondo de ojo en pacientes con endotropía es altamente predictiva del desarrollo de hiperacción de oblicuos. Sin embargo, en estos pacientes, la exciclotorsión del globo ocular aparece años antes que la hiperacción de oblicuos, lo que no puede explicarse según la teoría que defiende que la torsión del globo ocular es la que ocasiona los patrones alfabéticos.

También constata que, en los patrones alfabéticos, la trayectoria del ojo es curvilínea. Si la causa de dichos patrones fuera la torsión ocular, por la dirección de los vectores musculares se esperaría una trayectoria rectilínea.

El hecho de que la transposición quirúrgica de los rectos horizontales para el tratamiento de los patrones alfabéticos mejore la patología a pesar de empeorar la torsión, es otro ejemplo claro de que la torsión no puede ser la causa principal del patrón alfabético. Kushner encuentra, además, que, dependiendo de cuál sea el ojo fijador, la torsión puede variar en ambos ojos, independientemente de cuál sea el ojo patológico y de cuál sea el ojo sano; la torsión ocular como dato aislado es equívoca a la hora de definir qué ojo es el patológico. Este fenómeno podría ser explicado por la adaptación de la longitud muscular, teoría desarrollada por Guyton.

Kushner y Guyton, también sostienen que determinar la torsión subjetiva en ciertos pacientes sin fusión binocular, como ocurre en ciertos estrabismos infantiles, patrones alfabéticos y desviación vertical disociada, no tiene sentido porque no son capaces de percibirla. Sin embargo, el que un paciente presente o no torsión subjetiva, va a influir a la hora de realizar el tratamiento; se corregirá la torsión si el paciente la nota, pero si no la percibe, no tiene por qué corregirse quirúrgicamente.

Otros autores, como Arici et al.<sup>98</sup>, estudian el efecto de la cirugía del pliegue del oblicuo superior y la debilitación del oblicuo inferior (que puede llevarse a cabo tanto con la transposición de oblicuo inferior, como con la recesión de oblicuo inferior o con la miectomía de oblicuo inferior) en pacientes con parálisis del oblicuo superior. Concluyen que la cirugía del pliegue corrige la torsión en mayor grado que la debilitación del oblicuo inferior, pero que los resultados podrían deberse al sesgo de escoger para la realización de la cirugía del pliegue, a los pacientes con mayor exciclotorsión inicial.

Existe muy poca literatura acerca de la torsión del fondo de ojo en pacientes con parálisis del III nervio craneal; algunos autores como Dieterich et al.<sup>99</sup> describen la inciclotorsión como parte de los signos hallados en el cuadro clínico, pero no la relacionan directamente con el tratamiento quirúrgico a realizar. Galán<sup>100</sup> menciona en su conferencia de honor de la Sociedad Española de Estrabología su estudio prospectivo acerca de la evolución de la torsión ocular en 24 pacientes con parálisis del III nervio craneal con origen microvascular, encontrando que el ojo parético presenta una inciclotorsión cuyo grado se relaciona directamente con déficit de las versiones y que se va recuperando a medida que lo hacen las versiones. El ojo sano, en cambio, presenta una exciclotorsión que va reduciéndose a medida que se recupera la parálisis. Existen excepciones en que los ojos paréticos, en lugar de presentar la inciclotorsión esperada, están en exciclotorsión. La variabilidad y la complejidad de las parálisis del III nervio craneal, en las que se afectan muchos y diversos músculos (recto medio, recto superior, recto inferior, oblicuo inferior y elevador del párpado) y no siempre sufren todos el mismo grado de paresia, hace que el estudio de estos pacientes sea especialmente difícil.

Acerca de la “skew deviation” (o desviación oblicua), cabe decir que la torsión sí juega un papel muy importante en su diagnóstico, ya que en ocasiones es muy difícil

diferenciar clínicamente este cuadro de una parálisis de oblicuo superior, y la torsión ayuda en el diagnóstico diferencial. Parulekar et al.<sup>101</sup> han comprobado que la torsión subjetiva medida con varillas de Maddox en pacientes con skew deviation cuando el paciente pasa de posición vertical a supina, tiende a la normalidad disminuyendo en un 83%, siendo esta variación mínima (2%) en pacientes con parálisis de oblicuo superior. Lo mismo ocurre con la hipertropía, que disminuye un 74% en pacientes con skew deviation y un 5% en pacientes con parálisis del oblicuo superior. Con esta prueba, se simplifica mucho el diagnóstico de la patología y, por tanto, la sospecha etiológica, la localización de la lesión y su tratamiento.

Todos estos trabajos demuestran el interés existente en medir la torsión como dato fundamental para explicar algunas alteraciones oculomotoras y sin embargo todavía no tenemos valores de normalidad, por lo que el valor de nuestro estudio es aportar dichos datos.

En cuanto a la evolución de la torsión en función de la edad, no se han demostrado cambios en el tiempo, lo que concuerda con autores como Léfèvre et al, Rohschneider et al. y Jethani et al. En nuestro estudio, ni el análisis estratificado por grupos de edad de la población de 1036 niños ni el grupo de 86 niños con seguimiento longitudinal máximo de 1 año pudieron demostrar que la torsión varíe en función de la edad.

Comparándolo con estudios anatómicos del ojo en la población infantil, como los de Trivedi et al.<sup>102</sup>, Hussain et al.<sup>103</sup> y el de Loudot et al.<sup>104</sup>, que analizan cómo varían diferentes parámetros biométricos como la longitud axial, la profundidad de cámara anterior y el grosor del cristalino en función de la edad, vemos que el crecimiento ocular más importante se da en los primeros 6 meses de vida. Así, Trivedi describe que, durante los primeros 6 meses de vida, la longitud axial incrementa 0,62 mm/mes (en 6 meses un crecimiento de 3,72 mm), mientras que de los 6 a los 18 meses, sólo aumenta 0,19 mm/mes (en 12 meses 2,28 mm). El ritmo es muy inferior desde los 18 meses a los 18 años, siendo 0,01 mm/mes (en 198 meses 1,98 mm).

El niño más pequeño de nuestra serie tenía 26 meses en el momento de la retinografía, con lo que si realmente hubiera un cambio en la torsión ligado al crecimiento del globo ocular, no lo hubiéramos detectado. A esta particularidad, se le suma el hecho de que

haya tanta dispersión y variabilidad en la torsión, con lo que identificar tendencias sutiles se hace aún más complicado (cosa que no ocurre con la longitud axial del globo ocular, en que las mediciones tienen una desviación típica muy pequeña). En nuestro estudio no se ha analizado la variación de la torsión en función de la edad en niños con patología oculomotora, con lo que sería atrevido aventurar un paralelismo con la condición fisiológica. No podemos afirmar, por tanto, que la torsión no varíe con la edad en niños con patología oculomotora; se necesitan más estudios al respecto.

Estos resultados demuestran que la torsión de la población normal es estable en el tiempo, a partir de los 2 años de edad. Ello permite sugerir que la primera visita de un niño a un oftalmólogo debería incluir la realización de retinografías de ambos ojos, con el objetivo de conocer los valores de normalidad de un individuo y, en un futuro, poder documentar cualquier variación patológica en la torsión, lo que ayudaría en la toma de decisiones tanto diagnósticas como quirúrgicas.

### 7.3. DISCUSIÓN ACERCA DE LA TORSIÓN OCULAR EN POSICIÓN PRIMARIA EN LA POBLACIÓN CON SÍNDROME DE DOWN

La raza podría ser un condicionante de la torsión ocular, ya que la anatomía de los párpados y de la órbita, y con ella, posiblemente la posición del globo ocular, difieren<sup>105</sup>. Incluso la longitud axial del ojo varía en función de la raza, siendo mayor en los afroamericanos que en los caucásicos, como se ha demostrado en diferentes estudios<sup>102</sup>. Según Packiriswamy et al., las dimensiones de la fisura palpebral (tanto anchura como altura e inclinación) varían entre los diferentes grupos étnicos. En caucásicos la inclinación de la fisura palpebral es de 4,60°, según Hanada et al.<sup>106</sup>, valor que contrasta con la de los japoneses (9.39°) y los malasios (mujeres 7.05° y hombres 4.71°)<sup>105</sup>, que presentan inclinaciones palpebrales denominadas “mongoloides”. Los hindús presentan, en función del estudio, desde 1,2° mujeres y 2,7° en hombres (Kunjur et al. <sup>107</sup>) hasta una media de 9,64° (Hanada et al.<sup>106</sup>), según quien haga el estudio y los grupos étnicos que participan. De estos datos, se deduce que la inclinación mongoloide de la fisura palpebral es superior a la que presentan caucásicos.

En varios estudios realizados con pacientes con síndrome de Down, se ha observado que la estructura craneofacial que más anomalías presenta es la órbita, y con ella, los párpados. Existe un aumento de la inclinación de la fisura palpebral (definiéndose esta como una distancia igual o mayor a 2 mm entre canto palpebral temporal y la horizontal que corta el canto palpebral nasal) en diferentes grupos de pacientes con síndrome de Down (63% en 123 coreanos<sup>54</sup>, 100% en 140 chinos<sup>56</sup>, 82% en brasileños<sup>53</sup>, 65% en caucásicos<sup>57</sup>).

No existe ningún estudio acerca de la torsión ocular en estos pacientes con la que podamos contrastar nuestros resultados; en nuestro trabajo encontramos una diferencia estadísticamente significativa en todos los aspectos estudiados; los pacientes con síndrome de Down presentan más inciclotorsión tanto en ojo derecho ( $3,18 \pm 6,59^\circ$ ) como en ojo izquierdo ( $5,32 \pm 5,71^\circ$ ) que la población infantil sana ( $5,47 \pm 3,64^\circ$  en ojo derecho y de  $7,65 \pm 3,49^\circ$  en ojo izquierdo, respectivamente). Se sigue manteniendo la constante de que el ojo izquierdo presenta más exciclotorsión que el ojo derecho. La desviación típica es muy alta en este grupo, a lo que podría contribuir la condición de

estos pacientes, ya que presentan, en su conjunto, mayor porcentaje de anomalías y patología que la población normal<sup>53</sup>.

La suma de torsión entre ambos ojos es esperablemente menor que en la población infantil sana, ya que tanto ojo derecho como izquierdo presentan mayor inciclotorsión y oscila alrededor de  $8,5 \pm 10,63^\circ$ .

Algunos autores como Kothari<sup>20</sup> ya se habían planteado si los resultados obtenidos en diferentes lugares geográficos del mundo, y por tanto, en razas diferentes, podrían tener una influencia en los valores de la torsión ocular y contribuir en la explicación de ciertos fenómenos observados en la práctica clínica, como que la prevalencia del patrón alfabético en A sea más frecuente entre los estrabismos de los pacientes con síndrome de Down que entre los estrabismos de los pacientes sin el síndrome, que en cambio tienen mayor tendencia a presentar patrón en V (datos no publicados, Dra. Galán).

Hasta ahora, los estudios de referencia no realizan subgrupos en función de la raza. Al existir rasgos comunes en la conformación orbitaria y en la posición del globo ocular de pacientes con rasgos mongoloides (síndrome de Down) y en diferentes grupos étnicos mongoloides, el estudio de esta serie de pacientes nos permitiría teóricamente extrapolar algunas de nuestras conclusiones a dichos grupos étnicos para generar nuevas hipótesis, lo que sería el paso previo a la elaboración de protocolos para estudios que podrían aportar luz en el diagnóstico y en el tratamiento de los diferentes cuadros de estrabismo según el grupo étnico y según la condición patológica de base.

# CONCLUSIONES



## 8. CONCLUSIONES

1. Existe una torsión ocular compensatoria parcial únicamente en el plano frontal, cuya magnitud varía en función de la inclinación cefálica y no es directamente proporcional a la misma. La suma de la torsión de ambos ojos se mantiene relativamente constante, mientras que la diferencia absoluta de torsión es el parámetro que más varía cuando existe inclinación cefálica en el plano frontal.
2. La torsión ocular en posición primaria en la población infantil sana es de  $5,47 \pm 3,64^\circ$  en el ojo derecho y de  $7,65 \pm 3,49^\circ$  en el ojo izquierdo, presentando más exciclotorsión el ojo izquierdo que el derecho. La torsión ocular no varía en el tiempo a partir de los 2 años de edad.
3. Los pacientes con síndrome de Down presentan mayor inciclotorsión en ambos ojos que la población infantil sana ( $3,18 \pm 6,59^\circ$  en el ojo derecho y  $5,32 \pm 5,71^\circ$  en el ojo izquierdo), siendo la exciclotorsión del ojo izquierdo mayor que la del ojo derecho.



# BIBLIOGRAFÍA



## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Galán Terraza A, Visa Nasarre, J. *Diplopía: Manual práctico con vídeos demostrativos*. Vol 1. Barcelona: Glosa; 2005.
2. Hunter J. First description of ocular counterrolling in 1786. The use of the oblique muscles. *Strabismus*. Dec 2002;10(4):279-281.
3. Mulder M. Über parallele Rollbewegungen der Augen. *Alb v Graefes Arch f Ophth*. 1875;21:68-124.
4. Javal E. Des anomalies de l'accommodation et de la refraction. *Traite Theorique et Practique des Maladies des Yeux*. 1866;2:815.
5. Adler FH. Physiologic factors in differential diagnosis of paralysis of superior rectus and superior oblique muscles. *Arch Ophthal*. Dec 1946;36(6):661-673.
6. Barany R. Über die vom Ohrlabyrinth ausgelöste Gegenrollung der Augen bei Normalhörenden, Ohrenkranken und Taubstummen. *Arch f Ohrenheilk*. 1906;68:1-30.
7. Fisher M. Messende Untersuchungen über die Gegenrollung der Augen und die Lokalisation der Scheinbaren Verticalen bei seitlicher Neigung (des Kopfes, des Stammes und des Gesamtkörpers). *Alb v Graefes Arch f Ophth*. 1927;118:633-680.
8. Levine MH. Evaluation of the Bielschowsky head-tilt test. *Arch Ophthalmol*. Oct 1969;82(4):433-439.
9. Jampel RS. Ocular torsion and primary retinal meridians. *Am J Ophthalmol*. Jan 1981;91(1):14-24.
10. Colenbrander A. Eye and Otoliths. *Aeromed Acta*. 1963;9:45-91.
11. Nelson JR, Cope D. The otoliths and the ocular counter torsion reflex. *Arch Otolaryngol*. Jul 1971;94(1):40-50.
12. Kushner BJ. Ocular torsion: rotations around the "WHY" axis. *J AAPOS*. Feb 2004;8(1):1-12.
13. Pansell T, Schworm HD, Ygge J. Torsional and vertical eye movements during head tilt dynamic characteristics. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Jul 2003;44(7):2986-2990.
14. Pansell T, Tribukait A, Bolzani R, Schworm HD, Ygge J. Drift in ocular torsion during sustained head tilt. *Strabismus*. Sep 2005;13(3):115-121.
15. Pansell T, Ygge J, Schworm HD. Conjugacy of torsional eye movements in response to a head tilt paradigm. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Jun 2003;44(6):2557-2564.
16. Schworm HD, Ygge J, Pansell T, Lennerstrand G. Assessment of ocular counterroll during head tilt using binocular video oculography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Mar 2002;43(3):662-667.
17. Tweed D, Haslwanter T, Fetter M. Optimizing gaze control in three dimensions. *Science*. Aug 28 1998;281(5381):1363-1366.
18. Bixenman WW, von Noorden GK. Apparent foveal displacement in normal subjects and in cyclotropia. *Ophthalmology*. Jan 1982;89(1):58-62.
19. Dadi M. Mesure de la torsion monoculaire: comparaison méthode objective et méthode subjective. *J Fr Ophtalmol*. 1992;24:113-119.
20. Kothari MT, Venkatesan G, Shah JP, Kothari K, Nirmalan PK. Can ocular torsion be measured using the slitlamp biomicroscope? *Indian J Ophthalmol*. Mar 2005;53(1):43-47.
21. Williams TD, Wilkinson JM. Position of the fovea centralis with respect to the optic nerve head. *Optom Vis Sci*. May 1992;69(5):369-377.
22. de Ancos E, Klainguti G. [An objective measure of ocular torsion: a new indirect ophthalmoscopy lens]. *Klin Monbl Augenheilkd*. May 1994;204(5):360-362.
23. Lefèvre F. Étude des rapports papille-fovéa par rétinophotographie chez le patient sain. *J Fr. Ophthalmol*. 2007;30(6):598-606 ] .

24. Grossman GE, Leigh RJ, Abel LA, Lanska DJ, Thurston SE. Frequency and velocity of rotational head perturbations during locomotion. *Experimental brain research*. 1988;70(3):470-476.
25. Simonsz HJ, Harting F, de Waal BJ, Verbeeten BW. Sideways displacement and curved path of recti eye muscles. *Arch Ophthalmol*. Jan 1985;103(1):124-128.
26. Clark RA, Demer JL. Effect of aging on human rectus extraocular muscle paths demonstrated by magnetic resonance imaging. *Am J Ophthalmol*. Dec 2002;134(6):872-878.
27. Demer JL. Mechanics of the orbita. *Developments in ophthalmology*. 2007;40:132-157.
28. van den Bedem SP, Schutte S, van der Helm FC, Simonsz HJ. Mechanical properties and functional importance of pulley bands or 'faisceaux tendineux'. *Vision research*. Sep 2005;45(20):2710-2714.
29. Porter JD, Baker RS, Ragusa RJ, Brueckner JK. Extraocular muscles: basic and clinical aspects of structure and function. *Survey of ophthalmology*. May-Jun 1995;39(6):451-484.
30. Oh SY, Poukens V, Demer JL. Quantitative analysis of rectus extraocular muscle layers in monkey and humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Jan 2001;42(1):10-16.
31. Kono R, Poukens V, Demer JL. Superior oblique muscle layers in monkeys and humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Aug 2005;46(8):2790-2799.
32. Demer JL, Oh SY, Poukens V. Evidence for active control of rectus extraocular muscle pulleys. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. May 2000;41(6):1280-1290.
33. Ruskell GL, Kjellevoid Haugen IB, Bruenech JR, van der Werf F. Double insertions of extraocular rectus muscles in humans and the pulley theory. *Journal of anatomy*. Mar 2005;206(3):295-306.
34. Buttner-Ennever JA. Anatomy of the oculomotor system. *Developments in ophthalmology*. 2007;40:1-14.
35. Auditory and Vestibular Systems (Part 2). 2014; <http://what-when-how.com/neuroscience/auditory-and-vestibular-systems-sensory-system-part-2/>.
36. Goldberg JM. Transmission between the type I hair cell and its calyx ending. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Jun 19 1996;781:474-488.
37. Ezure K, Graf W. A quantitative analysis of the spatial organization of the vestibulo-ocular reflexes in lateral- and frontal-eyed animals--II. Neuronal networks underlying vestibulo-oculomotor coordination. *Neuroscience*. May 1984;12(1):95-109.
38. McCrea RA, Strassman A, Highstein SM. Anatomical and physiological characteristics of vestibular neurons mediating the vertical vestibulo-ocular reflexes of the squirrel monkey. *The Journal of comparative neurology*. Oct 22 1987;264(4):571-594.
39. Curthoys IS, Betts GA, Burgess AM, MacDougall HG, Cartwright AD, Halmagyi GM. The planes of the utricular and saccular maculae of the guinea pig. *Annals of the New York Academy of Sciences*. May 28 1999;871:27-34.
40. Angelaki DE, Hess BJ. Organizational principles of otolith- and semicircular canal-ocular reflexes in rhesus monkeys. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Jun 19 1996;781:332-347.
41. Paige GD, Tomko DL. Eye movement responses to linear head motion in the squirrel monkey. I. Basic characteristics. *Journal of neurophysiology*. May 1991;65(5):1170-1182.
42. Paige GD, Tomko DL. Eye movement responses to linear head motion in the squirrel monkey. II. Visual-vestibular interactions and kinematic considerations. *Journal of neurophysiology*. May 1991;65(5):1183-1196.
43. Ezure K, Graf W. A quantitative analysis of the spatial organization of the vestibulo-ocular reflexes in lateral- and frontal-eyed animals--I. Orientation of semicircular canals and extraocular muscles. *Neuroscience*. May 1984;12(1):85-93.

44. McCrea RA, Chen-Huang C, Belton T, Gdowski GT. Behavior contingent processing of vestibular sensory signals in the vestibular nuclei. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Jun 19 1996;781:292-303.
45. Suzuki Y, Kase M, Kato H, Fukushima K. Stability of ocular counterrolling and Listing's plane during static roll-tilts. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Sep 1997;38(10):2103-2111.
46. Graf W, Ezure K. Morphology of vertical canal related second order vestibular neurons in the cat. *Experimental brain research*. 1986;63(1):35-48.
47. Precht W. Vestibular mechanisms. *Annual review of neuroscience*. 1979;2:265-289.
48. Jethani J, Seethapathy G, Purohit J, Shah D. Measuring normal ocular torsion and its variation by fundus photography in children between 5-15 years of age. *Indian J Ophthalmol*. Sep-Oct 2010;58(5):417-419.
49. Sforza C, Elamin F, Dellavia C, et al. Morphometry of the orbital region soft tissues in Down syndrome. *The Journal of craniofacial surgery*. Jan 2012;23(1):198-202.
50. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR, Litsas L. Surface anatomy of the face in Down's syndrome: linear and angular measurements in the craniofacial regions. *The Journal of craniofacial surgery*. Jul 2001;12(4):373-379; discussion 380.
51. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR. Surface anatomy of the face in Down's syndrome: age-related changes of anthropometric proportion indices in the craniofacial regions. *The Journal of craniofacial surgery*. May 2002;13(3):368-374.
52. Bagic I, Verzak Z. Craniofacial anthropometric analysis in Down's syndrome patients. *Collegium antropologicum*. 2003;27 Suppl 2:23-30.
53. Pires Da Cunha R, Belmiro De Castro Moreira, J. Ocular Findings in Down's Syndrome. *American Journal of Ophthalmology*. 1996;122:236-244.
54. Kim JH, Hwang JM, Kim HJ, Yu YS. Characteristic ocular findings in Asian children with Down syndrome. *Eye*. Nov 2002;16(6):710-714.
55. Han DH, Kim KH, Paik HJ. Refractive errors and strabismus in Down's syndrome in Korea. *Korean journal of ophthalmology : KJO*. Dec 2012;26(6):451-454.
56. Wong V, Ho D. Ocular abnormalities in Down syndrome: an analysis of 140 Chinese children. *Pediatric neurology*. May 1997;16(4):311-314.
57. Caputo AR, Wagner RS, Reynolds DR, Guo SQ, Goel AK. Down syndrome. Clinical review of ocular features. *Clinical pediatrics*. Aug 1989;28(8):355-358.
58. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR. Surface anatomy of the face in Down's syndrome: anthropometric proportion indices in the craniofacial regions. *The Journal of craniofacial surgery*. Nov 2001;12(6):519-524; discussion 525-516.
59. Kushner BJ, Hariharan L. Observations about objective and subjective ocular torsion. *Ophthalmology*. Oct 2009;116(10):2001-2010.
60. Delage Y. Sur les mouvements de torsion de l'oeil pendant la rotation de la tête. *Ann d'Oculist*. 1903;130:180-186.
61. Fesharaki H, Azizzadeh A, Ghoreishi SM, Fasihi M, Badiei S, Rezaei L. The effects of lateral head tilt on ocular astigmatic axis. *Advanced biomedical research*. 2014;3:10.
62. Felius J, Locke KG, Hussein MA, Stager DR, Jr., Stager DR, Sr. Photographic assessment of changes in torsional strabismus. *J AAPOS*. Dec 2009;13(6):593-595.
63. Y Watanabe RM, H Otshuki. Studies on the Bielschowsky head tilt test. *Proc Third Meeting Int Strab Assoc, Kyoto*. 1978(387-398).
64. Kushner BJ, Kraft S. Ocular torsional movements in normal humans. *Am J Ophthalmol*. Jun 1983;95(6):752-762.
65. Parsa CF, Kumar AB. Cyclodeviation of the retinal vascular arcades: an accessory sign of ocular torsion. *Br J Ophthalmol*. May 12 2012.
66. Bergamin O, Bizzarri S, Straumann D. Ocular torsion during voluntary blinks in humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Nov 2002;43(11):3438-3443.

67. Versino M, Newman-Toker DE. Blind spot heterotopia by automated static perimetry to assess static ocular torsion: centro-cecal axis rotation in normals. *J Neurol.* Feb 2010;257(2):291-293.
68. Palla A, Bockisch CJ, Bergamin O, Straumann D. Dissociated hysteresis of static ocular counterroll in humans. *Journal of neurophysiology.* Apr 2006;95(4):2222-2232.
69. Markham CH, Diamond SG. Ocular counterrolling in response to static and dynamic tilting: implications for human otolith function. *Journal of vestibular research : equilibrium & orientation.* 2002;12(2-3):127-134.
70. Kushner BJ. The usefulness of the cervical range of motion device in the ocular motility examination. *Arch Ophthalmol.* Jul 2000;118(7):946-950.
71. Garrett TR, Youdas JW, Madson TJ. Reliability of measuring forward head posture in a clinical setting. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy.* Mar 1993;17(3):155-160.
72. Youdas JW, Garrett TR, Suman VJ, Bogard CL, Hallman HO, Carey JR. Normal range of motion of the cervical spine: an initial goniometric study. *Physical therapy.* Nov 1992;72(11):770-780.
73. Martin X. [A simple and precise measurement of ocular torsion]. *Klin Monbl Augenheilkd.* Jun 1985;186(6):515-519.
74. Brandt T, Dieterich M. Cyclorotation of the eyes and subjective visual vertical in vestibular brain stem lesions. *Annals of the New York Academy of Sciences.* May 22 1992;656:537-549.
75. Woillez JP, Honore J, Defoort S, Hache JC. [Comparison of 2 techniques for evaluating static monocular cyclotorsion with central visual field and scanning laser ophthalmoscope]. *J Fr Ophtalmol.* Jun 2007;30(6):593-597.
76. Ruttum M, von Noorden GK. Adaptation to tilting of the visual environment in cyclotropia. *Am J Ophthalmol.* Aug 1983;96(2):229-237.
77. Rohrschneider K. Determination of the location of the fovea on the fundus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* Sep 2004;45(9):3257-3258.
78. Kothari M, Hussain A, Kar D, Toshniwal S. Primary superior oblique muscle-levator muscle synkinesis. *J AAPOS.* Apr 2007;11(2):204-205.
79. Kushner BJ. Effect of ocular torsion on A and V patterns and apparent oblique muscle overaction. *Arch Ophthalmol.* Jun 2010;128(6):712-718.
80. Morton GV, Lucchese N, Kushner BJ. The role of funduscopy and fundus photography in strabismus diagnosis. *Ophthalmology.* Oct 1983;90(10):1186-1191.
81. Frisen L. Ocular torsions and the subjective visual vertical with central vestibulo-ocular system lesions: independence disproved. *Acta neurologica Scandinavica.* Sep 2012;126(3):205-209.
82. Dieterich M, Brandt T. Cyclorotation of the eyes and the subjective visual vertical. *Bailliere's clinical neurology.* Aug 1992;1(2):301-316.
83. Jampel RS, Shi DX. The absence of so-called compensatory ocular countertorsion: the response of the eyes to head tilt. *Arch Ophthalmol.* Oct 2002;120(10):1331-1340.
84. Misslisch H, Tweed D, Hess BJ. Stereopsis outweighs gravity in the control of the eyes. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience.* Feb 1 2001;21(3):RC126.
85. Clarke AH. Perspectives for the comprehensive examination of semicircular canal and otolith function. *Uchu Seibutsu Kagaku.* Dec 2001;15(4):393-400.
86. Angelaki DE, Hess BJ, Suzuki J. Differential processing of semicircular canal signals in the vestibulo-ocular reflex. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience.* Nov 1995;15(11):7201-7216.
87. Pavlou M, Wijnberg N, Faldon ME, Bronstein AM. Effect of semicircular canal stimulation on the perception of the visual vertical. *Journal of neurophysiology.* Aug 2003;90(2):622-630.

88. Smith ST, Curthoys IS, Moore ST. The human ocular torsion position response during yaw angular acceleration. *Vision research*. Jul 1995;35(14):2045-2055.
89. Diamond SG, Markham CH. Ocular counterrolling as an indicator of vestibular otolith function. *Neurology*. Nov 1983;33(11):1460-1469.
90. Collewijn H, Van der Steen J, Ferman L, Jansen TC. Human ocular counterroll: assessment of static and dynamic properties from electromagnetic scleral coil recordings. *Experimental brain research*. 1985;59(1):185-196.
91. Averbuch-Heller L, Rottach KG, Zivotofsky AZ, et al. Torsional eye movements in patients with skew deviation and spasmodic torticollis: responses to static and dynamic head roll. *Neurology*. Feb 1997;48(2):506-514.
92. Kingma H, Stegeman P, Vogels R. Ocular torsion induced by static and dynamic visual stimulation and static whole body roll. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies*. 1997;254 Suppl 1:S61-63.
93. Diamond SG, Markham CH, Simpson NE, Curthoys IS. Binocular counterrolling in humans during dynamic rotation. *Acta oto-laryngologica*. May-Jun 1979;87(5-6):490-498.
94. Bockisch CJ, Haslwanter T. Three-dimensional eye position during static roll and pitch in humans. *Vision research*. Jul 2001;41(16):2127-2137.
95. Guyton DL. Ocular torsion reveals the mechanisms of cyclovertical strabismus: the Weisenfeld lecture. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Mar 2008;49(3):847-857, 846.
96. Kushner BJ. Ocular torsional movements in humans with normal and abnormal ocular motility: Part II--Subjective observations. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. Jan-Feb 1986;23(1):4-11.
97. Eustis HS, Nussdorf JD. Inferior oblique overaction in infantile esotropia: fundus extorsion as a predictive sign. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. Mar-Apr 1996;33(2):85-88.
98. Arici C, Oguz V. The effect of surgical treatment of superior oblique muscle palsy on ocular torsion. *J AAPOS*. Feb 2012;16(1):21-25.
99. Dieterich M, Brandt T. Ocular torsion and perceived vertical in oculomotor, trochlear and abducens nerve palsies. *Brain : a journal of neurology*. Oct 1993;116 ( Pt 5):1095-1104.
100. Galán Terraza A. Torsión Ocular. Causa y Efecto del Estrabismo. XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Estrabología; 15-03-2013, 2013; Palma de Mallorca.
101. Parulekar MV, Dai S, Buncic JR, Wong AM. Head position-dependent changes in ocular torsion and vertical misalignment in skew deviation. *Arch Ophthalmol*. Jul 2008;126(7):899-905.
102. Trivedi RH, Wilson ME. Biometry data from caucasian and african-american cataractous pediatric eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. Oct 2007;48(10):4671-4678.
103. Hussain RN, Shahid F, Woodruff G. Axial length in apparently normal pediatric eyes. *European journal of ophthalmology*. Jan-Feb 2014;24(1):120-123.
104. Loudot C, Zanin E, Fogliarini C, Boulze M, Souchon L, Denis D. [Ocular biometry in children with hypermetropia: utility of the Lenstar LS 900 optical biometer (Haag-Streit((R)))]. *J Fr Ophtalmol*. Jun 2011;34(6):369-375.
105. Packiriswamy V, Kumar P, Rao KG. Photogrammetric analysis of palpebral fissure dimensions and its position in malaysian South Indian ethnic adults by gender. *North American journal of medical sciences*. Oct 2012;4(10):458-462.
106. Hanada AL, de Souza EN, Jr., Moribe I, Cruz AA. Comparison of palpebral fissure obliquity in three different racial groups. *Ophthalmic plastic and reconstructive surgery*. Nov 2001;17(6):423-426.
107. Kunjur J, Sabesan T, Ilankovan V. Anthropometric analysis of eyebrows and eyelids: an inter-racial study. *The British journal of oral & maxillofacial surgery*. Apr 2006;44(2):89-93.