Comparativa test Agudeza Visual Dinámica. Análisis de ventajas e inconvenientes en tres métodos diferentes de medirla.

María del Carmen Recuero Recuero
Irene Enrile Pavón
Cándido Miguel Lahoz Recuero

Acréditi Editorial

Acréditi Formación s.l.
C/Diego Velázquez, nº 3
C.P. 26007 La Rioja
e-mail: editorial@acreditiformacion.com
www.acreditiformacion.com
www.publicacionescientificas.es

Reservados todos los derechos

Esta publicación no puede ser reproducida o trasmitida, total o parcialmente,
por cualquier medio, electrónico o mecánico,
ni por fotocopia, grabación u otro sistema de reproducción de información
sin el permiso por escrito de la Editorial.

El contenido de este libro
es responsabilidad exclusiva de los autores.
La editorial declina toda responsabilidad sobre el mismo.

ISBN: 979-13-87553-39-5

0. REPERCUSIONES

Los conocimientos previos a la realización de este proyecto fueron adquiridos durante la realización del grado en Optica y Optometría de la Facultad de Farmacia de Universidad de Sevilla donde podemos destacar que el sistema visual no es algo estático, sino que se adapta constantemente a las situaciones que vivimos a cada instante. No poseer un buen sistema visual binocular puede tener múltiples consecuencias negativas en el paciente, desde un simple dolor de cabeza hasta una mala orientación en el espacio. He aquí la razón por la cual cada vez se realizan estudios optométricos más completos, para poder comprender como responde éste ante las múltiples situaciones que se presentan a diario y, de ser necesario, poner los medios para mejorar la eficacia del sistema visual binocular.

Tras la realización de este proyecto hemos adquirido los siguientes conocimientos puesto que consideramos que no es suficiente con valorar la agudeza visual estática(AVE) sino que además, debe evaluarse la agudeza visual dinámica (AVD). La AVD es la capacidad de detectar y reconocer el detalle de las imágenes en el entorno cuando hay movimiento relativo entre

el observador y el objeto observado, para que esta sea de calidad debe haber buen enfoque y fijación central en retina, integridad de la vía visual encargada del movimiento, correcta oculomotricidad y buena percepción periférica. Hay una relación directa entre una mala AVE y una AVD, ya que las causas por las que la AVE se ve reducida afectan directamente a la AVD. Sin embargo, una buena AVE no siempre suele conllevar una buena AVD en un sujeto, esto es debido a que la AVD implica mayores requerimientos de habilidades visuales que la primera.

Por consiguiente, consideramos que una mala AVD en general da lugar a inseguridad en las respuestas motoras ocularmente dirigidas debido a ver borroso o menos nítido los objetos que se mueven, peor cálculo de velocidad, profundidad y anticipación.

La AVD está presente en todo momento en nuestra vida cotidiana, especialmente cuando el paciente requiere grandes habilidades visuales en tareas que implican movimiento como puede ser la conducción o el deporte. De aquí la importancia de intentar hallar el método más fiable, que más se correlacione con la realidad e intentar conseguir estandarizar la toma de AVD. Con

la estandarización se conseguiría utilizar siempre el mismo método en las mismas condiciones en todos los estudios de tal manera que los resultados puedan ser comparados entre ellos, cuestión que hasta el momento no queda resuelta.

INDICE

0. Repercusiones....3
I. Introducción....12
II. Hipótesis y objetivos....17
III. Temática de aproximación....18
Anatomía y fisiología ocular....18
La órbita....20
Párpados....22
Fisiología lagrimal....23
Conjuntiva....25
Capa fibrosa. Esclera y Córnea....26
Córnea....29
Capa Vascular o Úvea....31
Retina....33
Músculos extraoculares....34
Sistema vestibular --- equilibrio....48
Fisiología del sistema vestibular periférico....51
Fisiología del sistema vestibular central....64
Reflejos vestibulares....71
SÍNTOMAS DE UN DESORDEN VESTIBULAR....79
SÍNTOMAS RELACIONADOS CON LA VISIÓN....82
Vía visual....85
La retina....86
Nervio óptico....93
Quiasma óptico....93

Cintillas ópticas 94
Cuerpo Geniculado Lateral (CGL) 94
Radiaciones ópticas 96
Corteza visual 98
Habilidades visuales 110
Acomodación 110
Motilidad ocular 115
Estereopsis 126
Agudeza visual estática 132
Agudeza visual dinámica 136
3.4.6 La visión periférica 139
IV. Material y método 142
Material 142
Muestra 142
Material de gestión 143
Instrumental para la evaluación 145
Metodología 152
Agudeza visual estática 156
Seguimientos 156
Sacádicos 159
Estereopsis 160
Agudeza visual dinámica 162
V. Análisis estadístico 166
Análisis descriptivo de datos 168
Correlaciones 169
a) Correlación entre la edad y diferentes variables cuantitativas 170

b) Correlación entre la edad y diferentes variables cualitativas 171

Asociación entre variables cualitativas 173

a) ¿Están asociadas las variables patología ocular con los síntomas visuales y vestibulares? 174

b) ¿Están asociadas las variables consumo de sustancias con los síntomas visuales y vestibulares? 177

c) ¿Están asociadas las variables tipo de compensación con los síntomas visuales y vestibulares? 179

d) ¿Están asociadas las variables entre los síntomas visuales y los síntomas vestibulares? 180

e) ¿Está asociada la variable estereopsis con los síntomas visuales y visuales? 185

f) ¿Están asociadas las variables de actividad deportiva con los síntomas visuales y vestibulares? 187

g) ¿Están asociadas la variable molestias al realizar los test de AVD con otras variables cualitativas de interés? 190

Comparación de medias 193

a) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD a través del test vestibular 194

b) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD a través del test rotador 199

c) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD a través del test COI VISION 203

d) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD de los diferentes test a la velocidad más baja que se midieron 207

e) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD de los diferentes test a la velocidad media a la que se midieron 212

f) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD de los diferentes test a la velocidad más alta a la que se midieron 216

g) Comparación de la media de AVE y las medias de la AVD del test vestibular a las diferentes velocidades 220

h) Comparación de la media de AVE y las medias de la AVD del test rotador a las diferentes velocidades 224

i) Comparación de la media de AVE y las medias de la AVD del test COI Visión a las diferentes velocidades..... 228

j) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según el paciente practique o no algún deporte 231

k) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según los síntomas vestibulares..... 237

l) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la calidad de los sacádicos. 242

m) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la calidad de los seguimientos. 247

o) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según el sexo. 257

p) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la graduación óptica..... 262

q) Comparación de la AVD obtenida con el test COI Visión para cada velocidad según la trayectoria del estímulo sea hacia la derecha o hacia la izquierda con respecto a AVE..... 267

VI. Resultados y discusión 272

VII. Conclusiones 294
VIII. Bibliografía 299

I. Introducción

La visión es un sentido sensorial fundamental para que el ser humano se relacione con su entorno. El ser humano es muy visual, numerosas experiencias han mostrado como ante una falta de correlación entre la información visual y de otro sentido (como la audición o el tacto) el paciente reconoce como verídica la visual y a nivel cortical se hace una adaptación para que haya una correlación racional entre los sentidos. Un ejemplo de esto es adaptación postural del cuerpo al interponer ante los ojos de un sujeto prismas gemelos (prismas cuya base se encuentra siempre en la misma orientación en los dos ojos: derecha, izquierda, arriba o abajo).

Por este motivo, cada vez se realizan estudios más profundos de cómo funciona nuestro sistema visual, especialmente, como viaja la información a nivel cortical y que interpretación se le da a esta.

Para entender cómo funciona nuestro sistema

sino que se adapta constantemente a las situaciones que vivimos a cada instante. No poseer un buen sistema visual binocular puede tener múltiples consecuencias negativas en el paciente, desde un simple dolor de cabeza hasta una mala orientación en el espacio. He aquí la razón por la cual cada vez se realizan estudios optométricos más completos, para poder comprender como responde éste

ante las múltiples situaciones que se presentan a diario y, de ser necesario, poner los medios para mejorar la eficacia del sistema visual binocular.

Una vez comprendida esta realidad no es extraño pensar que los test para evaluar la eficacia del sistema visual deben aproximarse lo máximo posible a la realidad del mundo en el que vivimos. A excepción de complicaciones patológicas, todos los seres humanos trabajamos de una manera más efectiva o menos con un sistema visual binocular, y nos relacionamos con un entorno dinámico en el cual nos movemos y relacionamos con el medio.

Por tanto, no es suficiente con valorar la agudeza visual estática(AVE) para entender cómo funciona el sistema visual de un individuo. Una de las habilidades que más se está valorando en los últimos estudios es la agudeza visual dinámica (AVD). La AVD es la capacidad de detectar y reconocer el detalle de las imágenes en el entorno cuando hay movimiento relativo entre el observador y el objeto observado, para que esta sea de calidad debe haber buen enfoque y fijación central en retina, integridad de la vía visual encargada del movimiento, correcta oculomotricidad y buena percepción periférica. Hay una relación directa entre una mala AVE y una AVD, ya que las causas por las que la AVE se ve reducida afectan directamente a la AVD. Sin embargo, una buena AVE no siempre suele conllevar una buena AVD en un sujeto, esto es debido a que la AVD implica mayores requerimientos de habilidades visuales que la primera.

A mayor tamaño, mayor luminosidad y contraste,

mejor será la AVE. La AVD además depende de la velocidad, de la existencia de un punto de referencia inmóvil y, del eje y dirección del movimiento. Cuanto mayor sea la velocidad habrá más requerimiento de AVD, un punto de referencia inmóvil ayuda al cálculo de la velocidad y con ello mejora la AVD, y respecto al eje del movimiento, se suelen encontrar mejores respuestas en movimientos horizontales ya que son los más comunes. Todo esto ayudará a generar mejores y más rápidas respuestas ante una determinada situación.

Una mala AVD en general da lugar a inseguridad en las respuestas motoras ocularmente dirigidas debido a ver borroso o menos nítido los objetos que se mueven, peor cálculo de velocidad, profundidad y anticipación.

En la actualidad existen diversos métodos para valorar la agudeza AVD, todos ellos son realizados de maneras muy dispares. La toma de esta medida es cada vez más relevante para poder valorar la eficacia del sistema visual, reuniendo en un solo

parámetro la discriminación entre dos puntos separados a una cierta distancia, la calidad de los movimientos oculares y la percepción de la visión periférica de un sujeto. La AVD está presente en todo momento en nuestra vida cotidiana, especialmente cuando el paciente requiere grandes habilidades visuales en tareas que implican movimiento como puede ser la conducción o el deporte. De aquí la importancia de intentar hallar el método más fiable, que más se correlacione con la realidad e intentar conseguir estandarizar la toma de AVD. Con la estandarización se conseguiría utilizar siempre el mismo método en las mismas condiciones en todos los estudios de tal manera que los resultados puedan ser comparados entre ellos, cuestión que hasta el momento no queda resuelta.

Por todo ello, se ha decidido realizar un proyecto de investigación en el que se analizará la AVD con los métodos más usados para su medición en la mayoría de estudios científicos y valorar cuál de ellos es más fiable para determinar dicho

parámetro y poder así estandarizar la toma de AVD.

II. Hipótesis y objetivos

El objetivo de este proyecto de investigación es determinar cuál de los test existentes para valorar la AVD es el más fiable; para ello compararemos los resultados obtenidos en tres test de AVD diferentes: Vestibular, rotador de Bernell y COI Vision. Con ello valorar cuales son las ventajas e inconvenientes de cada uno realizando cada parte del examen de forma estandarizada para poder hacer una comparativa de los resultados.

Hipótesis nula: Los resultados obtenidos de AVD no son exactamente iguales para un mismo paciente con la misma AVE dependiendo del test utilizado.

Hipótesis: Los resultados obtenidos entre

los diferentes test utilizados de AVD son comparables y similares entre sí.

III. Temática de aproximación

Anatomía y fisiología ocular

El conjunto del sistema óptico, los medios trasparentes y la retina (excepto los axones de las células ganglionares) recibe el nombre de ojo o globo ocular. El globo ocular se encuentra situado en la órbita y protegido por los párpados. En él se insertan los músculos extraoculares que se encargan de situar los ojos en las distintas posiciones de mirada.

Su longitud axial varía entre 22 y 27 mm.

Tiene una capa externa fibrosa (esclera y córnea), una capa media vascular (úvea) y una capa interna nerviosa (retina).

Dos lentes convergentes (córnea y cristalino) se encargan de focalizar la luz en la retina y delimitar 3 cámaras o espacios internos en

el globo ocular.

- Cámara anterior: entre la córnea y el iris.
- Cámara posterior: entre el iris y la cara anterior del cristalino.
- Cámara vítrea: entre la cara posterior del cristalino y la retina.

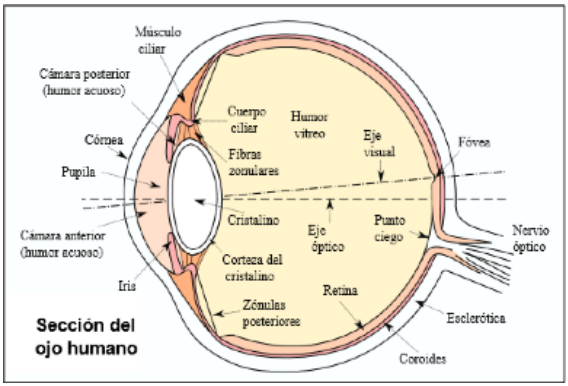


Figura 1: Fisiología del globo ocular. Fuente: Prof. Francisco Prieto. Centro de Optometría Internacional.

La cámara anterior y posterior están bañadas por el humor acuoso, que se produce en los procesos ciliares y se encarga de nutrir la córnea y el cristalino (estructuras avasculares).

La cámara vítrea está rellena por el humor vítreo, un líquido gelatinoso, trasparente y más

denso que el humor acuoso, que ayuda a mantener la estructura ocular y a la formación de la imagen en retina.

La órbita

Los ojos se encuentran inmersos en las órbitas, dos cavidades óseas faciales situadas a ambos lados de las fosas nasales con forma de pirámide de base anterior. Las paredes internas de las órbitas son prácticamente paralelas y las externas se dirigen hacia adelante y hacia afuera formando un ángulo de 90º cuyo vértice ficticio estaría por detrás de la silla turca. Los ejes orbitarios siguen una dirección hacia delante y fuera formando un ángulo de 45º.

Está formada por la unión de siete huesos, el hueso frontal, el hueso etmoides, el hueso esfenoides, el hueso maxilar, el hueso lagrimal, el hueso cigomático y el palatino. Su función es proteger el globo ocular.

En su interior se encuentra el globo ocular, los músculos extraoculares, los vasos y nervios relacionados con el órgano de la visión, tejido conjuntivo y tejido adiposo (Puerta Fonolla *et al*, 1986), (Prieto, 2018), (Zamora, 1992).

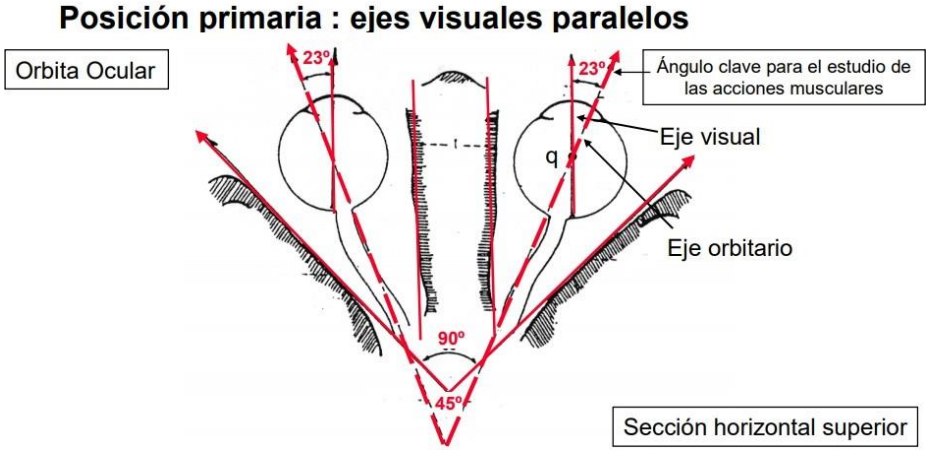


Figura 2: Posición del globo ocular en la órbita en vista superior.

Fuente:***https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18771/19/Tema_2%20OCW.pdf***

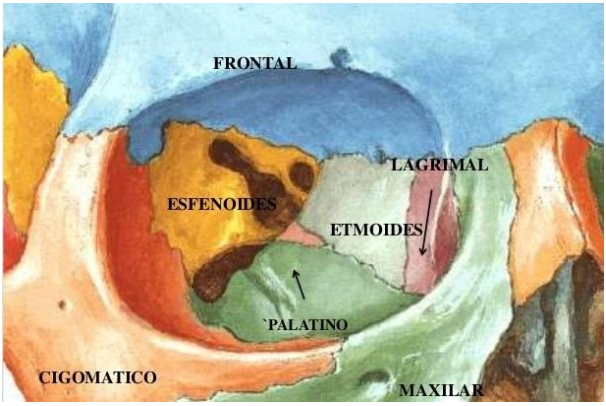


Figura 3: Composición de la órbita ósea. Fuente:

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18771/19/Tema_2%20OCW.pdf

Párpados

Los párpados son unas estructuras móviles que intervienen en la protección del globo ocular y en la producción y distribución de la secreción lacrimal. Son muy complejos, ya que en unos 2 mm de espesor se localizan siete estructuras anatómicas diferentes.

Esquemáticamente se dividen en dos láminas, la anterior de recubrimiento, que está formada por la piel y el músculo orbicular, y la posterior de sostén, que está formada por el tarso, retractores y conjuntiva. La separación entre las dos se denomina línea gris y se corresponde con la desembocadura de las glándulas de Meibomio.

Fisiología lagrimal

El menisco lagrimal está compuesto por 3 capas, tiene un espesor promedio de 7 micras. Este espesor tiende a disminuir con la edad.

- Capa lipídica: compuesta por lípidos polares y no polares, evita la evaporación de la fase acuosa, proporciona lubricación y contribuye a las propiedades ópticas.
- Capa Acuosa: formada fundamentalmente por agua constituye el 99% de la lágrima. Contiene

Lactoferrina y Lisozima. Cumple funciones de nutrición

del epitelio corneal, protección y limpieza.

- Capa mucínica: en contacto con el epitelio corneal (hidrófobo), permite que la porción acuosa de la lágrima se adhiera a la superficie de la córnea. Además es una barrera física ante agentes infecciosos.

Conjuntiva

La conjuntiva es una membrana mucosa que reviste el segmento anterior desde el limbo corneal hasta los fondos de saco superior e inferior y al borde libre de ambos párpados. Supone una primera barrera defensiva ante cualquier agresión externa.

Está compuesta por un epitelio sostenido por su estroma correspondiente

La inervación conjuntival depende del nervio trigémino y sus ramas. La vascularización de

las arterias ciliares anteriores y las arcadas palpebrales.

Podemos distinguir entre:

- Conjuntiva tarsal: recubre la cara interna del párpado.
- Fondo de saco o fórnix: a este nivel la conjuntiva tarsal se pliega sobre si misma uniéndose a la conjuntiva bulbar. La conjuntiva del fórnix tiene gran cantidad de pliegues que permiten la movilidad del ojo.
- Conjuntiva bulbar: se extiende desde el limbo esclerocorneal hasta el fórnix, tapiza la superficie escleral junto con la cápsula de Tenon (membrana fibrosa vascularizada, también denominada epiesclera, que recubre toda la esclera del globo y que se sitúa justo debajo de la conjuntiva).

Capa fibrosa. Esclera y Córnea

La esclera o esclerótica está formada por fibras de colágeno de tamaño y forma variables y cuya disposición no ordenada le confiere su color blanquecino. Su estructura es muy intrincada gracias a lo cual cumple su función de protección del contenido intraocular ejerciendo una fuerte resistencia a las deformaciones mecánicas

externas y de la musculatura extraocular.

Presenta 3 capas

- Episclera: situada entre la cápsula de Tenon y el estroma escleral, está muy vascularizada por vasos de configuración radial.
- Estroma: es la capa más gruesa compuesta por tejido fibroso denso y prácticamente avascular
- Lamina fusca: capa más interna y delgada, de color oscuro, está en contacto con el plexo vascular, la coroides y el cuerpo ciliar.

Hacia la córnea encontramos una zona de transición, el limbo esclerocorneal que constituye la pared externa del ángulo irido corneal. El limbo esclero---corneal tiene especial importancia porque contiene el sistema de drenaje del humor acuoso (malla trabecular y canal de Schlemm) y

una red vascular que nutre la córnea.

En su parte posterior es atravesada por el nervio óptico y por los canales que contienen a los vasos sanguíneos y los plexos nerviosos.

Córnea

Es la porción anterior y transparente de la capa fibrosa. El dioptrio que forman córnea y lágrima es el elemento que más peso tiene en la formación de la imagen final en la retina ya que proporciona dos terceras partes del poder refractivo del ojo. La cara anterior de la córnea mide aproximadamente 12,5 X 11,5 mm. Su punto más delgado es el ápex corneal situado centralmente (550 micras) engrosándose hacia la periferia (650 micras). La zona más importante de cara a la formación de la imagen es el tercio central, denominado zona óptica, Esta zona es casi esférica, con un radio de curvatura promedio de 7,8 mm. Hacia la periferia la córnea se aplana

disminuyendo su potencia refractiva.

Capa Vascular o Úvea

La úvea es la capa media, fuertemente pigmentada y vascularizada del globo ocular. Incluye la coroides, el cuerpo ciliar y el Iris.

- Iris: constituye la porción más anterior del tejido uveal. Presenta un orificio central, la pupila, de diámetro variable según los distintos niveles de iluminación. El diafragma iridiano separa las cámaras anterior y posterior del segmento anterior ocular, presentando una doble función: óptica y fotoprotectora.
- Cuerpo ciliar: es la continuidad natural del iris y la coroides en la parte posterior del globo ocular. Forma parte de los segmentos anterior y posterior oculares. En su

parte anterior se une a la periferia del iris y la córnea para constituir el ángulo iridocorneal. La parte posterior presenta dos zonas diferenciadas:

  - Pars plana: porción poco vascularizada que se extiende hasta ora serrata.
  - Pars plicata: formada por los procesos ciliares, entre 70 y 80 pliegues, que se proyectan hacia el cristalino, fuertemente vascularizada.

- Coroides: constituye la porción más posterior de la úvea y tiene como función principal la nutrición de la retina externa, de la que está separada por la membrana de Bruch. Es una capa muy delgada y vascularizada. Compuesta por tres capas vasculares: coriocapilar (la más interna), una capa media de

pequeños vasos y supracoroidea (más externa) de grandes vasos.

Retina

Es la parte especializada del sistema nervioso destinada a recoger, elaborar y transmitir las sensaciones visuales. Se extiende entre coroides y vítreo desde la papila hasta la ora serrata y los cuerpos ciliares ocupando los dos tercios internos.

Es transparente con una tonalidad rojiza debido a la vascularización, excepto en el área macular que es más oscura. Podemos distinguir entre el polo posterior, la retina periférica y la Ora serrata (Prieto F, 2018).

Músculos extraoculares

Antes de explicar los movimientos oculares es imprescindible entender cómo se desplaza el globo ocular a través de los músculos que se insertan en él. Hay seis músculos extraoculares que se insertan en el globo y actúan conjuntamente para mover el ojo en todas las direcciones y hasta un determinado punto sobre su eje visual (Martin y Corbett, 2001).

Los músculos extraoculares (MEO) histológicamente se componen de tejido muscular esquelético, el cual está constituido por fibras

musculares estriadas, células satélite, tejido conjuntivo y formaciones nerviosas. Los MEO están formados por cuatro rectos, superior, inferior, medio (o interno) y lateral (o externo), y dos oblicuos, el superior y el inferior. A excepción del oblicuo inferior que se origina en el borde inferointerno de la órbita, todos los MEO tienen su origen en el vértice de la órbita. Los cuatro músculos rectos tienen su origen fijo en el anillo de Zinn, formación tendinosa insertado en la parte interna de la hendidura esfenoidal y forman el "*cono muscular*" en cuyo interior se encuentra el nervio óptico (Zamora, 1992).

La descripción de cada MEO es:

- *Recto medio o interno (RM)*: se origina en el anillo de Zinn. Bordea la pared interna de la órbita, de la que se separa por lóbulos de grasa, y se inserta a 5.5 mm del limbo a la altura del eje visual. Es el músculo más corto, pero el más potente. Inervado por la rama

inferior del nervio del oculomotor común (III par craneal). Su función es la aducción del globo ocular en el eje vertical imaginario que atraviesa el globo ocular, es decir, hace que el ojo se mueva hacia la nariz (Zamora, 1992).

- *Recto lateral o externo (RL):* se origina en el anillo se Zinn. Su trayectoria se realiza a través de la pared orbitaria externa insertándose en el globo ocular a la altura del eje visual a 6.9 mm del limbo. Es inervado por el nervio oculomotor externo (VI par craneal). Su función principal es abducir en el eje vertical imaginario que atraviesa el globo ocular, es decir, hace que el ojo se mueva en dirección hacia la zona temporal facial (Zamora, 1992).

- *Recto superior (RS):* se origina en el anillo se Zinn. Su trayectoria se realiza hacia delante, afuera y arriba. Forman un ángulo de 23º con respecto a la línea visual en su inserción en el globo ocular a 7.7 mm del limbo. Pasa por encima del músculo elevador del párpado y del

tendón reflejo del músculo oblicuo superior. Inervado por la rama superior del nervio del oculomotor común (III par craneal). Su función principal es elevar el ojo en el eje horizontal imaginario que atraviesa el ojo, y debido a su inserción en globo ocular, la elevación producida por este músculo será en ligeramente hacia la zona temporal. Como función secundaria el recto superior aduce e inciclar (Zamora, 1992).

- *Recto inferior (RI):* Se origina en el anillo se Zinn. Su trayectoria se realiza a través del suelo de la órbita. Forman un ángulo de 23º con respecto a la línea visual en su inserción en el globo ocular a 6.6 mm del limbo. Inervado por la rama superior del nervio del oculomotor común (III par craneal). Su función principal es deprimir el ojo en el

eje horizontal imaginario que atraviesa el ojo, y debido a su inserción en globo ocular, la depresión producida por este músculo será en ligeramente hacia la zona temporal. Como función secundaria el recto inferior excicla y aduce (Zamora, 1992).

- *Oblicuo superior o mayor (OS):* se origina en el vértice de la órbita. Posee dos porciones, una directa y otra refleja. La directa se extiende desde el vértice de la órbita hasta la tróclea, anillo fibrocartilaginoso insertado en la pared orbitaria del seno frontal que atraviesa el músculo oblicuo superior y

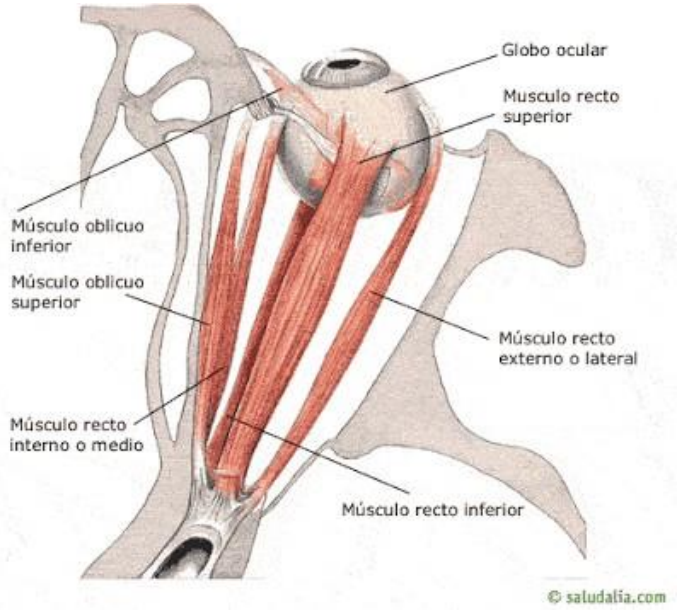
cambia la trayectoria de dicho músculo. La porción refleja comienza cuando el tendón sale de la tróclea, cambiando la dirección hacia afuera, atrás y abajo. La porción directa y refleja forman un ángulo de 54º. Es inervado por el nervio patético (IV par craneal). Se inserta mediante un tendón muy ancho en el cuadrante posterior---superior del globo ocular, por debajo del recto superior, su extremo más posterior está a 7---8 mm del nervio óptico. Su función principal es inciclar en el eje sagital imaginario que atraviesa el ojo, es decir, hace rotar el globo ocular sobre su eje visual hacia dentro, en sentido contra las agujas del reloj para el ojo derecho y en el sentido de las agujas del reloj para el ojo izquierdo (observando el ojo de frente). Las funciones secundarias del oblicuo

superior son deprimir y abducir el globo ocular (Zamora, 1992).

- *Oblicuo inferior (OI):* se origina en el ángulo inferior---interno de la órbita. En su trayectoria se dirige hacia atrás, afuera y arriba, rodeando el globo ocular e insertándose en el cuadrante temporal---inferior de este. La inserción se realiza por debajo del borde inferior del recto lateral. Es inervado por la rama inferior del III par craneal. Su función principal es exciclar en el eje sagital imaginario que atraviesa el ojo, es decir, hace rotar el globo ocular sobre su eje visual hacia fuera, en sentido contra las agujas del reloj para el ojo izquierdo y en el sentido de las agujas del reloj para el ojo derecho (observando el ojo de frente). Las funciones secundarias del oblicuo superior son elevar y abducir el globo

ocular (Zamora, 1992).

Para entender las acciones musculares es muy importante entender como su trayectoria y como se insertan en el globo ocular. Por ello, se muestran las siguientes imágenes:



n de los MEO en el globo ocular del ojo derecho en vista superior. Fuente:

http://tublogdemedicina.blogspot.com/2011/02/elementos---que---pasan---por---el---fuera---y.html

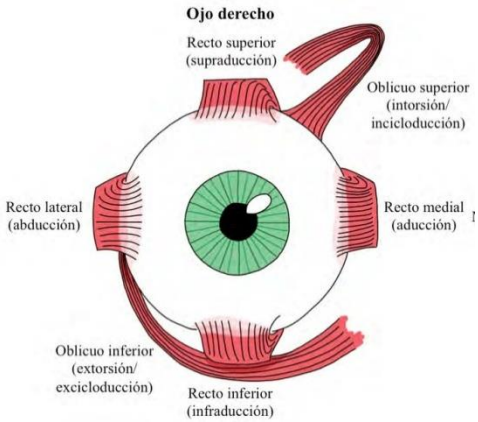


Figura 5: Inserción de los MEO en el globo ocular del ojo derecho en vista de frente. Fuente:

https://www.researchgate.net/figure/FIGURA---16---Musculos---extraoculares_fig6_319207404

Por tanto, cada músculo tiene una acción principal y, excepto los rectos lateral y medial, una acción secundaria y terciaria que definen el movimiento ocular, estas son recogidas en la siguiente tabla:

Músculo Extraocular	Acción primaria	Acción secundaria	Acción terciaria
RL	Abducir		
RM	Aducir		
RS	Elevar	Inciclar	Aducir
RI	Deprimir	Exciclar	Aducir
OS	Inciclar	Deprimir	Abducir
OI	Exciclar	Elevar	Abducir

Debido a las acciones musculares existen 9 posiciones de mirada diagnósticas en las que se pone de manifiesto el principal campo de acción de cada músculo, estas son:

- Dextrosuparversión: Intervienen el RM del ojo derecho (OD) y el RL del ojo izquierdo (OI).
- Levoversión: Intervienen el RM del OD y RL del (OI).
- Supraversión: RS del OD y OI del OD, conjugados con el RS del OI y OI del OI.

- Dextrasupraversión: RS del OD y OI del OI.
- Posición primaria de mirada (PPM): Posición que adoptan los ojos cuando al mantener la cabeza erecta enfocan a un punto situado en el infinito. Hay un equilibrio entre todos los MEO.
- Levosupraversión: RS del OI y OI del OD.
- Infraversión: RI del OD y OS de OD conjugados con el RI del OI y OS del OI.
- Dextroinfraversión: RI del OD y OS del OI.
- Levoinfraversión: RI del OI y OS del OD (Zamora, 1992).

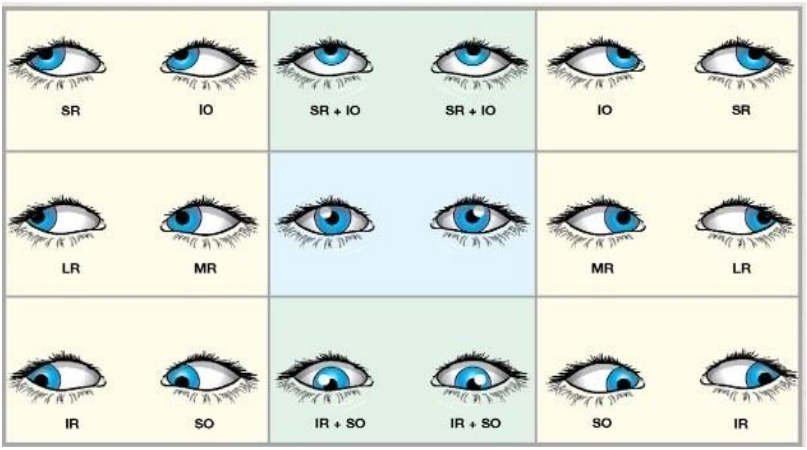


Figura 6: Posiciones diagnósticas de mirada para evaluar la acción de cada músculo extraocular. Fuente:

https://es.slideshare.net/katiwis/movimientos---oculares---47173375

El músculo que se contrae para realizar un movimiento recibe el nombre de "*agonista*" y, el que se relaja es el "*antagonista*". Los músculos agonistas que se contraen para realizar un movimiento son "*sinergistas*" entre sí y los que se relajan son los *antagonistas*. Los músculos "*yunta*" son aquellos que mueven los ojos en la misma dirección y sentido (Nácher, 2018), (Zamora,

1992).

Todos los movimientos oculares están regidos por las leyes fundamentales de la motilidad ocular, que son:

- ***Ley de Sherrington: o de inervación recíproca***: es una ley de aplicación en los movimientos monoculares o *ducciones*. Cuando un ojo realiza una acción, los músculos agonistas se contraen y los antagonistas se relajan. (Nácher, 2018), (Zamora, 1992).

- ***Ley de Hering: o de correspondencia motora***: es la ley de aplicación en los movimientos binoculares de *versiones*. Siempre que un impulso es enviado para ejercer un movimiento ocular, los músculos correspondientes de ambos ojos reciben igual inervación para contraerse o relajarse (Nácher, 2018), (Zamora, 1992).

Sistema vestibular --- equilibrio

El equilibrio la habilidad por la cual el cuerpo conserva una postura estable manteniendo la posición de la cabeza y la mirada contrarrestando la acción de la gravedad. Desde que sólo somos un embrión, alrededor de los 22 días de vida, nuestro cuerpo comienza a prepararse poco a poco para mantener a futuro una buena postura (equilibrio). Gracias al sentido del equilibrio mantenemos lo que se llama la conciencia espacial, es decir, una relación correcta entre nuestro cuerpo y lo que nos rodea (García C, 2010),(Bartual J y Pérez N, 1998).

El control postural determina la orientación de las partes del cuerpo unas con respecto a las otras y con respecto al mundo externo sin pérdida del equilibrio. De manera que la postura debe estar controlada, mientras el cuerpo está quieto

(equilibrio estático) así como, durante el movimiento del mismo (equilibrio dinámico) (Bartual J y Pérez N, 1998).

Tres sistemas cooperan en el mantenimiento del equilibrio:

---Sistema del oído interno o sistema vestibular.

---Sistema visual.

---Propioceptores: receptores repartidos por todo el cuerpo y que informan de la posición de las articulaciones, músculos, etc. (Bartual J y Pérez N, 1998).

El órgano más importante está localizado en el interior del oído y lo forman vestíbulo y conductos semicirculares

El papel del Sistema Vestibular se puede resumir en las siguientes funciones, necesarias para el mantenimiento del equilibrio:

- Mantiene el equilibrio corporal reflejo, en reposo y en movimiento.

- Controla la postura. Proporciona estabilización de la cabeza.
- Regula la locomoción y otros movimientos.
- Proporciona conocimiento de la orientación en el espacio.
- Mantiene el enfoque visual en movimiento,

proporcionando estabilización de las imágenes retinianas (García C, 2010).

Fisiología del sistema vestibular periférico

Los receptores del Sistema Vestibular se encuentran ubicados en ambos oídos internos (Ver figura 7) (5), en el interior del peñasco del hueso temporal, que recibe el nombre de laberinto.

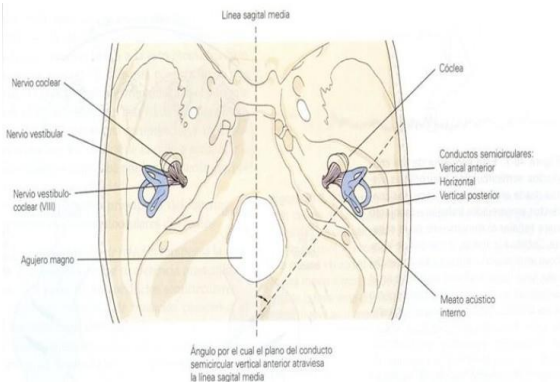


Figura 7: Sistema vestibular.
Fuente: *https://slideplayer.es/slide/3480840/*

El órgano de la audición recibe el nombre de laberinto anterior, y el órgano del equilibrio recibe el nombre de laberinto posterior (Bartual J y Pérez N, 1998), consta de cinco receptores vestibulares para cada oído; tres canales semicirculares y dos receptores otolíticos: utrículo y sáculo, ubicados en el vestíbulo (Binetti A, 2015). (Ver figura 8).

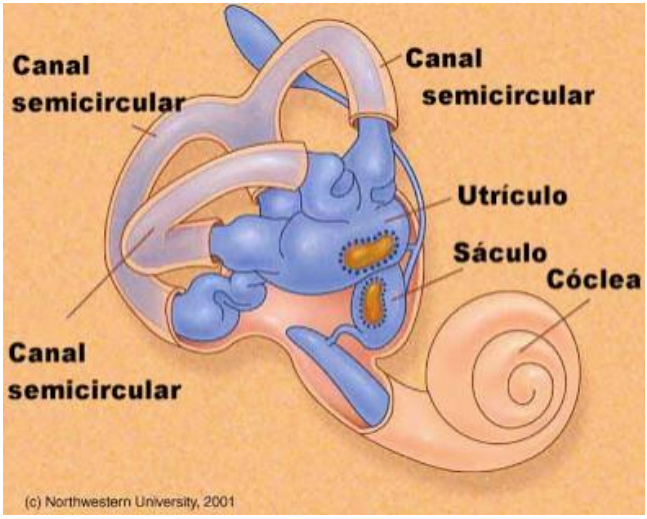


Figura 8: Sistema vestibular.

Fuente: *https://slideplayer.es/slide/3480840/*

--- **Vestíbulo** : En el interior del vestíbulo se distinguen dos estructuras, utrículo y sáculo y en ellas se encuentra un órgano receptor denominado mácula, que está integrado por células receptoras sensoriales ciliadas (Bartual J y Pérez N, 1998) encargadas de detectar el cambio de las aceleraciones lineales (ascensor, tren, gravedad..)(5). Están recubiertas por una

membrana horizontal. Sobre esta membrana hay una serie de cristales de carbonato cálcico que reciben el nombre de otolitos y que son muy susceptibles a cambios de la gravedad (Bartual J y Pérez N, 1998).

Para poder detectar las aceleraciones lineales, las máculas (áreas sensoriales) de los receptores otolíticos poseen un área de tejido conectivo que sostiene a las neuronas sensoriales, las cuales poseen cilios en su superficie apical y, en un extremo, una estructura algo diferenciada a los cilios, inmóvil y de mayor tamaño denominada estereocilio. (Ver figura 9).

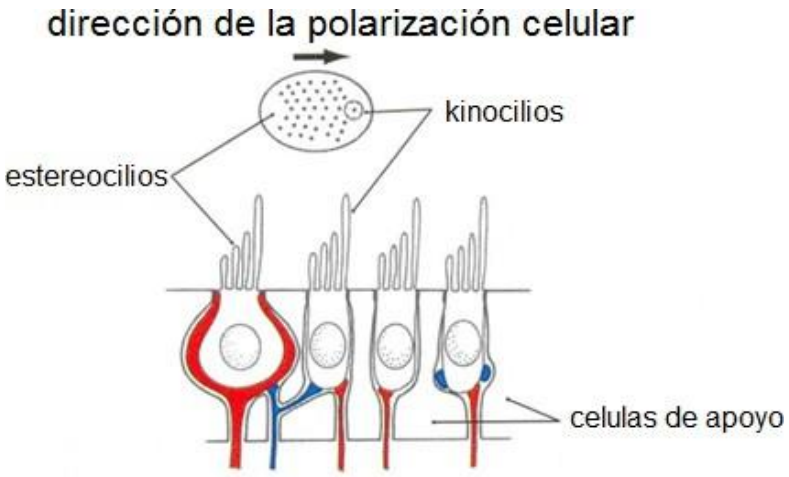


Figura 9: Células receptoras sensoriales ciliadas. Fuente: *https://slideplayer.es/slide/348084*

Los estereocilios entran en contacto con una malla de estructura viscoelástica similar a la cúpula de los canales semicirculares, que apoya sobre ellas. Ésta malla, es una gran red en tres dimensiones (Ver figura 10), en su porción apical, contiene concreciones de calcio de diferentes y variadas formas denominadas otolitos y en su porción basal apoya sobre el receptor, pero solo relacionándose con el medio los extremos libres de los estereocilios de las neuronas receptoras (Binetti A, 2015).

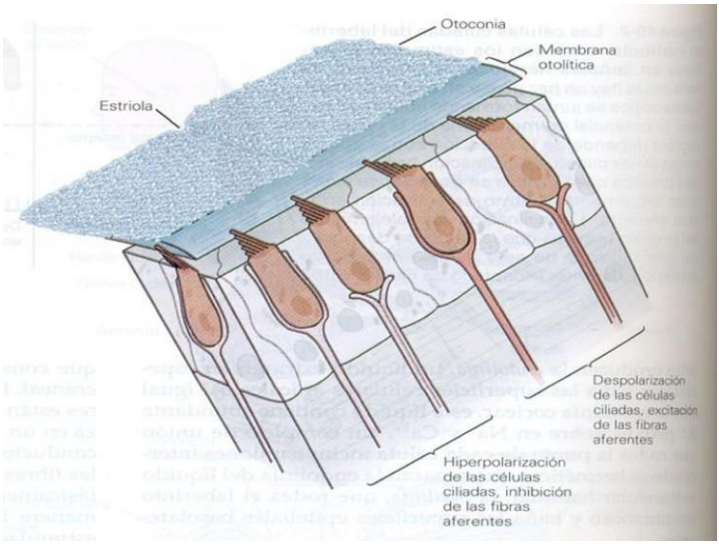


Figura 10: Estereocilios en contacto con malla de estructura viscoelastica.
Fuente: *https://slideplayer.es/slide/3480840/*

El peso que le dan a la malla los otolitos hace que el peso específico de la misma sea mayor al del medio circundante. Éste cambio en el peso de la malla otolítica, provoca un estímulo constante que nos permite sentir la atracción gravitacional de la tierra, ya que la gravedad atraerá a los otolitos y

flexionará los estereocilios y, a la vez, ante cualquier aceleración en línea el ligero retraso de la malla respecto a la aceleración cefálica produce un retraso relativo de la misma y con esto desplaza los estereocilios estimulando a los receptores. A este ligero retraso se le denomina fuerza de cizallamiento y así se estimulan estos receptores, con movimientos en plano principalmente horizontal al utrículo y en plano fundamentalmente vertical al sáculo (Binetti A, 2015).

--- **Conductos semicirculares**: son tres y están orientados en los tres planos del espacio. Presentan una dilatación en su parte inferior denominada "Ampolla", en el interior de la cual se encuentra un órgano del equilibrio, que recibe el nombre de cresta ampular. La cresta ampular está integrada por células sensoriales receptoras ciliadas (Bartual J y Pérez N, 1998). Éstas mismas son neuronas que están situadas en un saliente de tejido conectivo llamada cresta, tienen prolongaciones, las más largas denominadas

estereocilios inmersos en una malla que proviene de la otra cara de la ampolla, llamada cúpula (Ver figura 11). Entre la cresta, la cúpula y el espacio entre las

mismas que contiene a las neuronas receptoras, se conforma un sistema que bloquea el flujo libre de endolinfa de uno a otro lado del canal y que tiene la propiedad de tener cierta elasticidad. Esto permite que ocurra lo siguiente: Cuando giramos la cabeza en el plano de uno de los canales, la endolinfa sufre un ligero retraso respecto a la velocidad con que se mueve la cabeza, este retraso, denominado corriente endolinfática de inercia, hace que este sistema elástico que bloquea la ampolla se flexione, esto flexiona los cilios de las células ciliadas (neuronas receptoras) y así se inicia un complejo mecanismo celular de apertura y cierre de determinados canales iónicos cambiando el ritmo de descarga neuronal de base. Normalmente las neuronas de ambos oídos tienen un ritmo de descarga constante llamado tono, este tono puede variar en más o en menos y esta información se transmite al sistema nervioso para que tengamos noción del sentido en que nos

movemos y la velocidad con que lo hacemos. La orientación en canales verticales y horizontales, y la diferencia de orientación de los kinocilios en estos receptores, denotan el sentido que generará excitabilidad o inhibición, de acuerdo con la disposición de cada canal (5) esto le permite al cerebro saber en qué posición nos encontramos (García C, 2010), es decir, informan de los movimientos angulares de la cabeza (rotación) (Bartual J y Pérez N, 1998).

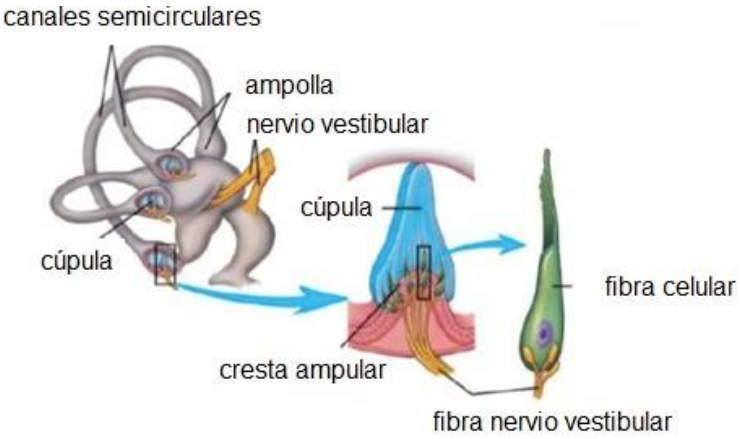


Figura 11: Receptor vestibular, canales semicirculares

Fuente: *https://www.goconqr.com/es/p/7299775?dont_count=true&frame=true&fs=true*

Los receptores vestibulares son acelerómetros, miden la aceleración con que nos movemos, cuando después de un tiempo la aceleración se mantiene constante (más de 30 segundos), la endolinfa alcanza la velocidad de los canales óseos y deja de flexionar la cúpula, entonces los receptores de los canales dejan de dar información de aceleración al sistema y regresan a su tono de base.

Si, en cambio, la persona ha girado y sigue girando, aumentando la velocidad cada vez más, el sistema seguirá flexionándose y cuando el movimiento repentinamente cese, la flexión será en sentido inverso porque nuevamente la endolinfa se estará moviendo a un ritmo diferente al de la estructura ósea, ya que continuara con su inercia de movimiento, cuando el cráneo se haya detenido repentinamente (Binetti A, 2015).

Una vez traducido el estímulo desde los canales y desde las máculas, es transportado por el nervio Vestibular superior e inferior primero y luego por el VIII par hacia el tronco cerebral. Las vías vestibulares centrales se inician con la primera neurona Vestibular en el ganglio de Scarpa dentro del hueso temporal. Que proyecta hacia las neuronas secundarias en el tronco cerebral, allí se encuentran los núcleos vestibulares que son superior, lateral, medial y descendente. En el núcleo lateral la información recibida es fundamentalmente homolateral.

Los núcleos del tronco tienen interacción con el centro del vomito y los centros autonómicos, de la sensibilidad propioceptiva y con el cerebelo, encargado de la orientación espacial del cuerpo, entre otras funciones. Sobre una misma neurona pueden converger aferencias de múltiples sistemas que interactúan modulando los reflejos

vestibuloespinales y vestibulooculares.

Poco después de entrar en el tronco del encéfalo, cada fibra se divide en una rama ascendente y otra descendente, constituyendo el conjunto de las mismas el llamado tracto Vestibular (Ver figura 12) (Binetti A, 2015).

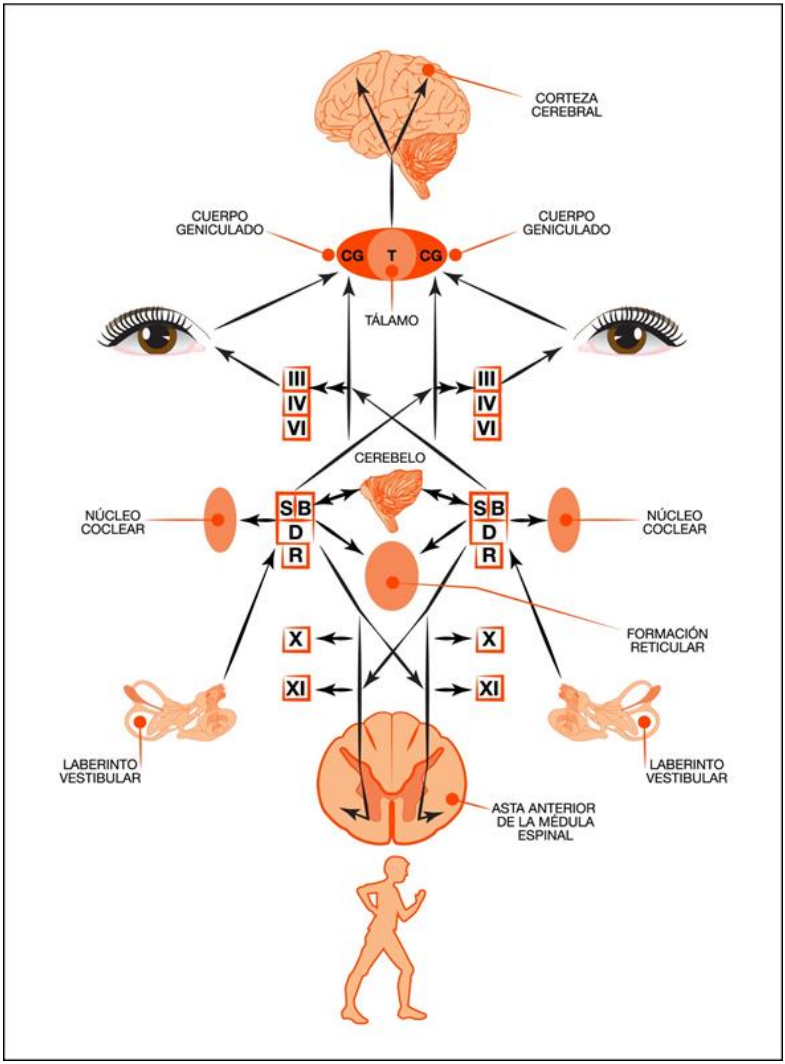

CORTEZA CEREBRAL
CUERPO GENICULADO
CG
T
CG
CUERPO GENICULADO
TÁLAMO
III
IV
VI
III
IV
VI
CEREBELO
NÚCLEO COCLEAR
S B
D
R
S B
D
R
NÚCLEO COCLEAR
FORMACIÓN RETICULAR
X
XI
X
XI
LABERINTO VESTIBULAR
LABERINTO VESTIBULAR
ASTA ANTERIOR DE LA MÉDULA ESPINAL

Figura 12: Vía VESTIBULAR, CONEXIONES Y VÍAS REFLEJAS
Fuente: *Binetti, Ana Carolina. Fisiologia Vestibular.FASO. 2015, Sup 1º:14---21*

Las neuronas de los núcleos vestibulares convergen impulsos de diferentes formaciones del sistema nervioso central:

---Zona formada por áreas adyacentes de los Núcleos Vestibulares (NV) como la parte caudal del Núcleo Lateral (NL) y rostrolateral del Núcleo Dorsal (ND). Recibe proyecciones de la totalidad de los receptores, desempeñando un papel fundamental en el reflejo vestíbulo ocular.

--- Aferencias espinales a los núcleos vestibulares: la mayor parte de las fibras con destino a los núcleos vestibulares se originan en los segmentos cervicales y son fibras

propioceptivas de los ligamentos y articulaciones vertebrales, con conexiones homo y bilaterales.

--- Aferencias contralaterales: a los núcleos vestibulares de un lado llegan aferencias de los núcleos contralaterales que aseguran el funcionamiento coordinado de los mismos.

--- Aferencias cerebelosas a los núcleos vestibulares: el vestibulocerebelo se conecta homolateralmente con todos los núcleos vestibulares a excepción del NL, que recibe pocas fibras.

En cuanto a las proyecciones de los núcleos vestibulares:

--- Las fibras procedentes de las crestas ampulares llegan a los núcleos vestibulares, donde establecen sinapsis con neuronas que se proyectan a los núcleos oculomotores, formando el reflejo vestíbulo ocular.

--- Aferencias vestibulares primarias al cerebelo:

son también homolaterales y terminan en el nódulo. En las áreas de flóculo y úvula confluyen señales sensoriales de distinto origen: información vestibular primaria, secundaria, terciaria e información visual. Al ser procesadas conjuntamente, estas señales permiten al nódulo y a la úvula elaborar una representación tridimensional de los movimientos corporales.

--- El NL da origen al fascículo vestibuloespinal lateral, que desciende homolateralmente por el cordón anterolateral de la médula, terminando en motoneuronas de la asta anterior de la médula, formando el reflejo vestibuloespinal.

--- Los núcleos vestibulares también proyectan hacia a formación reticular, hacia los núcleos vagales, lo que explica la sintomatología asociada al vértigo, como los vómitos, sudoración... (García Aguado J, 2016).

A través de la información que circula por estas vías, se generan rápidos reflejos que son muy útiles para la bipedestación, la estabilidad visual y el equilibrio general del individuo: son los reflejos vestibuloocular, vestibulocolico y vestibuloespinal.

Finalmente hay neuronas que se proyectan al tálamo (García Aguado J, 2016) y si la información supera los niveles talámicos y llega hasta la corteza cerebral, se toma conciencia de movimiento y posición a través de estas vías (Binetti A, 2015).

Sobre éstas áreas confluyen señales propioceptivas, visuales y vestibulares que representan verdaderos centros de integración sensoriomotores y que elaboran una representación interna tridimensional del movimiento de la cabeza y del tronco en el espacio. Así, estas representaciones sustentan la estabilización de la mirada y de la postura y son el origen de la percepción de movimiento del cuerpo humano (García Aguado J, 2016).

Reflejos vestibulares

Los elementos básicos de un arco reflejo vestibular son la célula ciliada en el oído interno, una neurona aferente bipolar, una interneurona y la neurona efectora.

Reflejo vestíbulo ocular.

El reflejo vestíbulo---ocular tiene como objetivo estabilizar la mirada en un objeto fijo mientras la cabeza o el conjunto del cuerpo se desplazan a fin de conservar la AV. Permite así, disminuir el deslizamiento de la imagen en la retina y la estabilización de la misma en la fóvea. Este reflejo consiste en generar movimientos oculares finos y compensadores de los desplazamientos de la cabeza. Al ser compensador, se producen en la misma dirección del movimiento, pero con sentido contrario a la rotación de la cabeza, son equivalentes en velocidad (Binetti A, 2015) para evitar así el error retiniano (García Aguado J, 2016).

El recorrido es el resultado de la activación por los

canales semicirculares de un arco reflejo con tres neuronas: 1) las aferencias vestibulares primarias; 2) las neuronas vestibulares secundarias y 3) las motoneuronas que inervan los músculos extraoculares (Binetti A, 2015).

De este modo, cuando se produce un giro de rotación de la cabeza (García Aguado J, 2016) cada plano de movimiento es controlado por los canales semicirculares o en conjunto el utrículo y sáculo combinados, los canales o receptores otolíticos que están en el plano del movimiento generado, son los encargados de controlar que se genere el reflejo apropiado en dicho plano. La mayoría de los movimientos que realizamos son combinados en los diferentes planos del espacio, o sea que al mismo tiempo más de un receptor resulta estimulado o inhibido (Binetti A, 2015).

Como reflejo, tiene una latencia que se ha reportado tan corta como de 5 a 7 milisegundos, es uno de los más rápidos del cuerpo humano y ocurre cuando información proveniente de los oídos, llega a los núcleos vestibulares, donde establecen sinapsis con neuronas que se proyectan a los núcleos oculomotores y luego a los músculos perioculares. Llega a los músculos perioculares

básicamente por medio de dos circuitos: uno directo monosináptico y otro indirecto, multisináptico, y provoca que los músculos perioculares que resulten inhibidos o estimulados a contraerse, generando ajustes de la posición ocular de acuerdo al plano estimulado. En el caso de los canales semicirculares horizontales, las aferentes vestibulares primarias del canal hacen sinapsis con el núcleo vestibular medial y ventrolateral ipsilaterales. Algunas de las neuronas vestibulares secundarias, que reciben inervación del laberinto ipsilateral, tienen axones que se decusan y hacen sinapsis con el núcleo abducens contralateral, mientras que otras ascienden ipsilateralmente al núcleo oculomotor. Las motoneuronas del núcleo abducens y la subdivisión del recto medio del núcleo oculomotor, hacen sinapsis entonces en la unión neuromuscular de los músculos recto medio y lateral. Similares patrones presentan los otros canales (Binetti A, 2015).

En respuesta a la rotación cefálica, los canales

semicirculares proveen información aferente para generar las fases lentas del reflejo vestibuloocular angular, ajustando los movimientos oculares con las fases lentas compensatorias (Ver figura 13).

Figura 13: Examen del reflejo vestibuloocular, se puede realizar desde una posición excéntrica de la cabeza y llevarla al centro o a la inversa, del centro a una posición excéntrica.
Fuente: *Binetti, Ana Carolina. Fisiologia Vestibular.FASO. 2015, Sup 1º:14--21*

Cuando la amplitud de la rotación alcanza un cierto grado, se produce un movimiento ocular de fase rápida (sacada) en el sentido de la rotación cefálica, reorientando el ojo en la órbita, apareciendo el nistagmo vestibular.

Nistagmo optocinético.

El nistagmo optocinético se desencadena por estímulos visuales que se desplazan rápida y repetitivamente por delante del campo visual (García Aguado J, 2016).

El ojo sigue fielmente la velocidad de desplazamiento del estímulo (nistagmo optocinético activo) hasta que el objeto alcanza una velocidad superior a la alcanzable por el seguimiento ocular, entrando en funcionamiento un nuevo mecanismo que denominamos nistagmo optocinético pasivo. Este nuevo nistagmo aumenta discretamente de velocidad de seguimiento y la frecuencia del nistagmo, batiendo de forma uniforme e independiente de la velocidad de desplazamiento del objetivo a seguir (García Aguado J, 2016).

SÍNTOMAS DE UN DESORDEN VESTIBULAR

El sistema nervioso central sabe en qué plano se ha desplazado la cabeza y a qué velocidad lo hizo, gracias a la información proveniente de los nervios vestibulares y de la deflexión de los cilios en las neuronas de ambos oídos internos. Dichas neuronas pueden detectar movimientos lentos, rápidos y muy rápidos. Al percibir las aceleraciones lineales o las lateralizaciones de la cabeza, ocurren movimientos compensatorios y de balanceo de los ojos, la cabeza y el cuerpo, así como ocurre la generación de respuestas autónomas, particularmente la regulación de la presión sanguínea y de la distribución del volumen sanguíneo, los que a su vez son también críticamente dependientes de la orientación en el espacio del cuerpo (Binetti A, 2015).

El sistema vestibular incluye las partes del oído interno y del cerebro que ayudan a controlar el equilibrio y los movimientos oculares (Aribau E,

2019). Existe considerable superposición entre los procesos de orientación espacial y control postural, tanto los sistemas visual, propioceptivo y vestibular (Binetti A, 2015), la alteración de este sistema o parte de este conjunto a menudo presenta los siguientes síntomas:

- Vértigo y mareo
- Desequilibrio y desorientación espacial
- Problemas visuales
- Cambios en la audición
- Cambios psicológicos y/o cognitivos

Las personas con problemas del oído interno pueden experimentar uno o varios de estos estos síntomas. En ocasiones, el desorden del oído interno puede no presentar síntomas muy claros o graves. Es importante tener en cuenta que la mayoría de estos síntomas pueden ser causados por otras enfermedades que no guardan relación con el sistema vestibular.

El tipo y gravedad de los síntomas puede variar

considerablemente, pueden resultar difíciles de explicar y angustiosos para el paciente. Las personas afectadas por ciertos síntomas derivados de desórdenes vestibulares pueden ser percibidas como individuos

faltos de atención, perezosos, extremadamente ansiosos o deseosos de captar la atención. Pueden tener problemas para leer o realizar operaciones matemáticas simples. Algunas personas con estos desórdenes tienen dificultad para desempeñar su trabajo, ir a la escuela, realizar tareas rutinarias e incluso levantarse de la cama (Aribau E, 2019).

SÍNTOMAS RELACIONADOS CON LA VISIÓN

Las percepciones visuales de distancias y profundidad se ven afectadas por la posición cefálica. Una percepción correcta de profundidad, que nos permite conocer, por ejemplo, el tamaño de los objetos se basa en una integración apropiada de la orientación tridimensional de la cabeza y de los ojos. El sistema visual debe recalibrarse en relación a la orientación tridimensional para percibir las profundidades cuando el individuo toma una posición supina, ya

que la sensación de profundidad de los objetos varía ante dicha posición corporal y ello podría tener relación con la información brindada por el sistema otolítico (Binetti A, 2015). La alteración de este sistema o parte de este conjunto a menudo presenta los siguientes síntomas visuales:

- Experimentar problemas para enfocar o seguir objetos con los ojos. Puede parecer que los objetos o letras escritas en una página salten, reboten, floten, aparezcan borrosos o dobles.
- Experimentar malestar debido a entornos que estimulen la visión tales como áreas con mucho tráfico, multitudes, tiendas y estampados.
- Sensibilidad a la luz, brillo o a objetos destellantes. Las luces fluorescentes pueden ser especialmente molestas.
- Sensibilidad a ciertos tipos de monitores y televisores digitales.
- Tendencia a fijarse en objetos cercanos y aumento del malestar cuando se enfocan

objetos en la lejanía.

- Aumento de la ceguera nocturna, dificultades para andar de noche.
- Escasa percepción de la profundidad (Aribau E, 2019).

Por esta razón es interesante la medida de la agudeza visual de forma dinámica teniendo en cuenta el sistema vestibular para poder comparar los resultados con otras pruebas y detectar si el origen de estos síntomas se encuentra en el órgano del equilibrio.

Vía visual

Es importante conocer como viaja la información desde el estímulo visual que fijamos hasta la corteza cerebral donde la información es analizada e interpretada. La vía óptica está formada por retina, el nervio óptico, quiasma, cintillas ópticas, cuerpo geniculado lateral, radiaciones ópticas y corteza visual (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

La retina

El ojo es el órgano receptor de la luz, la energía luminosa es captada por los *fotoreceptores* de la retina y transformada a energía electro--química. Una vez que la información es transformada en los fotoreceptores, pasa a las *células bipolares* y de éstas a las *ganglionares* que son las neuronas sensitivas principales (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Además de estas células en la retina encontramos el *epitelio pigmentario (EPR)*, las *células horizontales,* las *células amacrinas y* las *células de Müller*.

El epitelio pigmentario (EPR) se encuentra por detrás de los fotoreceptores y su función principal es la absorción de la luz parasitaria y metabólica.

Las *células horizontales* constituyen la retroalimentación negativa entre los

fotoreceptores y las células bipolares.

Las *células amacrinas* constituyen la vía de retroalimentación positiva entre las células bipolares y las ganglionares.

Las *células de Müller* constituyen la glía de la retina (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

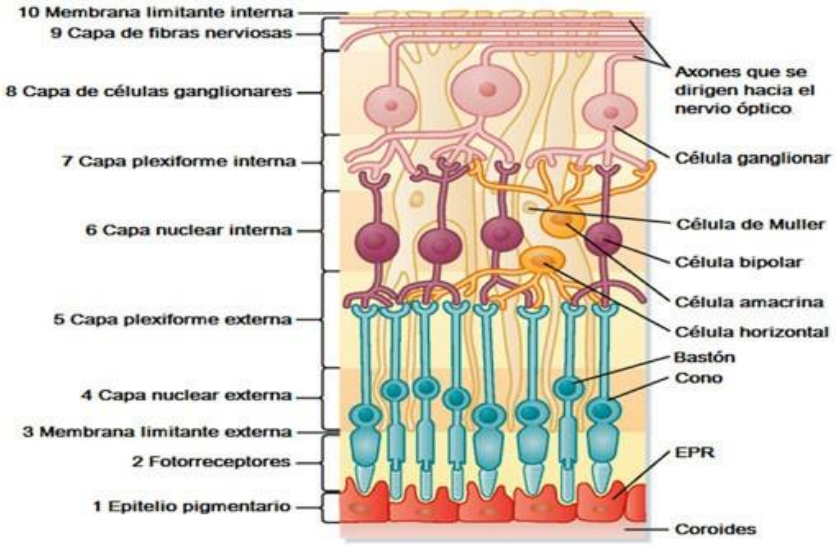


Figura 14: Capas de la retina con las células que componen cada una de ellas. Fuente:

https://inof.es/diagnostico---y---tratamiento---de---enfermedades---de---la---macula/

Existen dos tipos de fotoreceptores, los

conos son los receptores de umbrales altos y dependiendo de la longitud de onda de luz visible a la que son sensibles pueden ser rojos, azules o verdes; los *bastones* son los receptores de umbrales bajos y responden ante cualquier longitud de onda visible (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Las células ganglionares son las encargadas de transmitir la información de las células bipolares al cuerpo geniculado lateral del tálamo, sus axones van a formar el *nervio óptico*, el *quiasma* y las *cintillas* (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Existen 4 tipos diferentes de células ganglionares:

- Células ganglionares tipo P: son de axones finos y velocidad lenta. Reciben sus aferencias directamente de las células bipolares con escasa convergencia y sinaptan con las capas parvocelulares del cuerpo geniculado

lateral. Están especializadas en la discriminación espacial (Álvarez y De Andrés, 2007), (Plou, 2018).

- Células ganglionares tipo M: poseen axones gruesos y velocidad alta. Reciben sus aferencias de células bipolares con convergencia de campos y de gran número de células amacrinas para sinaptar con las capas magnocelulares de la retina. Están especializadas en las imágenes en movimiento (Álvarez y De Andrés, 2007), (Plou, 2018).

- Células ganglionares tipo W: poseen axones finos y velocidad lenta. Reciben sus aferencias de células bipolares con convergencia de campos y sinaptan fundamentalmente con el mesencéfalo

a nivel de los tubérculos cuadrigéminos y el área pretectal. Responden a la pérdida de uniformidad del campo visual en relación con la luz y la distancia (Álvarez y De Andrés, 2007), (Plou, 2018).

- Células ganglionares tipo ipCGR: su conexión es fundamentalmente con el hipotálamo, con los tubérculos cuadrigéminos anteriores y con la región pretectal. Responden según la intensidad luminosa. Están implicados en la regulación de los ritmos circadianos y contribuyen al reflejo pupilar (Álvarez y De Andrés, 2007), (Plou, 2018).

Una vez que la información pasa a través de las células ganglionares, abandona la retina para a través de los axones de las células ganglionares

continuar por el nervio óptico hasta llegar al quiasma óptico.

Nervio óptico

Estructura anatómica que se extiende desde papila hasta el quiasma con una longitud aproximada de 4.5 centímetros y un grosor de 3 milímetros. Formada por aproximadamente un millón de axones de células ganglionares. Su función principal es el transporte de información (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Quiasma óptico

El quiasma óptico es una estructura anatómica situada entre los nervios ópticos y las cintillas que se origina por decusación de las fibras ganglionares nasales de cada ojo. Las fibras de la retina temporal siguen su trayectoria homolateral mientras que las fibras nasales sufren una

decusación que les otorga una trayectoria heteroateral (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Cintillas ópticas

Las cintillas ópticas son dos, una izquierda y otra derecha, cada una formada por los axones de las células ganglionares en disposición homolateral y heteronasal. El 80---90% de sus fibras conectan con el *Cuerpo Geniculado Lateral (CGL)* (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Cuerpo Geniculado Lateral (CGL)

El CGL es un núcleo talámico constituido por seis capas, es el centro óptico primario. Dos capas magnocelulares (1 y 2) que recogen la información proveniente de los bastones y cuatro parvocelulares (3, 4, 5 y 6) que recogen la información proveniente de los conos. Las láminas

1, 4 y 6 reciben fibras contralaterales de la retina nasal y las láminas 2, 3 y 5 reciben fibras homolaterales de la retina temporal. Es el

relevo de información entre la retina y la corteza visual. El CGL reorganiza las fibras naso-
--temporales en parejas homónimas según su correspondencia retiniana (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

Radiaciones ópticas

Las radiaciones ópticas están formadas fundamentalmente por los axones de las neuronas del CGL, que abandonan la parte lateral del CGL y se dirigen hacia afuera y adelante en dirección del polo temporal, a este nivel las fibras se curvan hacia atrás y afuera (rodilla temporal) y dirigiéndose hacia el lóbulo occipital. Transmiten la información hasta la corteza visual por la que entraran a través de V1 (Plou, 2018), (Puerta Fonolla *et al*, 1986).

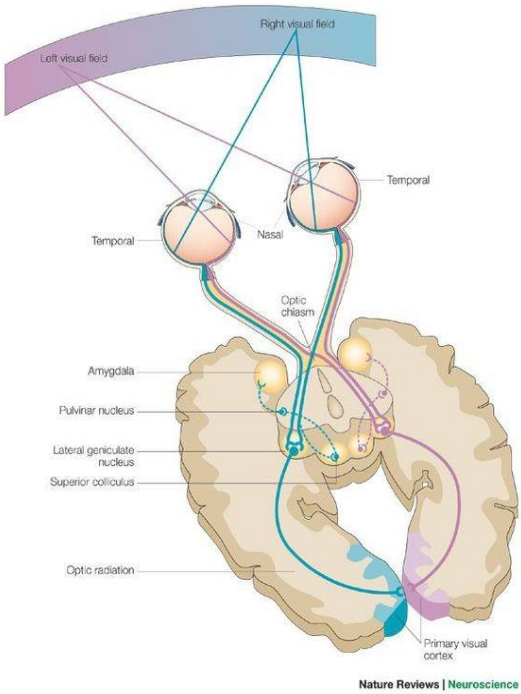


Figura 15: Anatomía de la vía visual.

Fuente: *https://www.nature.com/articles/nrn1630/figures/4*

Corteza visual

La parte de nuestro cerebro que se encarga de recibir la información visual son los lóbulos occipitales, estos se encuentran por debajo del hueso occipital en la parte posterior del cráneo, hay uno por cada hemisferio cerebral (hemisferio derecho y hemisferio izquierdo). Se diferencia del lóbulo parietal que le precede por el surco parietooccipital. Sin embargo, no hay una separación definida de la corteza occipital con la corteza temporal o parietal, lo que dificulta definir con precisión la extensión de las áreas occipitales. No obstante, existen tres repartos anatómicos definidos en el interior de la corteza visual, El más sobresaliente es el surco calcarino que contiene gran parte de la corteza visual primaria (V1), sobre la superficie ventral de cada hemisferio hay dos giros, el lingual y el fusiforme, el lingual incluye parte de las regiones corticales de V2, mientras

que V4 se encuentra en el giro fusiforme (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

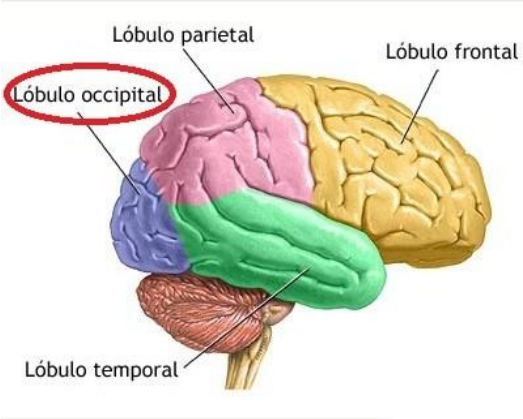


Figura 16: Situación del lóbulo occipital en el encéfalo.

Fuente: *https://omicrono.elespanol.com/2012/01/curiosidades---cerebrales---i---un---golpe---en---la---nuca---puede---dejarnos---ciegos/*

La corteza visual ubicada en los lóbulos occipitales es donde la información visual se hace consciente. La primera vez que la corteza visual fue dividida fue por Brodmann que la dividió en tres áreas (17, 18 y 19). Estudios posteriores han

realizado divisiones mucho más finas dividiendo el lóbulo occipital de V1 a V8, aunque de todas ellas hay 5 partes principales: V1, V2, V3, V4 y V5. Cada parte sigue un proceso

jerárquico distribuido con múltiples vías paralelas e interconectadas a cada nivel (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

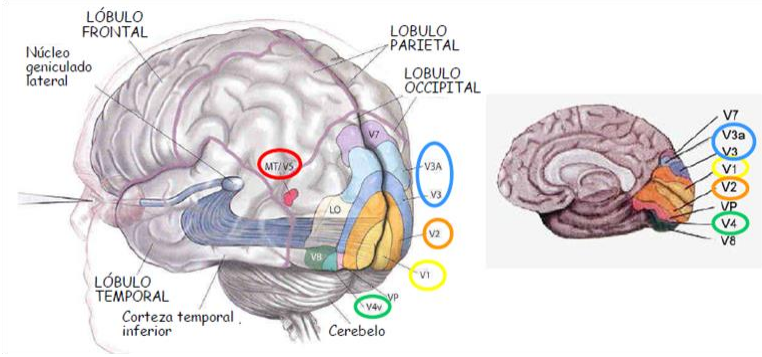


Figura 17: Distribución de las áreas visuales dentro de los lóbulos occipitales.

Fuente: *http://visionyaprendizajedeoptometria.blogspot.com/p/via---parvocelular---y---magnocelular.html*

Las características y funciones de cada parte son:

- V1: la corteza estriada. Es el primer nivel de procesamiento en la jerarquía y recibe las aferencias más importantes del cuerpo geniculado lateral del núcleo del tálamo y proyecta a todas las regiones occipitales de la información acerca del color, forma y movimiento y re--eferencias al cuerpo geniculado lateral y retina. Analiza la información visual y realiza un empaquetamiento y distribución de la información visual. V1 debe funcionar para que el cerebro aproveche lo que están procesando las áreas visuales más especializadas. Las personas que tienen lesiones en V1 actúan como si fueran ciegas, pero las aferencias visuales aún pueden llegar a V2 en parte por medio de proyecciones

desde el cuerpo geniculado lateral a V2. (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

- V2: es el segundo nivel de procesamiento, reanaliza la información recibida por V1 y la proyecta a todas las otras regiones occipitales según el tipo de información que posean acerca del color, forma y

movimiento. V2 es el “supervisor” de V1 (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

- V3: está vinculada con la forma dinámica, es decir, analiza la forma de los objetos que están en movimiento e independiente del color. Una lesión en esta área afectará a la percepción de las formas, pero como V4 también procesa formas, se requerirá de una lesión más grande de las áreas V3 y V4 para eliminar por completo la percepción de las formas (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

- V4: las células de V4 responden a atributos de forma y color. Las lesiones en esta área solo pueden ver en sombras grises, no son

capaces ni de imaginar el color si quiera (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

- V5: es el área especializada en la detección del movimiento independientemente del color. Una lesión en este área elimina la capacidad de percibir objetos en movimiento, cuando están en reposo se perciben pero una vez que comienzan a moverse se desvanecen (Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

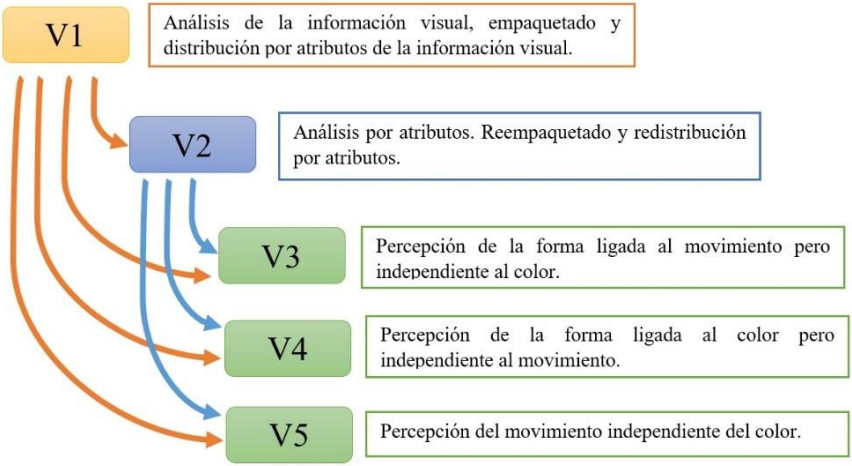
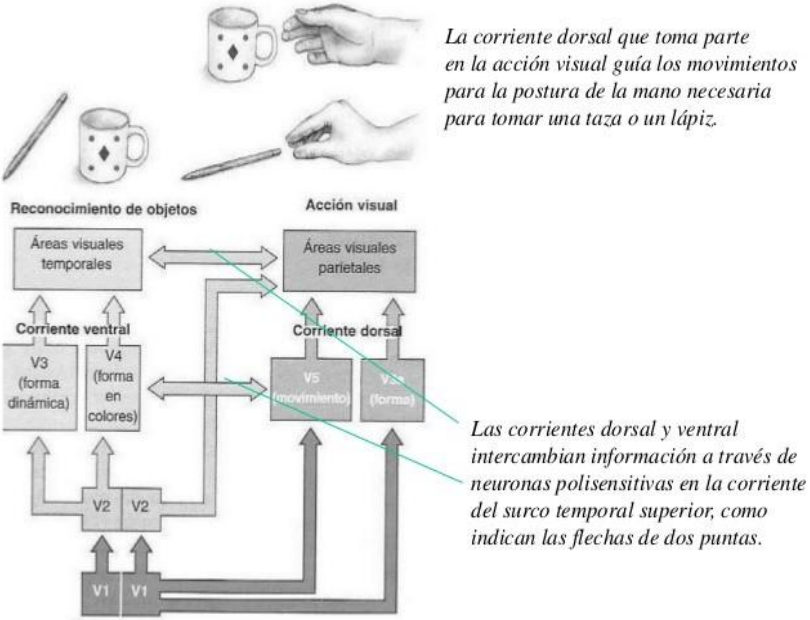


Figura 18: Esquema resumen de las funciones e interacciones de las distintas partes de la

corteza visual.

Además de comprender las cinco partes principales diferenciadas de la corteza visual es importante conocer que después de V2 emergen tres vías paralelas distintas para un mayor procesamiento hacia la corteza parietal generando la corriente dorsal, hacia el surco temporal inferior y hacia la corteza temporal inferior, estas dos últimas generan la corriente ventral. El sistema de identificación de un objeto incluye el flujo de información de la corriente ventral, sin embargo, el flujo de información en la corriente dorsal controla los movimientos guiados visualmente. La corriente ventral está principalmente guiada por la información de V3 (forma dinámica) y V4 (forma de color), sin embargo, la corriente dorsal está principalmente guiada por V5 (movimiento) y V3A (forma), Esta teoría corresponde al modelo de Milner---Goodale. A este modelo se le puede agregar una tercera corriente de procesamiento visual que se origina en estructuras asociadas con

las vías temporales y parietales y, van en dirección a el surco temporal superior, como interacción entre las corrientes ventral y dorsal. Se cree que esta corriente provee una representación perceptiva del movimiento biológico, es decir, de las acciones de los otros, así como las relaciones visuoespaciales entre los elementos de una escena



(Plou, 2018), (Kolb y Whishaw, 2017).

Figura 19: Esquema

organización de la corriente ventral y dorsal. Fuente: *https://es.slideshare.net/laum4/parietaloccipital*

A modo de resumen, y con el fin de entender la relación con la AVD, debemos conocer la trayectoria que sigue el movimiento a través de la vía visual, la retina capta la imagen y es enviada a través de las células bipolares a las células ganglionares, de las cuales, las células ganglionares tipo M son las encargadas de percibir el movimiento. La información de las células ganglionares M viajarán hasta llegar a las capas magnocelulares del CGL, de ahí entrarán en la corteza visual por V1, la cual enviará información a V2 y V5, y seguidamente V2 volverá a mandar la información de movimiento a V5. En esta área de la corteza visual el movimiento será analizado y procesado para dar una respuesta al medio.

Habilidades visuales

Acomodación

Es la capacidad del ojo para variar su poder refractivo con el fin de obtener una imagen en la retina lo más nítida posible de los objetos de los que se desea tener información visual, pudiendo ser objetos cercanos o lejanos en distintas distancias.

Este sistema está diseñado para realizar cambios constantes con fijaciones frecuentes de visión lejana a cerca y viceversa. Gracias a esta capacidad, llega a la retina una imagen clara y definida.

Cuando se realiza la acomodación, el músculo ciliar se contrae y las fibras zonulares se relajan, de modo que aumenta la convexidad de la superficie posterior del cristalino (Carbonell, 2014).

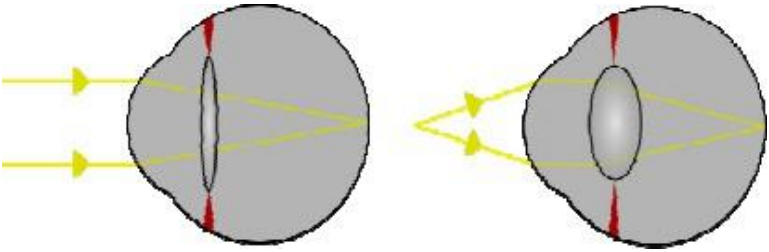


Figura 20: Cambio de forma del cristalino cuando acomoda para obtener una imagen nítida.

Fuente: *https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/41527/1/tesis_carbonell_bonete.pdf*

Durante la acomodación además de la variación de la potencia dióptrica, se producen dos cambios fisiológicos: convergencia ocular y miosis pupilar.

Existen cuatro componentes de la acomodación: la acomodación refleja, vergencial, proximal y tónica.

- Acomodación refleja: es el ajuste automático del estado refractivo con el fin de obtener y mantener la imagen nítida y enfocada en la retina en respuesta a una señal de emborronamiento. Esto ocurre cuando son cantidades pequeñas de emborronamiento, hasta dos dioptrías. Más allá de este valor ya va a ser necesario un esfuerzo acomodativo voluntario.

  La acomodación refleja es el componente más importante de la acomodación tanto en condiciones monoculares como en binoculares.

- Acomodación de vergencia: es la inducida por un movimiento de vergencia. Es la segunda componente más importante.
- Acomodación proximal: es la que se produce por la influencia o el

reconocimiento de la proximidad real o aparente de un objeto.

- Acomodación tónica: aquella parte de la acomodación presente incluso en ausencia de estímulo. Representa el estado de reposo de acomodación, según el tono del músculo ciliar. Esto se reduce con la edad debido a los límites biomecánicos del cristalino.

Motilidad ocular

El propósito de los movimientos oculares es mantener en la zona central de retina, que es la de máxima sensibilidad, la imagen sobre la que mantenemos nuestra *fijación* para así mantenerla nítida (Martin y Corbett, 2001).

Una vez comprendidas las acciones de cada músculo y como se relacionan entre ellos, podemos entender cómo se organizan los movimientos oculares. Existen fundamentalmente tres movimientos oculares principales:

---Los movimientos de seguimiento: También conocidos como movimientos oculares lentos (MOL). Es el movimiento de persecución uniforme de los ojos ante la trayectoria de un objeto en movimiento. Los movimientos de seguimientos siempre son reflejos ante un estímulo visual, sino hay estímulo visual no se pueden realizar

seguimientos oculares. Las velocidades máximas de seguimiento son de aproximadamente 90º/seg, en velocidades superiores se realizan movimientos sacádicos compensatorios. Los movimientos de seguimiento se inician tras una latencia de 125 mseg una vez que el objeto fijado se comienza a desplazar a una velocidad constante, el movimiento inicial es de la misma velocidad que a la que se desplaza el objeto, si posteriormente se retrasa aparece un movimiento de refijación sacádica y se continúa el seguimiento. Los movimientos de seguimiento son resistentes a la fatiga, por tanto, se pueden mantener durante un periodo más largo que los sacádicos. Los seguimientos son generados a nivel cortical y controlados por el cerebelo, por ello son un sistema plástico y se puede entrenar su habilidad. (Glaser, 1993), (Martin y Corbett, 2001).

---Los movimientos sacádicos: También conocidos como movimientos oculares rápidos (MOR). Se dan cuando se cambia la fijación en un nuevo objeto de

interés situado en diferente posición a la del objeto inicial.

Los movimientos sacádicos pueden ser voluntarios, controlados por el área 8 de Brodmann situado en la corteza frontal del cerebro, en la que se controla los movimientos voluntarios de los ojos a través de los doce músculos extraoculares, o reflejos, controlados por el tronco encéfalo (en concreto por los tubérculos

cuadrigéminos). La aparición súbita de un objeto en la periferia visual o de un sonido puede provocar un movimiento sacádico reflejo en dirección al estímulo. Normalmente, estos movimientos sacádicos son acompañados de movimientos de cabeza en la misma dirección.

La velocidad y la extensión dependen de la amplitud del movimiento ocular, la velocidad de los sacádicos pueden variar de 30 a 800º/seg, y la duración puede ser de 20 a 140 mseg. Por tanto la amplitud puede variar entre 0.5 y 40º.

El sistema sacádico es plástico, su magnitud es controlada por circuitos cerebelosos, y estos circuitos alteran la ganancia sacádica en respuesta a déficit neurológico permitiendo su entrenamiento y posterior mejora. Los movimientos sacádicos son movimientos rápidos pero de fatiga rápida, es decir, no se pueden realizar muchos sacádicos seguidos a no ser que estén conjugados con pausas de fijación como

ocurre durante la lectura, por tanto, necesitan un periodo de latencia entre sacádicos. La respuesta del MOR consta de un periodo de aceleración hasta una velocidad máxima y una desaceleración de los ojos rumbo a la nueva posición del objeto. Los movimientos sacádicos pueden ser inhibidos, sin embargo, una vez que se ha iniciado el movimiento sacádico no puede ser inhibido hasta que este finalice.

Se pueden encontrar tres tipos de respuestas sacádicas; ortométricas (cuando el movimiento sacádico es preciso), hipométricas (cuando hay un salto de los ojos antes de llegar al segundo punto de fijación) e hipermétricas (cuando los ojos realizan un salto de mayor amplitud que la demanda y deben realizar un salto de regresión hasta el segundo punto de fijación). (Glaser, 1993), (Martin y Corbett, 2001), (Plou, 2018).

Figura 21: Movimientos sacádicos hipométricos e hipermétricos.

En ambos movimientos oculares, ambos ojos se mueven en la misma dirección (mirada conjugada). Sin embargo, existen movimientos oculares no conjugados, las vergencias.

---Las vergencias: También conocidos como movimientos oculares de vergencia (MOV). Aparecen cuando ambos ojos se desplazan en direcciones contrarias, las más evaluadas son las horizontales. Existen dos tipos de vergencias horizontales:

- La convergencia: Aparece cuando un objeto se acerca a la nariz del observador, en dicho caso para mantener la imagen única y nítida los ojos deben moverse en direcciones contrarias. Es decir, el ojo derecho se desplaza hacia la izquierda y el izquierdo hacia la derecha. (Martin y Corbett, 2001).
- La divergencia: Aparece cuando un objeto se aleja del observador, para mantener la imagen única y nítida los ojos deben moverse en

> direcciones contrarias. Es decir, el ojo derecho se desplaza hacia la derecha y el izquierdo hacia la izquierda. (Martin y Corbett, 2001).

Cuando existe una fijación binocular, a través de la disparidad de ambas imágenes de cada ojo el cerebro interpreta la profundidad del objeto, pero cuando el sistema oculomotor falla el cerebro no es capaz de unir las dos imágenes produciéndose una posible confusión y diplopía. La diplopía hace referencia a la percepción de la misma imagen doble en un determinado campo visual, esto es debido a que las imágenes de ambos ojos no son fusionadas a nivel cortical. Sin embargo, la diplopía no se suele presentar de forma aislada, suele ir acompañada de la confusión, que aparece cuando en la zona central de retina aparecen dos imágenes distintas superpuestas. (Martin y Corbett, 2001).

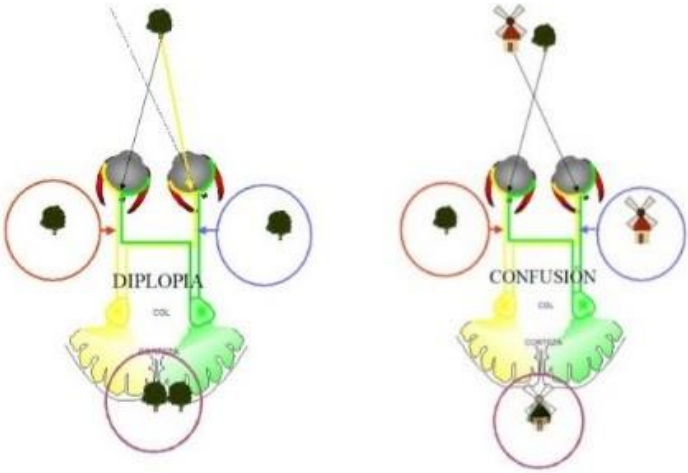


Figura 22: Percepción de diplopía y confusión en un desajuste de alineamiento entre ambos ojos. Fuente: *https://es.slideshare.net/HIBACampusVirtual/semiologa---de---las---desviaciones---oculares*

La diplopía, como hemos comentado, aparece cuando las dos imágenes no pueden ser fusionadas a nivel cortical. Esto suele ser la consecuencia de una desviación de los ejes visuales, es decir, cuando ambos ojos están abiertos y no apuntan a la misma imagen, cuando esto ocurre se le

denomina *tropia o estrabismo*. También podemos encontrar al examinar a un sujeto una *foria*, en este caso cuando los dos ojos están abiertos no existe desviación y a nivel cortical se fusionan las imágenes, sin embargo, al ocluir uno de ellos este se desvía. Según la dirección de la desviación se coloca un prefijo delante de foria o tropia para describirla. Endo será el prefijo usado cuando la desviación sea hacia el interior/nariz (endoforia o endotropia), exo será cuando la desviación sea hacia el exterior, hiper hacia arriba e hipo hacia abajo. (Martin y Corbett, 2001).

También existen vergencias verticales y torsionales. Las vergencias verticales son la divergencia vertical positiva y la negativa. La positiva aparece cuando el ojo derecho está en supraducción y el izquierdo en infraducción (hipertropía del ojo derecho). La negativa es el caso contrario, y por tanto, hipertropia izquierda. Las vergencias torsionales o cicloconvergencias son la inciclovergencia donde ambos extremos superiores de los meridianos verticales de las

córneas se dirigen medialmente, y la exciclovergencia cuando lo hacen lateralmente. Tanto la vergencias verticales como las torsionales son evaluadas únicamente cuando existe una desviación de los ejes visuales a nivel vertical o torsional. (Nácher, 2018), (Zamora, 1992).

Estereopsis

La estereopsis es una habilidad visual que hace posible una percepción simple en profundidad y es considerada como la única propiedad de la visión binocular que permite percibir profundidad y solidez en el espacio visual. Esto se consigue por un proceso de integración de las imágenes retinianas de los dos ojos para originar una sola percepción visual tridimensional que se produce cuando las imágenes que se forman en cada ojo se pueden fusionar en una sola (Bardini R., 1982).

Se desarrolla en los primeros meses de edad a la vez que la visión binocular. Comienza con la fijación bifoveal que tiene lugar entre los tres y seis meses de edad. Su desarrollo es paralelo al de la fusión y está determinado por el desarrollo de la corteza visual (Bermúdez et al, 2007).

Si el proceso de binocularización se ha estructurado bien, se perfeccionará la habilidad estereoscópica que suministra la exacta medida de la colocación de sí mismos y el ambiente limítrofe, de la relación espacial entre los objetos que caen bajo nuestra percepción.

La visión estereoscópica está ausente en pacientes con estrabismo, y es pobre o ausente en los casos de ambliopía (Prado Blanco Y et al, 2013).

Su valor es expresado en segundos de arco.

Para pacientes con una agudeza visual normal se sitúa alrededor de los 40" de arco (Bermúdez et al, 2007).

Hay tres requisitos fundamentales para la visión estereoscópica (Sánchez Pérez MI, 2014).

- Gran superposición binocular de los campos visuales monoculares
- Decusación parcial de las fibras visuales aferentes
- Coordinación de los movimientos conjugados

de ambos ojos

La estereopsis corresponde al nivel más alto posible de la visión binocular.

Nivel 1	Estereopsis	Percepción tridimensional
Nivel 2	Fusión plana	Fusión de imágenes y campos sin estereopsis
Nivel 3	Visión simultánea	Visión binocular sin fusión
Nivel 4	Supresión	Fijación monocular

Figura 23: Niveles de binocularidad, de mayor a menor fuente. Fuente: *https://eprints.ucm.es/27701/1/T35512.pdf*

La estereopsis no debe considerarse como una forma de fusión simple. Aparece cuando la disparidad de las imágenes retinianas es demasiado grande para permitir la simple superposición o fusión de las dos direcciones visuales, pero no es lo suficientemente grande para producir diplopía (Sánchez Pérez MI, 2014).

Cuando se trata de fusionar dos imágenes o puntos dispares, si la disparidad retiniana de las

imágenes es temporal con respecto al centro de cada fóvea, la imagen estereoscópica aparecerá más cerca, mientras que si dicha disparidad es nasal, la imagen estereoscópica será vista más lejos. Si la disparidad llega a ser demasiado grande, las imágenes no podrán ser fusionadas y serán vistas con diplopía. En cambio, si la disparidad no es demasiado grande las imágenes pueden ser fusionadas, incluso cuando no caen exactamente sobre puntos retinianos correspondientes. Todo esto es debido a la disparidad permitida por las Áreas de Panum. Este fenómeno es el responsable de la estereopsis (Sánchez Pérez MI, 2014).

Para que exista estereopsis debe haber disparidad retiniana horizontal de las dos imágenes a distancias superiores a seis metros ya la percepción de la profundidad se basa en pistas monoculares.

Dicha capacidad se mide mediante la agudeza visual estereoscópica.

El valor mínimo de disparidad binocular

coincidirá con la mínima distancia que tenemos que separar dos objetos para verlos separados y con profundidad (Sánchez Pérez MI, 2014).

Es decir, cuanto más bajo es el valor numérico de la estereopsis, mejor es la capacidad estereoscópica, ya que la disparidad binocular que puede ser detectada por el sujeto es menor y la separación angular que puede haber entre dos puntos para que sean percibidos como distintos y vistos con profundidad será menor (Sánchez Pérez MI, 2014).

La estereopsis se mide en visión próxima y en visión lejana usando diferentes

test.

Agudeza visual estática

La AVE es la capacidad del ojo para percibir los detalles del espacio en reposo. Su estudio se realiza mediante unas pruebas determinadas por la edad; hasta los dos años se utilizan métodos indirectos y a partir de esta edad métodos directos (Zamora1992).

Matemáticamente, en valor decimal se define como la inversa del ángulo expresado en minutos de arco (AV= 1/ el ángulo). Aunque en teoría la AV puede ser mayor de 1, en la práctica clínica se considera que la agudeza visual normal se sitúa en torno a la unidad (AV=1), lo que significa que el ángulo es de 1 minuto de arco.

Los optotipos que más se utilizan son los de escala decimal, la Snellen y la logMAR. En la actualidad se considera que los optotipos estandarizados según los criterios de Bayley y Lovie son superiores y su uso está recomendado por diversos organismos como la Organización Mundial de la Salud. Tienen la ventaja de que miden la agudeza visual con mayor precisión y fiabilidad y se han impuesto en el ámbito de la investigación, aunque en la práctica clínica habitual sigue siendo muy frecuente el uso de los optotipos de Snellen (García Aguado J, 2016).

Las características de los optotipos estandarizados son las siguientes:

- Todas las letras o símbolos tienen una legibilidad similar.
- Todas las líneas de optotipos tienen el mismo número de letras o símbolos, idealmente cinco.

- El espacio horizontal entre las letras o símbolos es igual a su anchura y el espacio vertical entre las líneas es igual a la altura de las letras o símbolos de la línea inferior.
- Utilizan como escala de medida el logaritmo del ángulo mínimo de resolución (logMAR).
- La diferencia entre cada línea es homogénea.
- Los optotipos deben ser negros sobre un fondo blanco.

Los optotipos estandarizados con letras, como los de Sloan o los ETDRS, son adecuados partir de los seis años o cuando el niño pueda identificar las letras. También se pueden utilizar optotipos estandarizados con la E volteada, pero requieren tener habilidades de orientación espacial que tal vez los más pequeños no hayan alcanzado (García Aguado J., 2016).

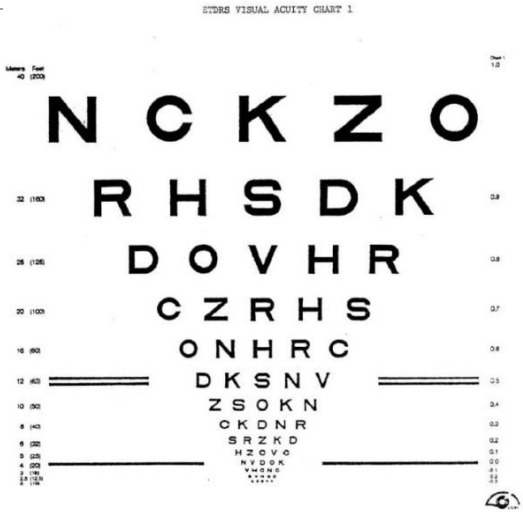


Figura 24: Optotipo ETDRS para la valoración de agudeza visual estática.

Fuente: *http://www.optometriapps.xyz/2013/03/agudeza---visual---y---optotipos.html*

Agudeza visual dinámica

La AVD mide la discriminación visual cuando el observador o el objeto observado se mueven. Se define como el umbral de resolución visual obtenido durante el movimiento cefálico del sujeto o del estímulo visual, que suele tratarse de

optotipos.

En condiciones normales, la agudeza visual va a disminuir en función de la velocidad de movimiento de los optotipos según una relación matemática precisa directamente relacionada con el deterioro del seguimiento lento. Cuando es el sujeto quien se mueve, entra en acción el reflejo vestíbulo ocular, mejorando la calidad de la señal (Santos---Gorjón P, 2018).

Es sabido que la correlación entre AVE y AVD es baja. Además, al medir la AVD no solo evaluamos la mínima separación espacial que el sistema visual puede resolver, sino, también la funcionalidad del sistema oculomotor. De este modo, al valorar la AVD implica medir la capacidad del ojo como buscador activo de información. Hoy sabemos que la AVD es uno de los mejores indicadores en ciertas especialidades deportivas y que correlaciona negativamente con la siniestralidad en accidentes de tráfico (Quevedo L,

2018).

Entre los factores investigados que producen una reducción significativa de la resolución espacial dinámica destacan:

- La velocidad del estímulo, afectando tanto a trayectorias verticales como horizontales.
- El tiempo de exposición del estimulo.
- La iluminación ambiental.
- La disminución del contraste.
- Edad del sujeto.

Esta capacidad visual es susceptible de mejorar con el entrenamiento (Quevedo L, 2018).

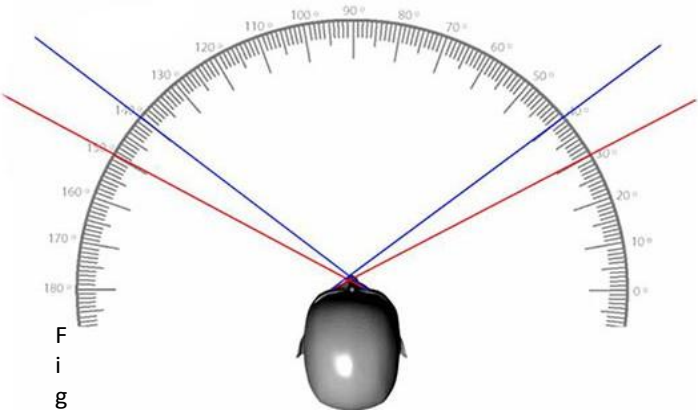
3.4.6 La visión periférica

La visión periférica es la habilidad de localizar, reconocer y responder a la información en las distintas áreas del campo visual alrededor del objeto sobre el cual se fija la atención. La función más característica de la retina periférica es

la detección del movimiento, aunque también se ha constatado su utilización durante acciones de

alcanzar y atrapar, también, parece jugar un importante papel en la coordinación visuomotora, la postura y locomoción en el espacio.

Hay trabajos que demuestran que el entrenamiento sistemático y la mejora de esta habilidad visual pueden potenciar el rendimiento deportivo (Quevedo L, 2007).



Fig

Figura 25: Imagen visión periférica.

Fuente: *https://www.clikisalud.net/vision---periferica---varia---en---persona/*

IV. Material y método

Material

Muestra

La muestra está compuesta de pacientes de ambos sexos con edades comprendidas entre 17 y 70 años con una AV ≥ 0.8 binocular con compensación habitual.

El rango de edad determinada se ha elegido según el criterio de Ishigaki y Miyao (1994) los cuales demostraron que la AV dinámica se desarrolla entre los 5 y 15 años y Burg (1966) evidenció que en la década de los 70 años la AVD era inferior en un 60% que a los 20 años de edad (Lluïsa Quevedo i Junyent, 2007).

La AVE mínima exigida se determinó sabiendo que los valores de AVD siempre resultan inferiores ya que ésta última está ligada a la funcionalidad del sistema oculomotor mientras que la AVE está ligada al poder resolutivo del ojo, por ello se descartan los pacientes con AVE binocular inferior a 0.8 para poder obtener resultados valorables (Lluïsa Quevedo *et al*, 2018).

Material de gestión

Se diseñó un cartel de captación de pacientes, un cuestionario de anamnesis, un documento de consentimiento informado y una ficha de resultados para el estudio.

- Cartel de captación de clientes: Corresponde al Anexo I. Este cartel se elaboró con el fin de atraer el máximo número de pacientes al centro donde se realizó el estudio.

- Cuestionario: Correspondiente al Anexo II. Fue realizado con el fin de valorar una anamnesis específica relacionada con la AVD. El cuestionario consta de cuatro partes:

    - *Anamnesis general*: se evalúa la historia médica del paciente y su nivel de estudio.
    - *Anamnesis visual*: se evalúa la historia visual del paciente y actividades relacionadas con la visión.
    - *Anamnesis vestibular*: se evalúan los síntomas relacionados con problemas vestibulares basados en el estudio de desórdenes vestibulares de la Asociación de Desórdenes Vestibulares de Portland, Estados Unidos.
    - *Pregunta a responder al final* del

test donde se especifica las dificultades para realizar el test.

- Consentimiento informado: Correspondiente al Anexo III. En el consentimiento informado se comunica el paciente el fin de dicho estudio, que los datos personales solo se utilizarán con el fin del propio estudio y que los únicos posibles efectos adversos podrían ser mareos e inestabilidad transitorios.

- Ficha de resultados: Corresponde al Anexo IV. En dicha ficha se apuntan los datos correspondientes a las pruebas optométricas realizadas al paciente y su corrección óptica.

Instrumental para la evaluación

Los diferentes instrumentos y objetos

utilizados para el estudio optométrico de las habilidades relacionadas con la AVD y la propia AVD son:

- Optotipo ETDRS para la medida de la AVE y AVD vestibular.

- Dos puntos de fijación con letras para valorar los movimientos sacádicos y los seguimientos.

- Test de estereopsis TNO + gafas Rojo---Verde.

- Pantalla COI visión con la versión COISport 3.0.: COI Vision es un software de diagnóstico y entrenamiento de habilidades visuales elaborado por profesionales del Centro de Optometría Internacional. En la versión COISport se puede realizar tanto test diagnósticos como tratamientos optométricos en el enfoque específico de la visión deportiva (Cabezas Márquez *et al, 2016).*

  En la sección de diagnóstico encontramos los siguientes test:

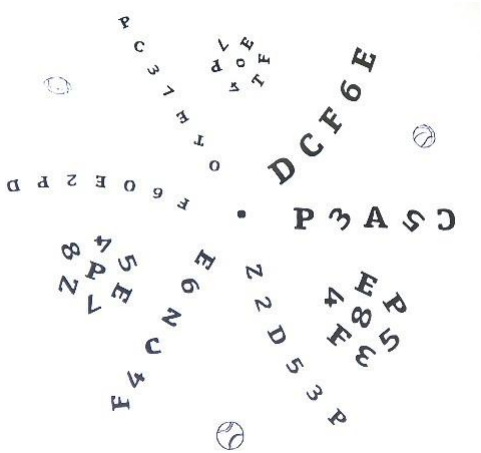
  - Agudeza visual.

- Agudeza visual dinámica.
- Visión de contraste.
- Rotor (o rotador de Bernell).
- Disparidad de fijación.
- Vergencias.
- Hess---Lancaster.
- Estereo test.

En la sección de entrenamiento visual encontramos los siguientes apartados:

- Visión binocular.
- Tic tac toe.
- Tiempo de reacción.
- Sacádicos (DAVEO).
- Taquitoscopio.
- Identificación.
- Flechas de dirección.
- Barra de velocidad.
- Trayectorias (Penalty).

- Rotador de Bernell: Optotipos de letras y números con distinto tamaño (agudeza visual en escala decimal 0.4, 0.6 y 0.8) y localización que giran en sentido horario o antihorario a distintas velocidades. Combinación de AV con revolucionespor minuto (rpm) (Quevedo *et al,* 2016).



- Metrónomo para ayudar a mantener el ritmo en la evaluación de la AVD vestibular.

- Fotómetro para asegurar que la luminancia de todas las salas utilizadas en el estudio

estaban en las mismas condiciones de luminancia.

- Silla de altura fija sin reposabrazos donde permanecerá el paciente en el transcurso de las pruebas no evaluadas en el gabinete.
- Metro para asegurar que todos los test se pasan a la distancia correcta.
- Paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en su versión 18.0 para Windows para el análisis estadístico de los resultados.

Metodología

Se comenzó el proyecto publicando un cartel informativo (Anexo 1) acerca del estudio que se estaba realizando con el fin de captar pacientes interesados en

participar. En dicho cartel se informó al paciente del medio para ponerse en contacto y poder participar.

Una vez que el paciente acudía a nuestro centro (Centro de Optometría Internacional Calle de Chile nº 10, Madrid), se le pasaba a la sala de espera donde se le facilitaba el cuestionario del anexo 2 y el consentimiento informado del anexo 3 de la siguiente manera: "lea atentamente el consentimiento informado, y de estar de acuerdo fírmelo, posteriormente rellene el cuestionario, el apartado de observaciones no es necesario cubrirlo, si tiene alguna duda será resuelta en la primera estación".

Cuando estaba completado el cuestionario y el consentimiento informado, se le hacía pasar al paciente a la estación primera que corresponde al gabinete número dos del centro, en dicha estación se realizaba la

resolución de dudas del cuestionario, la anotación de la graduación del paciente si procedía especificando si era en gafa o en lente de contacto, y se procederá a la evaluación de AVE, seguimientos, sacádicos y estereopsis.

Terminada la primera estación, se acompañaba al paciente a la estación segunda que corresponde al aula del centro donde se encontraba el rotador de Bernell. Se realizaba la evaluación de la AVD con rotador de Bernell.

A continuación el paciente pasaba a la estación tercera que corresponde a la biblioteca del centro y se realizaba la evaluación de la AVD con COI Vision y por último el test de AVD vestibular.

Una vez terminada la evaluación se le preguntaba al paciente si había tenido alguna dificultad para realizar las pruebas, en caso afirmativo se especificaba en el apartado de observaciones del cuestionario.

Las habilidades visuales analizadas fueron evaluadas de la siguiente manera:

Agudeza visual estática

Para evaluarla se sitúo el test ETDRS a 4 metros del paciente. El paciente estaba sentado en la silla del gabinete, y se le preguntará: "¿podría indicarme las letras que corresponden a esta línea?" (AV: 0.8≈ 4/5). En caso de poder discriminarlas se indicaba: "¿podría indicarme las letras que corresponden a la siguiente fila?" y se anotó el resultado de la fila más pequeña discriminada por el paciente en el lugar correspondiente de la ficha de resultados del anexo IV.

Seguimientos

Se evaluaron pidiéndole al paciente que siguiese con los ojos un estímulo presentado a la distancia del largo del brazo mientras se movía lenta y uniformemente entre los extremos en un plano horizontal y, después, en un plano vertical,

haciendo una trayectoria en forma de una hache mayúscula (H). Se valoró si existía una independencia del movimiento ocular con respecto al movimiento de la cabeza. La evaluación se realizó durante aproximadamente 1 minuto y se observó si cambiaba la respuesta del paciente con y sin demanda cognitiva. Las instrucciones que se indicaron al paciente fueron: "siga este objeto con los ojos y avíseme si en algún momento le duelen o lo ve doble". La valoración se realizó según la siguiente tabla obtenida de la bibliografía Procedimientos en Optometría de Beatriz Nácher:

	PRECISIÓN	CABEZA
4	Suave (como un cubito de hielo) y preciso.	Es fácil seguirlo sin esfuerzo con cabeza estática.
3	≤3 saltos, pérdida leve del sitio.	Movimiento leve que puede inhibir.
2	>3 saltos leves.	Leves dificultades para inhibir el movimiento.
1	Pérdida continua del espacio.	Pérdida continua del espacio.

Los resultados obtenidos se anotaron en el lugar correspondiente del anexo IV.

Sacádicos

Se evaluaron pidiéndole al paciente que cambien rápidamente la fijación entre dos estímulos colocados en el plano horizontal a la distancia del largo del brazo. La evaluación de la prueba se realizó durante aproximadamente 1 minuto. El paciente permaneció sentado en la silla de gabinete. Las instrucciones que se indicaron al paciente fueron: "le voy a indicar al punto de fijación que tienes que mirar, no cambie hasta que yo se lo indique". Se presentó al paciente dos puntos de fijación separados no más de 30 grados y se le indicó que mirase a un puntero u a otro variando el ritmo. Se determinó si los movimientos sacádicos eran hipométricos o hipermétricos. La valoración se realizó según la siguiente tabla obtenida de la bibliografía Procedimientos en Optometría de Beatriz Nácher:

	PRECISIÓN	CABEZA
4	Buena calidad, siempre preciso	Siempre sin movimiento de cabeza
3	Ocasionalmente hipermétricos--- hipométricos < 10 % o cerca del punto de fijación	Movimiento leve que puede inhibir
2	Frecuente movimiento	Movimiento leve con dificultades para inhibirlo
1	Siempre movimiento	Movimiento fuerte que no inhibe

Los resultados obtenidos se anotaron en el lugar correspondiente del anexo IV.

Estereopsis

La evaluación de la estereopsis se realizó con el test de estereopsis TNO y una gafa rojo-verde para poder visualizar la imagen. Se le pidió al paciente que se pusiera las gafas rojo---verde (encima de las suyas si las usaba), y se le entregó el test que debía sujetar con las dos manos a una distancia de cuarenta centímetros (cm) (se comprobaba la distancia con un metro) y se le

indicaba: “debe decir que figuras reconoce en cada lámina y en caso de ser las mismas indique la orientación de cada una de ellas”. Los resultados de las figuras percibidas con mayor estereopsis se anotaron en el lugar correspondiente del anexo IV.

Agudeza visual dinámica

Los diferentes test utilizados para valorar la AVD fueron:

- Rotador de Bernell: para valorar la AVD con Rotador de Bernell se situó al paciente a cuatro metros del test sentado sobre una silla fija y sin reposabrazos y se le indicó: “el disco de Bernell va a empezar a girar en el sentido de las agujas del reloj a tres velocidades distintas. Debe indicar en cada situación cuál es la línea de letras más pequeñas que es capaz de distinguir”. Se comenzó por la velocidad de 32 rpm y se anotó el valor de AVD que fue capaz de percibir el paciente, posteriormente se hizo lo mismo con 24 rpm y por último a 16 rpm. En el caso de no poder realizar la prueba se consideró como no valorable. Se anotó el valor en su lugar correspondiente

del anexo IV.

- COI Vision: Se le presentó al paciente el test de AVD del programa COI Vision sobre una pantalla situada a cuatro metros donde una letra se desplazaba con un ritmo continuo a distintas velocidades. En este estudio se utilizó la trayectoria horizontal en ambos sentidos de la trayectoria. El estudio de la AVD se realizó a tres velocidades distintas, 40 centímetro/segundo (cm/s), 30 cm/s y 20cm/s . Se realizó de mayor a menor velocidad. A cada velocidad se presentó un estímulo de agudeza visual 1.0 en ambas direcciones, y se le indicó al paciente: "dígame cuál es la letra que aparece en la pantalla, si no es capaz de leerlo se irá aumentando el tamaño de esta hasta que la identifique". Una vez identificada la letra se anotó el valor de la agudeza visual para cada dirección y velocidad en su lugar

correspondiente de la ficha de resultados del anexo IV.

- Test de AVD vestibular: Se situó al paciente a cuatro metros de una lámina de test ETDRS sentado sobre una silla de altura fija y sin reposabrazos, se sujetó al paciente a ambos lados de la cabeza sin ocluir los oídos. Se le movió la cabeza horizontalmente 45º hacia ambos lados y se evalúo a tres velocidades diferentes, 0.5 ciclos por segundo (cps) , 1 cps y 1.5 cps. Para asegurar que la

frecuencia de movimiento era la apropiada se utilizó un metrónomo como guía a 60 pulsaciones por minuto (ppm) para 0.5 cps y 1 cps, y a 90 ppm para 1.5 cps. Se pidió al paciente: “indique cual es la línea de letras más pequeña que es capaz de diferenciar mientras muevo su cabeza, si en algún momento se marea o no puede continuar con la prueba, comuníquemelo”. En el caso de no poder sostener la prueba se consideró como no valorable. Fue la última prueba realizada para evitar que por posibles mareos el paciente no pudiera continuar con el examen visual. Los resultados obtenidos se anotaron en el lugar correspondiente del anexo IV.

Todas las estaciones se encontraban en las mismas condiciones de luminancia y todos los test se realizaron al 100% de contraste (negro sobre blanco), ya que, aunque en la vida real nos encontramos situaciones con gran variedad de

contrastes y hay una relación entre la AVD y el contraste (a mayor contraste se obtienen mejores valores de AVD según afirmó Lluïsa Quevedo en 2007), en la carta de EDTRS y en el rotador de Bernell el contraste es del 100% y no puede ser modificado. Por ello, con el fin de poder comparar los resultados, todos se realizaron al máximo contraste.

V. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en su versión 18.0 para Windows.

El objetivo es saber cuál es el test más fiable para medir la de AVD entre tres test: COI visión, Rotador de Bernell y Test vestibular.

Los datos obtenidos se dividen en variables cuantitativas y cualitativas:

Variables cualitativas	Variables cuantitativas
❖ Sexo ❖ Sustancias ❖ Compensación ❖ Corrección óptica ❖ Síntomas visuales ❖ Deporte ❖ Videojuegos ❖ Síntomas vestibulares ❖ Molestias Test ❖ Agudeza visual estática ❖ Seguimientos ❖ Movimientos de cabeza asociados a Seguimientos ❖ Sacádicos ❖ Movimientos de cabeza asociados a Sacádicos	❖ Edad ❖ Enfermedad ocular ❖ Enfermedad sistémica ❖ Medicación ❖ Nivel de estudios ❖ Agudeza visual estática ❖ Estereopsis ❖ AVD vestibular 0.5 ciclos/s ❖ AVD vestibular 1 ciclo/s ❖ AVD vestibular 1.5 ciclos/s ❖ AVD rotador 32rpm ❖ AVD rotador 24 rpm ❖ AVD rotador 16 rpm ❖ AVD COI 20cm/s derecha ❖ AVD COI 20cm/s izquierda ❖ AVD COI 30cm/s derecha

	❖ AVD COI 30cm/s izquierda ❖ AVD COI 40cm/s derecha ❖ AVD COI 40cm/s izquierda

Análisis descriptivo de datos

En una primera fase se realizó un análisis descriptivo unidimensional con el fin de clasificar los datos de las variables cualitativas y

Correlaciones

En esta segunda fase se calculará e interpretará el coeficiente de correlación de Pearson entre parejas de variables cuantitativas y el coeficiente de correlación de Spearman, cuando al menos una de las dos variables es categórica a fin de analizar las correlaciones lineales de interés entre ellas.

El SPSS, además de dar el valor de los coeficientes de correlación entre dos variables, añade a cada uno de ellas el p---valor correspondiente al contraste de hipótesis:

H_0: No existe correlación significativa entre las dos variables.

H_1: Existe correlación significativa entre ellas.

a) Correlación entre la edad y diferentes variables cuantitativas

Tabla 2. Correlaciones

	Edad		
	r de Pearson	p---valor	n
AVE	-0,188	**0,131**	66
AVE – AVD vestibular 0.5 CPS	0,119	**0,341**	66
AVE – AVD vestibular 1 CPS	0,071	**0,573**	66
AVE – AVD vestibular 1.5 CPS	-0,037	**0,768**	66
AVE – AVD rotador 16 RPM	-0,155	**0,214**	66
AVE – AVD rotador 24 RPM	-0,127	**0,310**	66
AVE – AVD rotador 32 RPM	-0,014	**0,910**	66
AVE – AVD COI Vision 20 CM/S	-0,144	**0,248**	66
AVE – AVD COI Vision 30 CM/S	-0,124	**0,322**	66
AVE – AVD COI Vision 40 CM/S	-0,048	**0,703**	66

De la tabla se puede concluir, con nivel de confianza del 95%, que la edad es independiente a

cada una de las variables cuantitativas analizadas, ya que, todos los p--- valor son mayores a 0,05. A pesar de ello, podemos afirmar que a mayor edad, la AVE disminuye y que se observa menor diferencia de AVE con respecto a la AVD en el test vestibular a 1.5 cps, en el test rotador a todas las velocidades y en el test COI Vision a todas las velocidades. Sin embargo, se aprecia mayor diferencia para el test vestibular a 0.5cps y 1 cps.

b) Correlación entre la edad y diferentes variables cualitativas

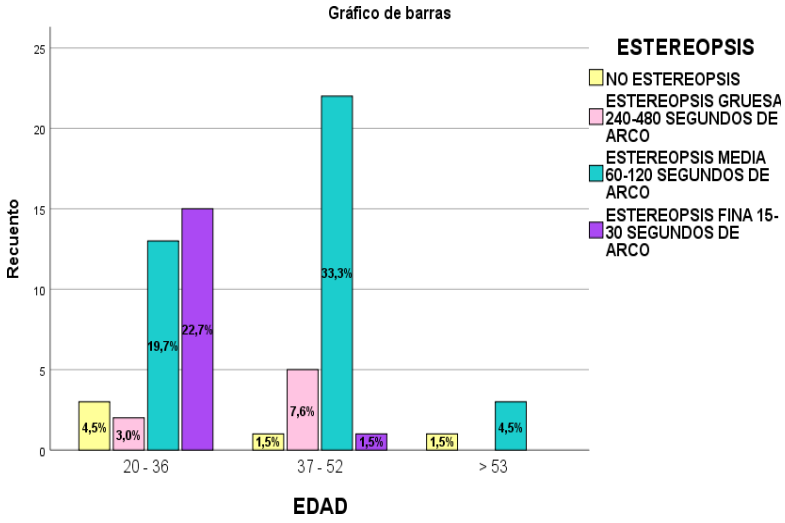
Tabla 3. Correlaciones

	Edad		
	Rho de Spearman	p---valor	N
ESTEREOPSIS	-0,391	**0,001**	66
SÍNTOMAS VISUALES	0,136	**0,275**	66
SÍNTOMAS	0,058	**0,646**	66

VESTIBULARES			

De la tabla se concluye que, con un nivel de confianza del 95%, no existe dependencia entre la edad y los síntomas visuales o los vestibulares. Sin embargo, con un nivel de confianza del 99%, se puede afirmar que existe dependencia entre la edad y la estereopsis, dicha dependencia es inversamente proporcional, es decir, a mayor edad peor estereopsis presentan los sujetos.

Gráfica 1. Relación entre la edad y la estereopsis



Asociación entre variables cualitativas

En la **tercera fase** del análisis, mediante el contraste de la chi---cuadrado ($?^2$), también llamado **tabla de contingencia** se analiza el grado de asociación existente entre cada dos variables cualitativas de interés en el análisis. Sus hipótesis son:

H_0: Las variables son independientes, H_1: Están asociadas, son dependientes.

a) ¿Están asociadas las variables patología ocular con los síntomas visuales y vestibulares?

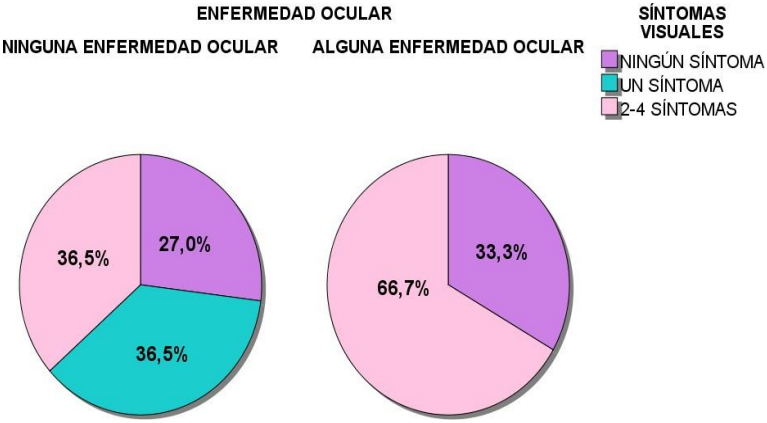
Tabla 4. Asociación de la variable patología ocular con las variables de síntomas visuales y vestibulares

Variables a asociar con la variable patología ocular	**Coef. C p-valor**	**Conclusiones**
Síntomas visuales	**0,164 0,401**	Como el p-valor = 0,401 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables enfermedad ocular y los síntomas visuales que puedan relacionarse con la AVD, no están asociadas.
Síntomas vestibulares	**0,320 0,057**	Dado que el p-valor = prácticamente con 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables enfermedad ocular y los síntomas vestibulares que pueden afectar a la AVD, están asociadas.

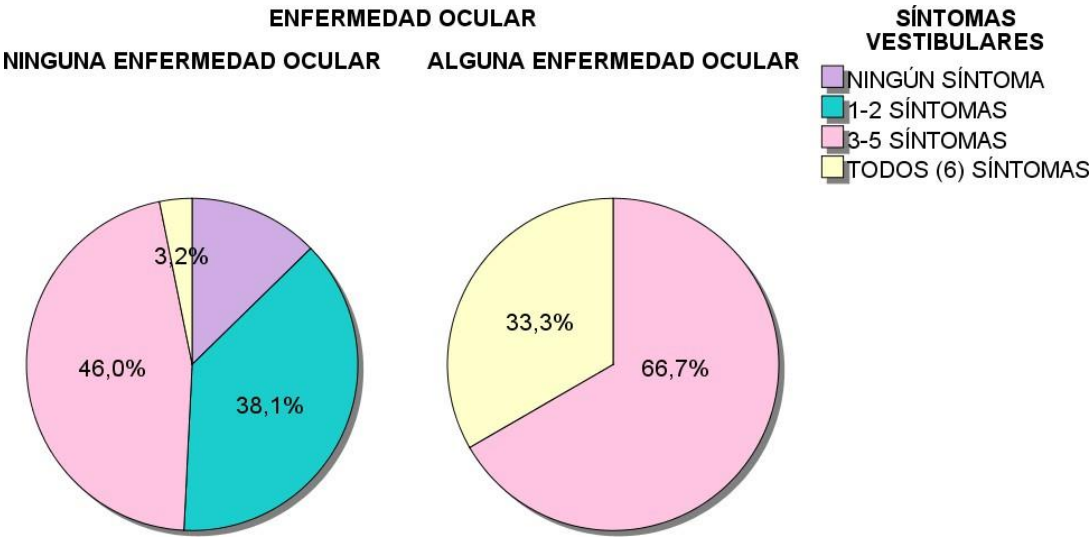
Los pacientes que no presentan ninguna enfermedad ocular no muestran atracción o rechazo por tener mayor o menor número de síntomas visuales, sin embargo, en pacientes con patología ocular si se observa cierta atracción por padecer mayor número de síntomas visuales (2 > 1,1).

En el caso de padecer alguna enfermedad ocular, los pacientes presentan la aparición de tres o más síntomas vestibulares que pueden afectar a la AVD.

Gráfica 2. Asociación entre la patología ocular y los síntomas visuales



Gráfica 3. Asociación entre la presencia de patología ocular y los síntomas vestibulares



b) ¿Están asociadas las variables consumo de sustancias con los síntomas visuales y vestibulares?

Tabla 5. Asociación de la variable consumo de sustancias con las variables de síntomas visuales y vestibulares

Variables a asociar con la variable consumo de Sustancias	**Coef. C p-valor**	**Conclusiones**
Síntomas visuales	**0,398 0,411**	Como el p---valor = 0,411 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables consumo de sustancias nocivas y los síntomas visuales que pueden influenciar la AVD, no están asociadas.
Síntomas vestibulares	**0,355 0,946**	Como el p---valor = 0,946 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables consumo de sustancias nocivas y los síntomas vestibulares que pueden afectar a la AVD,

		no están asociadas.

La frecuencia de menor cantidad de síntomas visuales la encontramos en individuos con ningún consumo de sustancias (8 > 5,5), sin embargo, en sujetos con consumo de alcohol ocasional se encontró mayor de frecuencia de mayor número de síntomas visuales (15 > 12,5).

En el caso de los síntomas vestibulares, la frecuencia de menor cantidad de síntomas vestibulares la encontramos en individuos con ningún consumo de sustancias (4 > 2,4), sin embargo, en sujetos con consumo de alcohol y tabaco ocasional se encontró mayor de frecuencia de mayor número de síntomas vestibulares (1 > 0,4).

c) ¿Están asociadas las variables tipo de compensación con los síntomas visuales y vestibulares?

Tabla 6. Asociación de la variable tipo de compensación con las variables de síntomas visuales y vestibulares

Variables a asociar con la variable tipo de compensación	**Coef. C** p---valor	**Conclusiones**
Síntomas visuales	**0,326** **0,098**	Como el p---valor = 0,098 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables tipo de compensación y los síntomas visuales que puedan afectar a la AVD, no están asociadas.
Síntomas vestibulares	**0,304** **0,348**	Como el p---valor = 0,348 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables tipo de compensación y los síntomas vestibulares que están

		relacionados con AVD, no están asociadas.

No se observa mayor atracción por no padecer ningún síntoma visual independientemente del tipo de compensación y, sin embargo, si se observa mayor atracción por padecer mayor número de síntomas visuales en pacientes usuarios de LC (6 > 3).

Se observa mayor atracción por no padecer ningún síntoma vestibular en pacientes con LC (2 > 1) y mayor rechazo de padecer mayor número de síntomas vestibulares en pacientes sin ninguna compensación (1 < 1,9).

d) ¿Están asociadas las variables entre los síntomas visuales y los síntomas vestibulares?

Tabla 7. Resultado del contraste

	Valor	p---valor
Coeficiente de contingencia C	0,302	**0,355**

Nº de casos válidos	66	

Como el p---valor = 0,355 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables síntomas visuales que pueden afectar a la AVD y los síntomas vestibulares que pueden afectar a la AVD, no están relacionados.

Con independencia del resultado de asociación significativa o no, en la tabla que sigue, comparando los valores observados (Recuento), con los esperados bajo el supuesto de independencia (Fr. esperada). En nuestro caso ambos valores no están muy próximos en todas las casillas, por tanto, la frecuencia de asociación esperada y observada no son muy similares. La mayor frecuencia hallada de menor cantidad de síntomas vestibulares se encontró en relación a los sujetos con menor cantidad de síntomas visuales, además, cuantos más síntomas visuales presentaran los sujetos, más síntomas vestibulares se encontraron. Es decir, los valores observados de

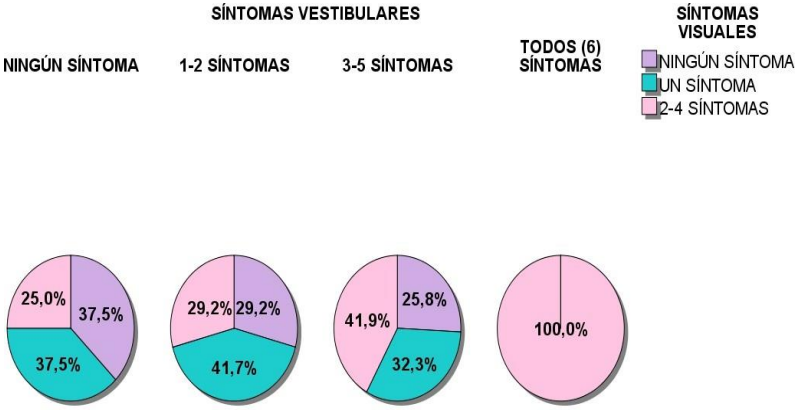
mayores síntomas vestibulares con respecto a los síntomas visuales fueron mayores de lo esperado cuantos más síntomas visuales padecían los pacientes. También la gráfica muestra la relación entre ambas variables.

Tabla 8. Tabla de contingencia entre los síntomas visuales y los síntomas vestibulares

			SÍNTOMAS VISUALES			Total
			NINGÚN SÍNTOMA	UN SÍNTOMA	2---4 SÍNTOMAS	
SÍNTOMAS VESTIBULARES	NINGÚN SÍNTOMA	Recuento	3	3	2	8
		Fr. esperada	2,2	2,8	3	8
	1---2 SÍNTOMAS	Recuento	7	10	7	24
		Fr. esperada	6,5	8,4	9,1	24
	3---5 SÍNTOMAS	Recuento	8	10	13	31
		Fr. esperada	8,5	10,8	11,7	31
	TODOS (6) SÍNTOMAS	Recuento	0	0	3	3
		Fr. esperada	0,8	1	1,1	3

Total	**Recuento**	18	23	25	66
	Fr. Esperada	18	23	25	66

Gráfica 4. Asociación entre los síntomas vestibulares y los síntomas visuales



e) ¿Está asociada la variable estereopsis con los síntomas visuales y visuales?

Tabla 9. Asociación de la variable estereopsis con las variables de síntomas visuales y vestibulares

Variables a asociar con la variabl	**Coef. C p- --valor**	**Conclusiones**

e estereopsis		
Síntomas visuales	**0,216** **0,779**	Como el p---valor = 0,779 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables de estereopsis y los síntomas visuales que pueden afectar a la AVD, no están relacionadas.
Síntomas vestibulares	**0,422** **0,112**	Como el p---valor = 0,112 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables tipo de compensación y los síntomas vestibulares que están relacionados con la AVD no están asociadas.

Se observa una atracción de mayor cantidad de síntomas visuales en pacientes sin estereopsis (3 > 1,9) y mayor atracción de padecer un síntoma visual en pacientes con estereopsis fina (7 > 5,6).

Se contempla mayor atracción por no padecer ningún síntoma vestibular en pacientes con estereopsis media y gruesa, sin embargo, existe una atracción en padecer mayor número de síntomas vestibulares en pacientes sin estereopsis (1 > 0,2).

f) ¿Están asociadas las variables de actividad deportiva con los síntomas visuales y vestibulares?

Tabla 10. Asociación de la variable actividad deportiva con las variables de síntomas visuales y vestibulares

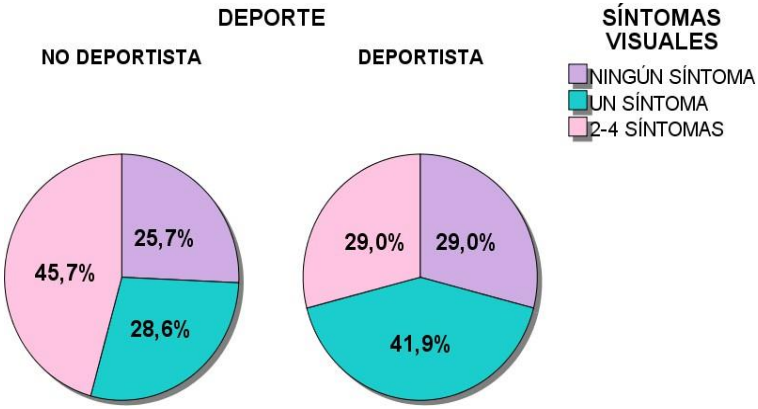
Variables a asociar con la variable actividad deportiva	**Coef. C p-valor**	**Conclusiones**
		Como el p-valor = 0,347 supera a 0,05, con un nivel

Síntomas visuales	**0,176** **0,347**	de confianza del 95% debemos concluir que las variables de deporte y síntomas visuales, no están relacionadas.
Síntomas vestibulares	**0,297** **0,095**	Como el p---valor = 0,095 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables de deporte y síntomas vestibulares que pueden estar relacionados con la AVD, no están relacionadas.

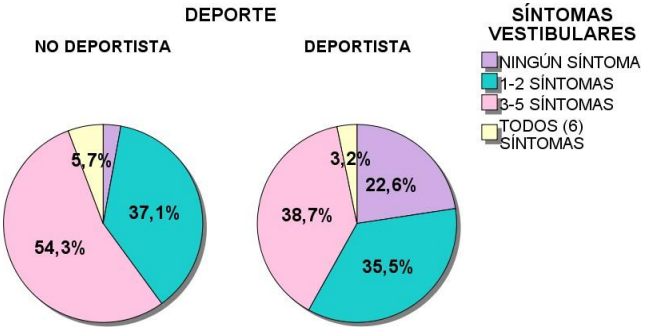
Se observa una atracción a no padecer síntomas visuales en los deportistas (9 > 8,5) y una atracción a padecer más síntomas visuales en los no deportistas (16 > 13,3).

Se aprecia una atracción a no padecer ningún síntoma en deportistas (7 > 3,8) y una atracción a padecer mayor número de síntomas en no deportistas (2 > 1,6).

Gráfica 5. Asociación entre la actividad deportiva y los síntomas visuales



Gráfica 6. Asociación entre la actividad deportiva y los síntomas vestibulares



g) ¿Están asociadas la variable molestias al realizar los test de AVD con otras variables cualitativas de interés?

Tabla 11. Asociación de la variable molestias al realizar los test de AVD con otras variables cualitativas

Variables a asociar con la variable molestias al realizar los test de AVD	**Coef. C p-valor**	**Conclusiones**
Deporte	**0,341** **0,193**	Como el p-valor = 0,193 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables no están relacionadas.
Síntomas visuales	**0,378** **0,530**	Como el p-valor = 0,530 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables no están relacionadas.

Síntomas vestibulares	**0,420** **0,468**	Como el p---valor = 0,420 supera a 0,05, con un nivel de confianza del 95% debemos concluir que las variables no están relacionadas.

Se observa una mayor atracción por no padecer molestias al realizar los test en los no deportistas (24 > 21,2). En los sujetos deportistas se observa mayor frecuencia de molestias al realizar dos o tres de los test de AVD.

La mayor atracción de no tener ninguna molestia al realizar los test de AVD se encuentra en sujetos que no poseen síntomas visuales (13 > 10,3), y la mayor atracción a padecer la molestia al realizar los tres test la encontramos en sujetos con mayor número de síntomas visuales (2 > 1,1).

Existe una atracción de padecer molestias al realizar los diferentes test de AVD cuanto mayor es el número de síntomas vestibulares que presenta el sujeto. Sin embargo, el COI Vision también

posee una alta frecuencia en pacientes con bajo número de síntomas vestibulares.

De los sesenta y seis pacientes que componen la muestra, cuarenta sujetos (60.6%) no presentaron molestias tras realizar las tres pruebas distintas de AVD. Veinte sujetos presentaron molestias al realizar una de las pruebas de AVD, de ellos, catorce sujetos

(21.2%) presentaron molestias al realizar el test vestibular. Cinco sujetos (7.6%) presentaron molestias al realizar el COI Visión y un sujeto (1.5%) presentó molestias al realizar el rotador. Los seis sujetos restantes presentaron molestias con varios test. Dos sujetos (3%) presentaron molestias al realizar el test vestibular y COI Visión. Un sujeto (1.5%) presentó molestias al realizar el test vestibular y rotador y, por último, Tres pacientes (4.5%) presentaron molestias al realizar los tres test de AVD (vestibular, rotador, y COI Visión).

Comparación de medias

Finalmente, cuarta fase de análisis, verificaremos si los valores medios de las variables cuantitativas de interés, permanecen iguales o cambian significativamente al compararlas según distintas

agrupaciones: sexo, ojo, edad agrupada, etc.

Se procede así porque la media aritmética es el parámetro que mejor contiene y resume la información de todos los datos de cada variable cuantitativa. Consecuentemente, vamos a aplicar contrastes de hipótesis que comparan la media de dos o más muestras tanto independientes como apareadas o relacionadas.

Para poder aplicar el test de la t de Student que es el más potente para comparar dos medias y el test ANOVA para comparar más de dos, tendremos que verificar previamente, tras justificar que los datos fueron tomados de forma aleatoria, que los datos de estas variables se ajustan a una distribución normal. Lo haremos mediante el **contraste de Kolmogorov---Smirnov** de hipótesis:

H_0: Los datos se ajustan a una distribución normal, H_1: No se ajustan.

a) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD a través del test vestibular

Tabla 12. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS	AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS	AVE --- AVD VESTIBULAR 1.5 CPS
n		66	66	66
Parámetros	**Media**	**0,16**	**0,32**	**0,55**
	DT	0.203	0.243	0.261
Z de Kolmogorov-Smirnov		6,408	2,327	2,625
p---valor		**0,000**	**0,005**	**0,145**

Dos de los tres p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de dos de estas tres variables no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

Prueba de Friedman	
n	66

Chi---cuadrado	112,73
GI	2
p---valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las tres medias son distintas, lo que supone que han disminuido significativamente conforme disminuye la velocidad en cps.

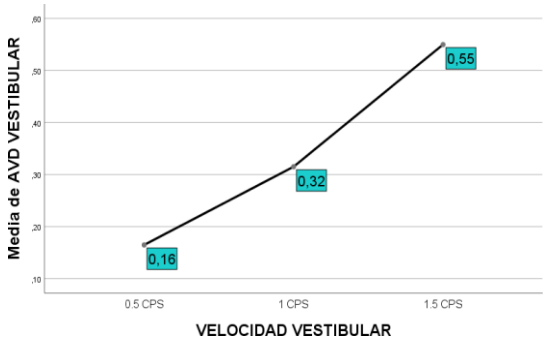
Comparando las tres medias de dos en dos mediante el contrate de mínimas diferencias significativas se obtiene:

Tabla 13. Comparaciones múltiples, test DMS para los valores de la diferencia de AVE con AVD con test vestibular

(I) FASE	(J) FASE	Diferencia de medias (I---J)	Error típico	p---valor
0.5 CPS	1 CPS	-0,15	0,041	**0,000**
	1.5 CPS	-0,38	0,041	**0,000**
1 CPS	0.5 CPS	0,15	0,041	**0,000**
	1.5 CPS	-0,23	0,041	**0,000**
1.5 CPS	0.5 CPS	0,38	0,041	**0,000**
	1 CPS	0,23	0,041	**0,000**

Todos los p---valores nos indican diferencias

significativas entre cada dos medias. Gráficamente:



En el gráfico podemos observar cómo a medida que aumenta la velocidad la diferencia de AVD vestibular con respecto a la AVE es mayor. La media de la diferencia de AVD con el test vestibular a 0.5 cps respecto a la AVE fue de 0,16, esta media bajó cuando el test se realizó a una velocidad de 1 cps a un valor de 0,32, supone un descenso del 50%, y de esta a la velocidad de 1.5 cps a un valor de 0,55, el descenso fue del 41.82%.

b) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD a través del test rotador

Tabla 14. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AVE - -- AVD ROT ADO R 16 RPM	AVE - -- AVD ROT ADO R 24 RPM	AVE - -- AVD ROT ADO R 32 RPM
n		66	66	66
Parámetros	Media	**0,44**	**0,49**	**0,57**
	DT	0,236	0.231	0,215
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,789	3,314	3,822
p---valor		**0,000**	**0,000**	**0,000**

Los tres p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres variables no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1:

No lo son.

Prueba de Friedman	
N	66
Chi---cuadrado	59,80
Gl	2
p---valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las tres medias son distintas, lo que supone que han disminuido significativamente*.

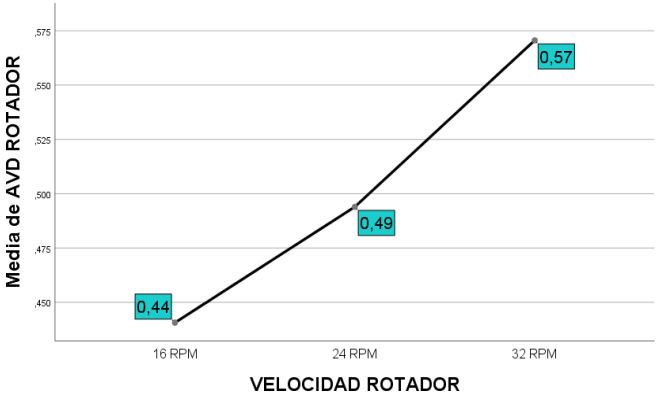
Comparando las tres medias de dos en dos mediante el contrate de mínimas diferencias significativas se obtiene:

Tabla 15. Comparaciones múltiples, test DMS para los valores de la diferencia de AVE con AVD con test rotador

(I) FASE	(J) FASE	Diferencia de medias (I---J)	Error típico	p---valor
16 RPM	24 RPM	-0,053	0,04	0,184
	32 RPM	-0,13	0,04	**0,001**
24 RPM	16 RPM	0,053	0,04	0,184
	32 RPM	-0,077	0,04	**0,053**
32 RPM	16 RPM	0,13	0,04	**0,001**
	24 RPM	0,077	0,04	**0,053**

El test DMS muestra dos p---valores menores que 0,05 por lo que existen dos diferencias significativas para la diferencia entre la AVE y la AVD con el test rotador a las tres velocidades distintas, estas son entre la velocidad de 16 rpm y la de 32 rpm, y entre 24 rpm y 32 rpm, es decir, el valor más diferente se encuentra en la máxima velocidad.

Gráficamente:



En el gráfico podemos observar como a medida que aumenta la velocidad la diferencia de AVD rotador con respecto a la AVE es mayor. La media de la diferencia de AVD con el test rotador a 16 rpm respecto a la AVE fue de 0,44, esta media bajó cuando el test se realizó a una velocidad de 24 rpm a un valor de 0,49, supone un descenso del 10.93%, y de ésta a la velocidad de 32 rpm a un valor de 0,58, el descenso fue del 14.23%.

c) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD a través del test COI VISION

Tabla 16. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AVE --- AVD COI 20 CMPS	AVE --- AVD COI 30 CMPS	AVE --- AVD COI 40 CMPS
n		66	66	66
Parámetros	Media	**0,31**	**0.34**	**0,38**
	DT	0.217	0.221	0.198
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,189	2,292	2,649
p---valor		**0,000**	**0,005**	**0,058**

Dos de los tres p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de dos de estas tres variables no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

Prueba de Friedman	
n	66
Chi---cuadrado	24,93
Gl	2
p---valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las tres medias son distintas, lo que supone que han disminuido significativamente*.

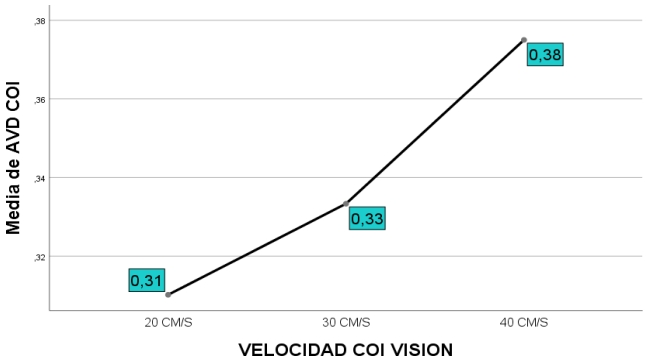
Comparando las tres medias de dos en dos mediante el contrate de mínimas diferencias significativas se obtiene:

Tabla 17. Comparaciones múltiples, test DMS para los valores de la diferencia de AVE con AVD con test COI Visión

(I) FASE	(J) FAE	Diferencia de medias (I---J)	Error típico	p---valor
20 CM/S	30 CM/S	-0,02	0,037	**0,535**
	40 CM/S	-0,06	0,037	**0,082**
30 CM/S	20 CM/S	0,02	0,037	**0,535**
	40 CM/S	-0,04	0,037	**0,258**
40 CM/S	20 CM/S	0,06	0,037	**0,082**
	30 CM/S	0,04	0,037	**0,258**

El que todos los p---valores sean mayores que 0,05 nos indica que comparadas de dos en dos no se encuentran diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%.

Gráficamente:



En el gráfico podemos observar como a medida que aumenta la velocidad la diferencia de AVD COI Visión con respecto a la AVE es mayor. La media de la diferencia de AVD con el test COI Visón a 20cm/s respecto a la AVE fue de 0,31, esta media de la diferencia bajó cuando el test se realizó a una velocidad de 30 cm/s a un valor de 0,33, supone un descenso del 6,06%, y de esta a la velocidad de 40 cm/s a un valor de 0,38, el descenso fue del 13,16%.

d) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD de los diferentes test a la velocidad más baja que se midieron

Tabla 18. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS	AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM	AVE --- AVD COI 20 CMPS
n		66	66	66
Parámetros normales	Media	0,165	0,439	0,307
	DT	0,203	0,236	0,217
Z de Kolmogorov---Smirnov		0,292	0,339	0,255
p---valor		**0,000**	**0,000**	**0,000**

Los tres p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

Prueba de Friedman	
n	66
Chi---cuadrado	77,71
Gl	2
p---valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las tres medias son distintas*.

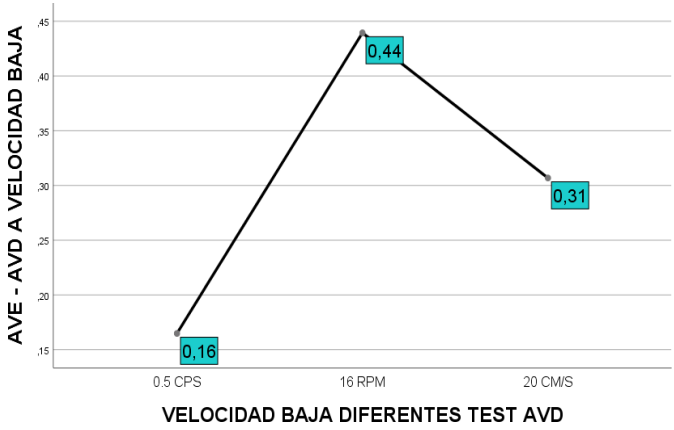
Comparando las tres medias de dos en dos mediante el contrate de mínimas diferencias significativas se obtiene:

Tabla 19. Comparaciones múltiples, test DMS para los valores de la diferencia de AVE con AVD a velocidad baja

(I) FASE	(J) FASE	Diferencia de medias (I---J)	Error típico	p---valor
0.5 CPS	16 RPM	-0,27	0,038	**0,000**
	20 CM/S	-0,14	0,038	**0,000**
16 RPM	0.5 CPS	0,27	0,038	**0,000**
	20 CM/S	0,13	0,038	**0,001**
20 CM/S	0.5 CPS	0,14	0,038	**0,000**
	16 RPM	-0,13	0,038	**0,001**

El test DMS nos permite concluir que existen diferencias significativas para la diferencia entre la AVE y la AVD para las velocidades bajas de los tres test (vestibular, rotador y COI Visión).

Gráficamente:



En el gráfico podemos observar como los valores de la diferencia entre la AVE y la AVD a velocidad baja en los tres diferentes test. La media de la diferencia de AVD con respecto a la AVE a la velocidad más baja en el test vestibular fue el menor valor, 0,16, la mayor diferencia de valor se obtuvo para la velocidad más baja en el test rotador, 0,44, un 63,63% de pérdida de AVD del rotador frente al vestibular. En el COI Visión la pérdida de agudeza en la velocidad baja fue del 0,31, un 48,39% de pérdida de AVD del COI Visión

frente al vestibular.

e) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD de los diferentes test a la velocidad media a la que se midieron

Tabla 20. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS	AVE --- AVD ROTADOR 24 RPM	AVE --- AVD COI 30 CMPS
n		66	66	66
Parámetros	Media	**0,32**	**0,49**	**0,34**
	DT	0,243	0,231	0,221
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,213	0,325	0,214
p---valor		**0,000**	**0,000**	**0,000**

Los tres p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

Prueba de Friedman	
n	66
Chi---cuadrado	52,11
GI	2
p---valor	**0,000**

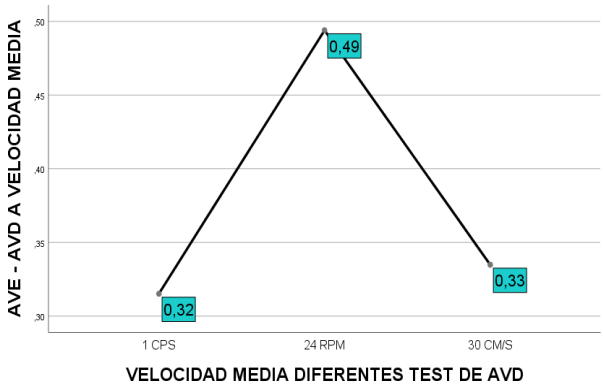
Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las tres medias son distintas*.

Comparando las tres medias de dos en dos mediante el contraste de mínimas diferencias significativas se obtiene:

Tabla 21. Comparaciones múltiples, test DMS para los valores de la diferencia de AVE con AVD a velocidad media

(I) FASE	(J) FASE	Diferencia de medias (I---J)	Error típico	p---valor
1 CPS	24 RPM	-0,18	0,04	**0,000**
	30 CM/S	-0,02	0,04	**0,626**
24 RPM	1 CPS	0,18	0,04	**0,000**
	30 CM/S	0,16	0,04	**0,000**
30 CM/S	1 CPS	0,02	0,04	**0,626**
	24 RPM	-0,16	0,04	**0,000**

Gráficamente:



En el gráfico podemos observar como los valores de la diferencia entre la AVE y la AVD a velocidad media en los tres diferentes test. La media de la diferencia de AVD con respecto a la AVE a la velocidad media en el test vestibular fue el menor valor, 0,32, la mayor diferencia de valor se obtuvo para la velocidad media en el test rotador, 0,49, un 34,69% de pérdida de AVD del rotador frente al vestibular. En el COI Visión la pérdida de agudeza en la velocidad baja fue del 0,33, un 3,03% de pérdida de AVD del COI Visión frente al vestibular.

f) Comparación de las medias de la diferencia de la AVE y la AVD de los diferentes test a la velocidad más alta a la que se midieron

Tabla 22. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AVE --- AVD VESTIBULAR 1.5 CPS	AVE --- AVD ROTADO R 32 RPM	AVE --- AVD COI 40 CM/S
n		66	66	66
Parámetros	Media	**0,55**	**0,58**	**0,38**
	DT	0,261	0,215	0,198
Z de Kolmogorov---Smirnov		0,141	0,263	0,164
p---valor		**0,002**	**0,000**	**0,000**

Los tres p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el

contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

Prueba de Friedman	
n	66
Chi---cuadrado	54,41
Gl	2
p---valor	**0,000**

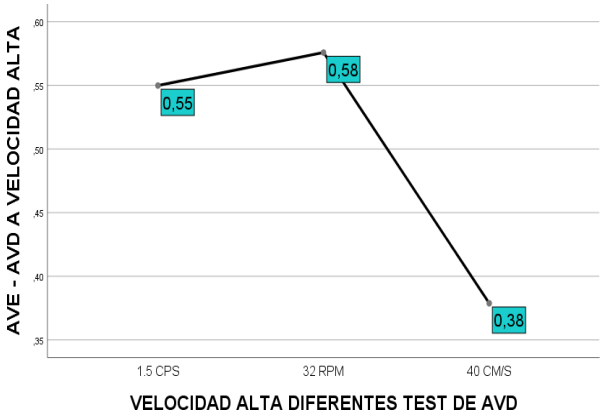
Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las tres medias son distintas*.

Comparando las tres medias de dos en dos mediante el contrate de mínimas diferencias significativas se obtiene:

Tabla 23. Comparaciones múltiples, test DMS para los valores de la diferencia de AVE con AVD a velocidad alta

(I) FASE	(J) FASE	Diferencia de medias (I---J)	Error típico	p---valor
1.5 CPS	32 RPM	-0,026	0,039	**0,512**
	40 CM/S	0,171	0,039	**0,000**
32 RPM	1.5 CPS	0,026	0,039	**0,512**
	40 CM/S	0,197	0,039	**0,000**
40 CM/S	1.5 CPS	-0,171	0,039	**0,000**
	32 RPM	-0,197	0,039	**0,000**

Los p---valores del test DMS nos permiten concluir que existen dos diferencias significativas; *las medias 0,55 del test vestibular y 0,58 del test rotador superan significativamente a la media 0,38 del test COI visión*. Gráficamente:



En el gráfico podemos observar cómo los valores de la diferencia entre la AVE y la AVD a velocidad alta en los tres diferentes test. La media de la diferencia de AVD con respecto a la AVE con menor valor para la velocidad más alta fue en el test COI Visión, 0,38, el mayor valor se obtuvo para la velocidad más alta en el test rotador, 0,58, un 34,48% de pérdida de AVD del rotador frente al COI Visión. En el test vestibular la pérdida de agudeza en la velocidad alta fue del 0,55, un 30,9% de pérdida de AVD frente al COI Visión.

g) Comparación de la media de AVE y las medias de la AVD del test vestibular a las diferentes velocidades

Tabla 24. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA	AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS	AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS	AVE --- AVD VESTIBULAR 1.5 CPS
n		66	66	66	66
Parámetros	Media	**1,22**	**0,16**	**0,32**	**0,55**
	DT	0,263	0,203	0,243	0,261
Z de Kolmogorov---Smirnov		0,296	0,292	0,213	0,141
p---valor		**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,002**

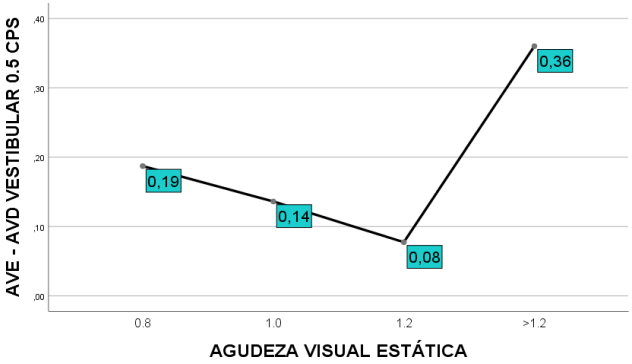
Los cuatro p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

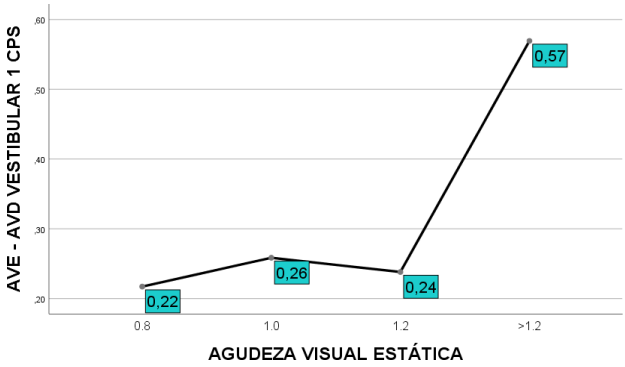
H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

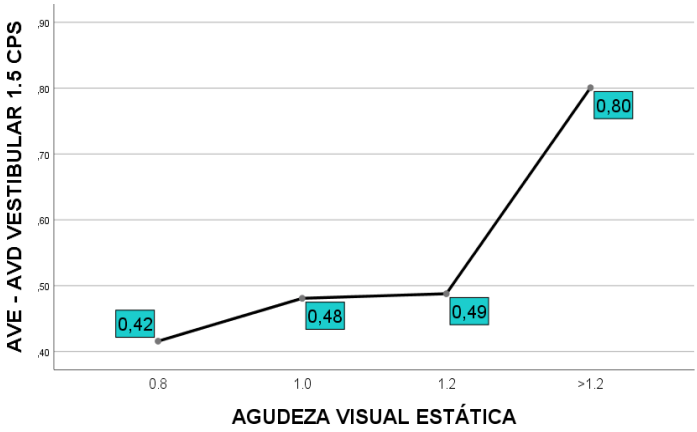
Prueba de Friedman	
n	66
Chi---cuadrado	187,61
Gl	3
p---valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las cuatro medias son distintas*.

Gráficamente:






AVE - AVD VESTIBULAR 1.5 CPS
,90
,80
,70
,60
,50
,40
0,42
0,48
0,49
0,80
0.8
1.0
1.2
>1.2
AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA

De estas tres gráficas podemos concluir que para la velocidad de 0.5 cps la pérdida de AVD fue muy leve en AVE de hasta 1,2. Para valores superiores a 1,2 la pérdida era mayor, de 0,36. Para la velocidad de 1 cps, la pérdida fue de 0,2 aproximadamente hasta 1,2 de AVE, para AVE mayores a 1,2 la pérdida hallada fue mayor. Para la velocidad de 1,5 cps la pérdida de agudeza fue de aproximadamente 0,5 y, para AVE mayores a 1,2 de 0,8.

h) Comparación de la media de AVE y las medias de la AVD del test rotador a las diferentes velocidades

Tabla 25. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

	AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA	AVE --- AVD ROTADOR 1	AVE --- AVD ROTADOR 24 RPM	AVE --- AVD ROTADOR 32 RPM

			6 R P M		
n		66	66	66	66
Parámetros	Media	1,22	0,44	0,49	0,58
	DT	0,263	0,236	0,230	0,215
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,296	0,339	0,325	0,263
p-valor		**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**

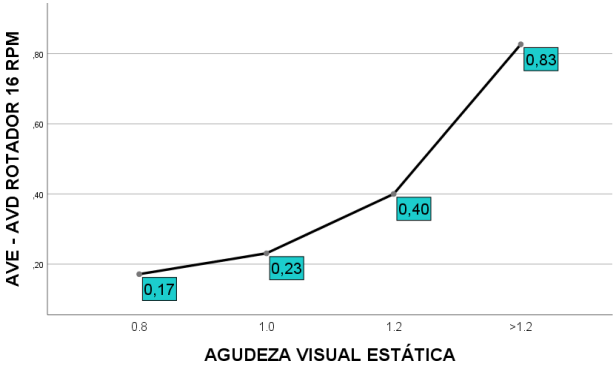
Los cuatro p-valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

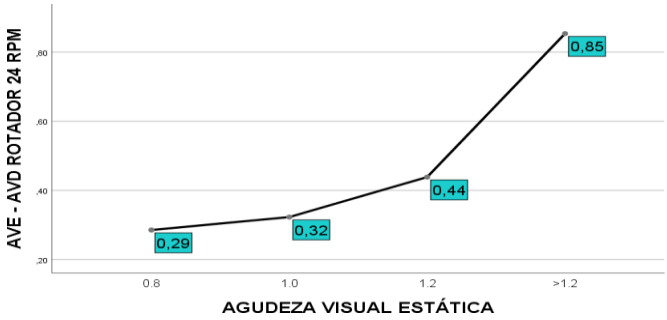
H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

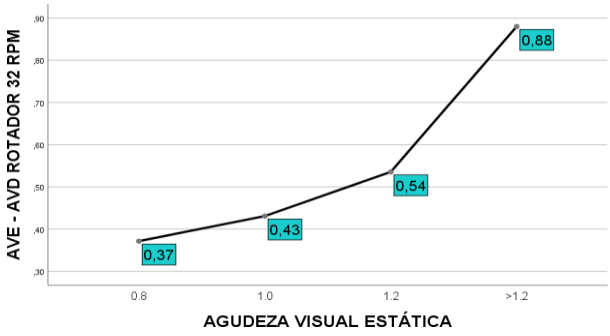
Prueba de Friedman	
n	66
Chi-cuadrado	172,49
Gl	3
p-valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que *las cuatro medias son distintas*.

Gráficamente:







En estas tres gráficas se observa que para el test rotador a mayor AVE mayor pérdida de agudeza visual hay, siendo esta pérdida más significativa conforme aumenta la velocidad.

i) Comparación de la media de AVE y las medias de la AVD del test COI Visión a las diferentes velocidades

Tabla 26. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

		AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA	AVE --- AVD COI 20 CMPS	AVE --- AVD COI 30 CMPS	AVE --- AVD COI 40 CMPS
n		66	66	66	66
Parámetros	Media	1,21	0,31	0,33	0,38
	DT	0,263	0,217	0,221	0,198
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,296	0,255	0,214	0,164

p---valor	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**

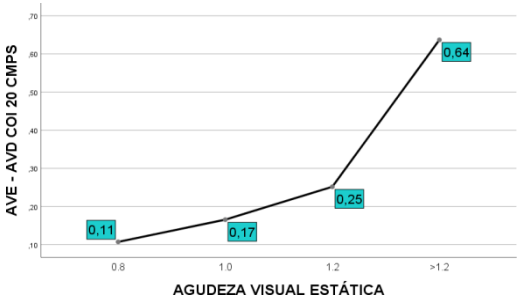
Los cuatro p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

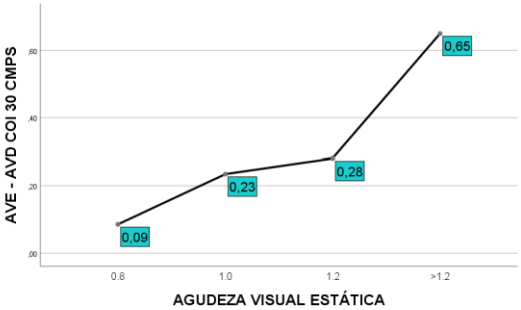
H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

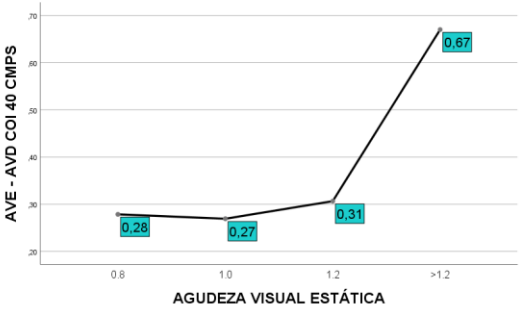
Prueba de Friedman	
n	66
Chi---cuadrado	148,78
gl	3
p---valor	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las cuatro medias son distintas.

Gráficamente:







En estas tres gráficas podemos observar con para la AVD baja y media hay una tendencia a mayor diferencia con respecto de la AVE conforme mayor AVE presenta el paciente, siendo mucho más notable dicha diferencia para AVE mayores a 1,2. En la velocidad alta no se aprecia dicha tendencia, la diferencia con respecto a la AVE se mantiene estable excepto para AVE mayores a 1,2 donde esta diferencia es mucho más significativa.

j) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según el paciente practique o no algún deporte

Tabla 27. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

	n	Parámetros	Z de	p-

		Media	DT	K---S	--valor
AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS	66	**0,16**	0,203	2,372	**0,000**
AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS	66	**0,32**	0,243	1,729	**0,005**
AVE --- AVD VESTIBULAR 1.5 CPS	66	**0,55**	0,261	1,146	**0,145**
AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM	66	**0,44**	0,235	2,754	**0,000**
AVE --- AVD ROTADOR 24 RPM	66	**0,49**	0,231	2,638	**0,000**
AVE --- AVD ROTADOR 32 RPM	66	**0,58**	0,215	2,137	**0,000**
AVE --- AVD COI 20 CMPS	66	**0,31**	0,217	2,068	**0,000**
AVE --- AVD COI 30 CMPS	66	**0,33**	0,221	1,740	**0,005**
AVE --- AVD COI 40 CMPS	66	**0,38**	0,198	1,331	**0,058**

Excepto dos de los nueve p---valores, el resto son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas nueve variables no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas aplicando el contraste de Wilcoxon, cuyas hipótesis son:

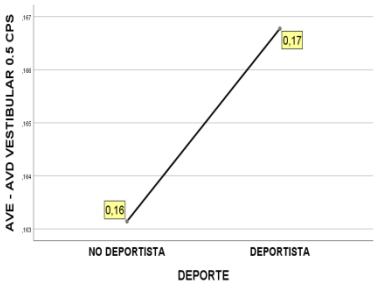
H_0: Las dos medias, práctica o no practica algún deporte, son iguales, H_1: No lo son.

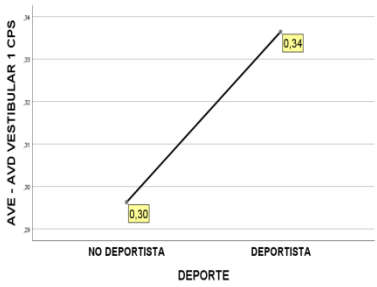
Tabla 28. Resultados del contraste

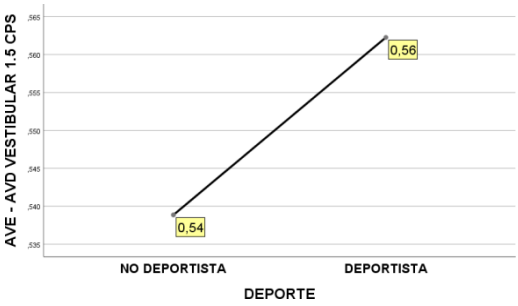
	W de Wilcoxon	Z	p---valor
AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS	1150,5	-0,304	**0,761**
AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS	1084,5	-1,163	**0,247**
AVE --- AVD VESTIBULAR 1.5 CPS	1127,0	-0,588	**0,557**
AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM	1088,0	-1,179	**0,239**
AVE --- AVD ROTADOR 24 RPM	1082,0	-1,267	**0,205**
AVE --- AVD ROTADOR 32 RPM	1162,0	-0,143	**0,886**
AVE --- AVD COI 20 CMPS	1144,5	-0,370	**0,711**
AVE --- AVD COI 30 CMPS	1152,0	-0,268	**0,788**
AVE --- AVD COI 40 CMPS	1103,5	-0,893	**0,372**

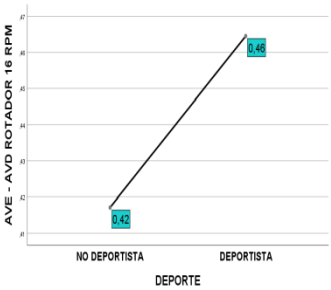
Como todos los p---valores son mayores que 0,05, con un nivel de confianza del 95%, podemos concluir que la relación entre la actividad deportiva y la media de la diferencia entre la AVE y la AVD para las velocidades diferentes en los

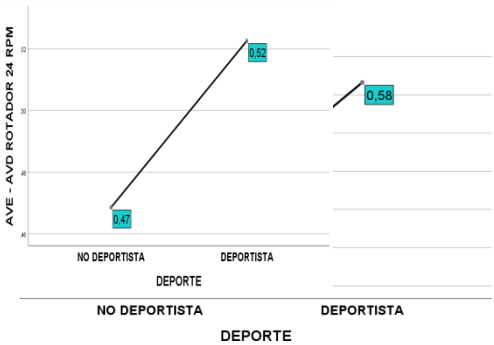
diferentes test son la misma. Gráficamente:

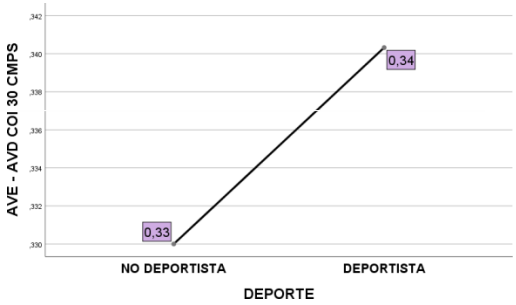


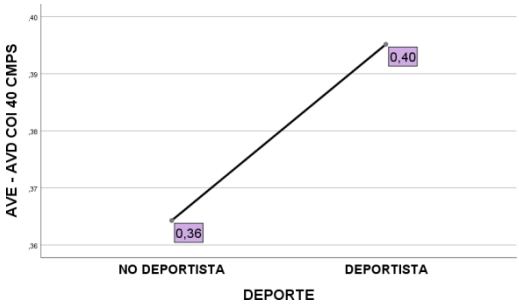


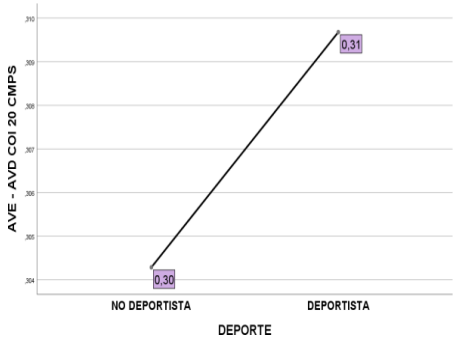



AVE - AVD ROTADOR 16 RPM
0,46
0,42
NO DEPORTISTA
DEPORTISTA
DEPORTE


AVE - AVD ROTADOR 24 RPM
0,52
0,47
0,58
NO DEPORTISTA
DEPORTISTA
DEPORTE


AVE - AVD COI 30 CMPS
0,34
0,33
NO DEPORTISTA
DEPORTISTA
DEPORTE


AVE - AVD COI 40 CMPS
0,40
0,36
NO DEPORTISTA
DEPORTISTA
DEPORTE



Para cada test a cada velocidad determinada no existen diferencias significativas entre la diferencia de la AVE y la AVD entre los deportistas y los no deportistas.

k) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según los síntomas vestibulares

Como se vio en el apartado j), que salvo dos de ellas, siete de estas nueve variables no se ajustan a una distribución, debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias son iguales, H_1: No lo son.

	Prueba de Friedman (Vestibular)	**Prueba de Friedman (Rotador)**	**Prueba de Friedman (COI Visión)**
n	66	66	66
Chi---cuadrado	145,32	107,42	90.27
Gl	3	3	3
p---valor	**0,000**	**0,000**	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05 en todos los test, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las cuatro medias para cada situación son distintas.

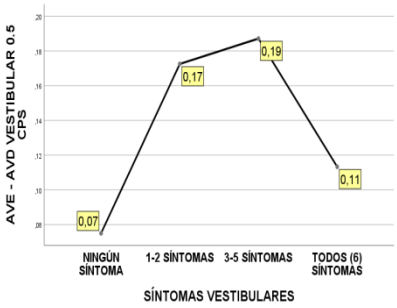
El test DMS al comparar todas las medias de dos en dos encontró tres diferencias significativas:

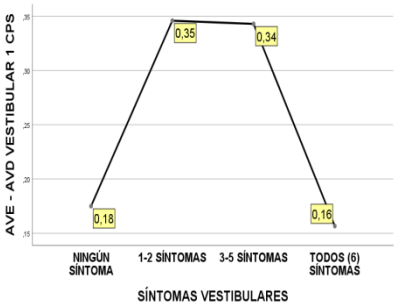
En la variable AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM, la modalidad 3---5 síntomas supera en 0,17 a la modalidad todos los síntomas, (p---valor = 0,040).

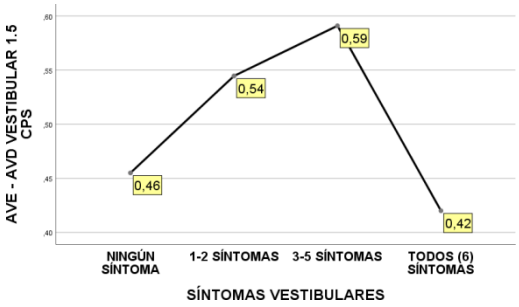
En la variable AVE --- AVD COI 20 CMPS, la modalidad todos los síntomas supera en 0,14 a la modalidad 3---5 síntomas (p---valor = 0,007).

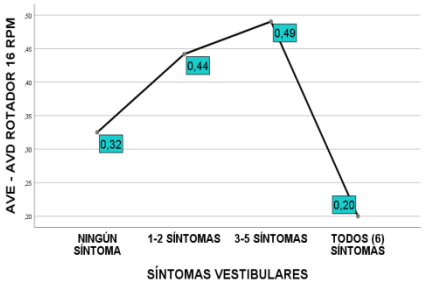
En la variable AVE --- AVD COI 30 CMPS, la modalidad 1---2 síntomas supera en 0,30 a la modalidad todos los síntomas (p---valor = 0,023).

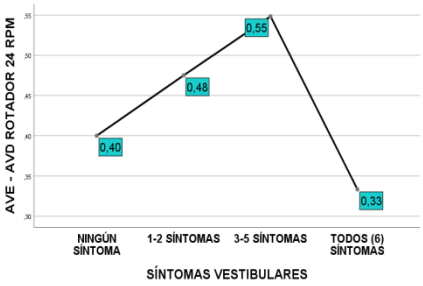
Gráficamente:

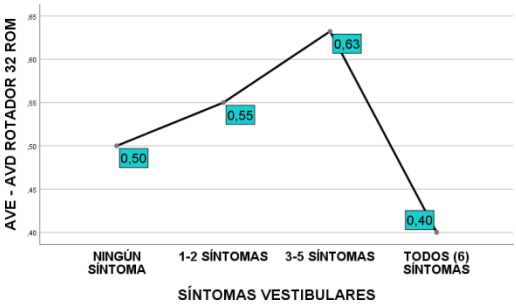


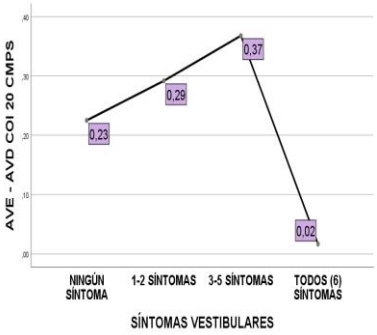


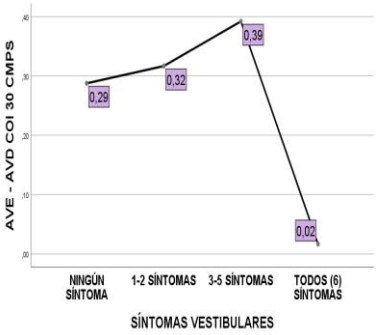


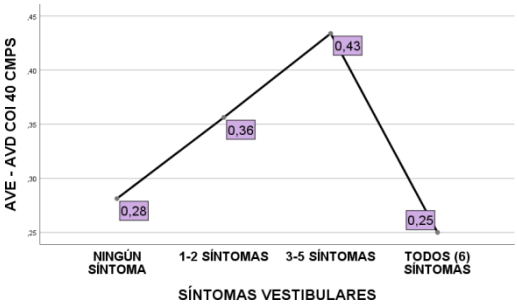





AVE - AVD ROTADOR 32 ROM
,65
,60
,55
,50
,45
,40
0,50
0,55
0,63
0,40
NINGÚN SÍNTOMA
1-2 SÍNTOMAS
3-5 SÍNTOMAS
TODOS (6) SÍNTOMAS
SÍNTOMAS VESTIBULARES







Observando las gráficas podemos afirmar que la relación entre los síntomas vestibulares y la pérdida de agudeza visual en presencia de movimiento es diferente en el test rotador a 16 rpm, y para el COI Visión a 20 cm/s y 30 cm/s. Para

el resto de test los valores la pérdida de agudeza visual con movimiento en relación con los síntomas vestibulares es la misma. Aunque hay una tendencia a mayor número de síntomas, mayor diferencia entre AVE y AVD, a excepción de poseer todos los síntomas vestibulares, en cuyo caso, la diferencia es menor.

l) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la calidad de los sacádicos.

Según se ha visto en apartados anteriores debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

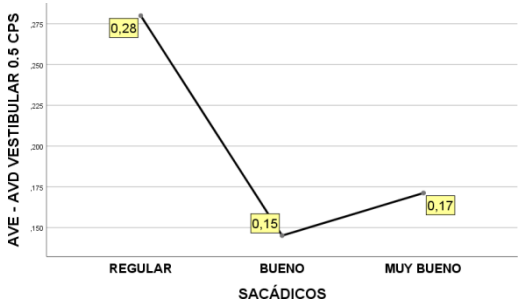
H_0: Las cuatro medias según la calidad de los sacádicos son iguales, H_1: No lo son.

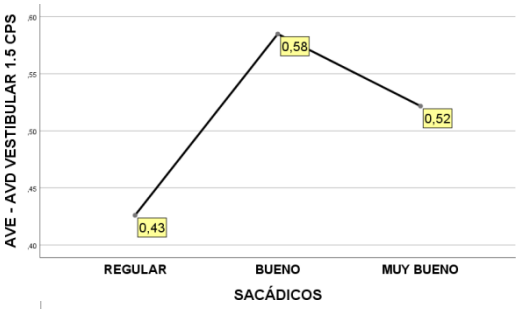
	Prueba de Friedman (Vestibular)	Prueba de Friedman (rotador)	Prueba de Friedman (COI Visión)
n	66	66	66
Chi---cuadrado	187,62	172,49	148,78
Gl	3	3	3
p---valor	**0,000**	**0,000**	**0,000**

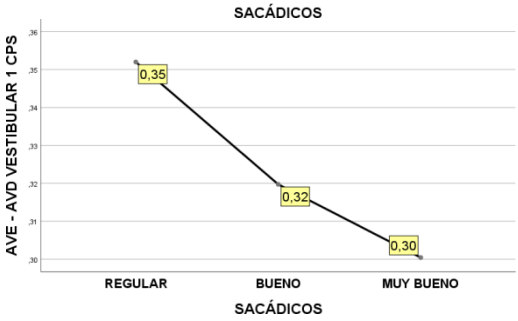
Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05 en todos los test, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las cuatro medias para cada situación son distintas.

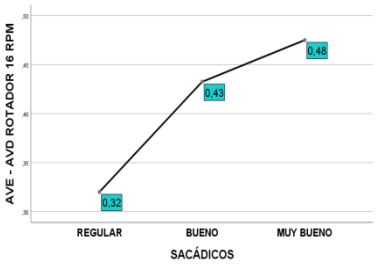
El test DMS al comparar por parejas todas las medias encontró solo una diferencia significativa: en la variable AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS, la modalidad ningún movimiento supera en 0,17 a la modalidad ligero movimiento, (p---valor = 0,040).

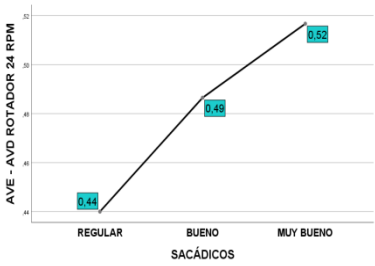
Gráficamente:

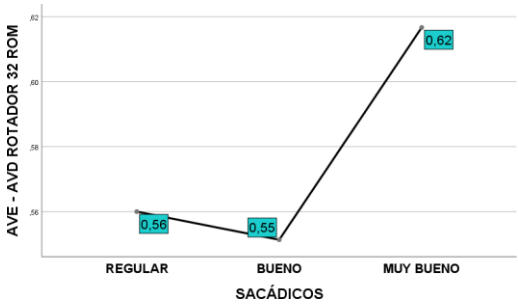


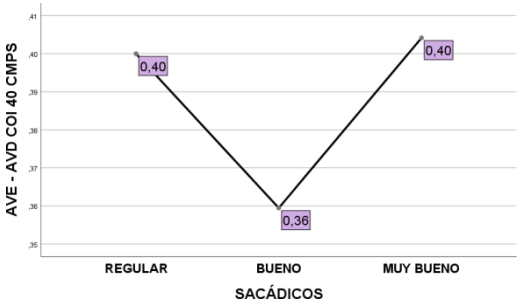


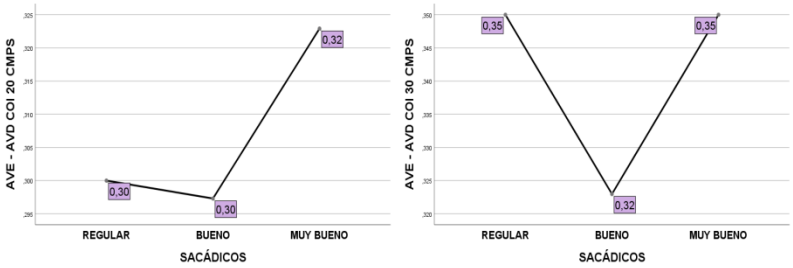



AVE - AVD ROTADOR 16 RPM
0,32
0,43
0,48
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SACÁDICOS


AVE - AVD ROTADOR 24 RPM
0,44
0,49
0,52
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SACÁDICOS


AVE - AVD ROTADOR 32 ROM
0,56
0,55
0,62
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SACÁDICOS


AVE - AVD COI 40 CMPS
0,40
0,36
0,40
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SACÁDICOS



Para los tres encontramos que no hay diferencias significativas entre la AVE y la AVD con respecto a la calidad de los movimientos sacádicos, aunque si se observa que a mayor velocidad la diferencia de AVE con AVD es mayor.

m) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la calidad de los seguimientos.

Por la falta de normalidad de siete de las nueve variables debemos compararlas aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

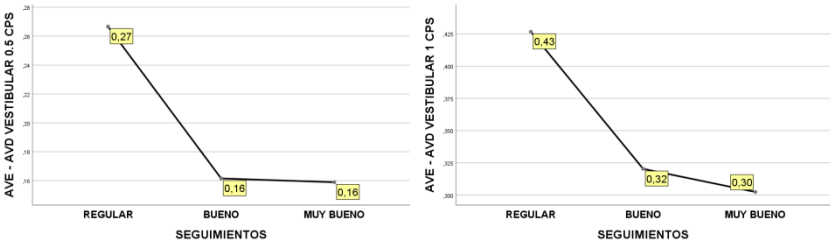
	Prueba de Friedman (Vestibular)	Prueba de Friedman (rotador)	Prueba de Friedman (COI Visión)
n	66	66	66
Chi---cuadrado	187,62	172,49	148,78
Gl	3	3	3
p---valor	**0,000**	**0,000**	**0,000**

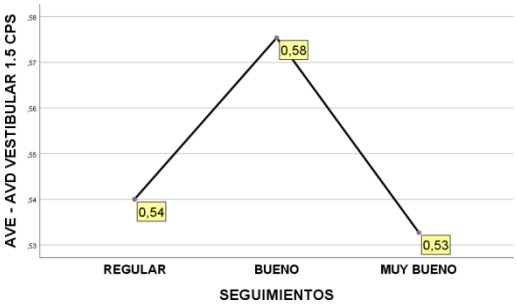
Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05 en todos los test, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las cuatro medias para

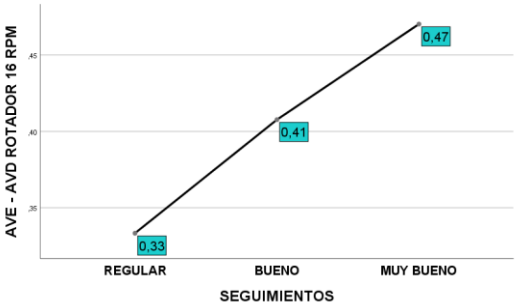
cada situación son distintas.

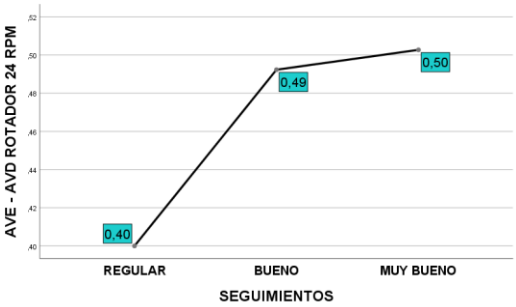
El test DMS al comparar por parejas todas las medias no encontró ninguna diferencia significativa entre dos medias.

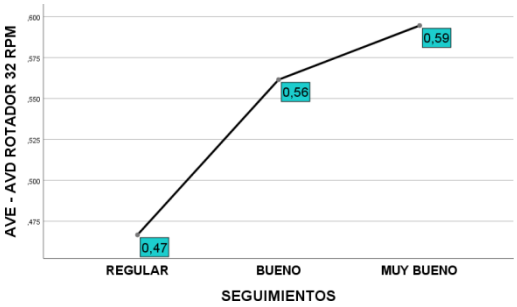
Gráficamente:

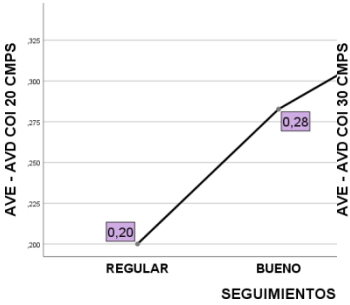


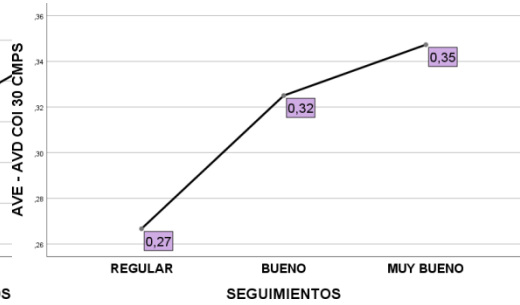

AVE - AVD VESTIBULAR 1.5 CPS
0,58
0,54
0,53
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SEGUIMIENTOS

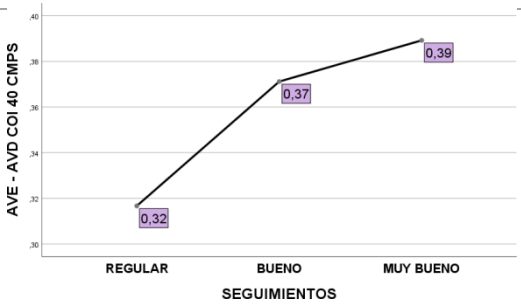

AVE - AVD ROTADOR 16 RPM
0,47
0,41
0,33
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SEGUIMIENTOS


AVE - AVD ROTADOR 24 RPM
0,50
0,49
0,40
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SEGUIMIENTOS


AVE - AVD ROTADOR 32 RPM
0,59
0,56
0,47
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SEGUIMIENTOS


AVE - AVD COI 20 CMPS
0,28
0,20
REGULAR
BUENO
SEGUIMIENTOS


AVE - AVD COI 30 CMPS
0,35
0,32
0,27
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SEGUIMIENTOS


AVE - AVD COI 40 CMPS
.40
.38
.36
.34
.32
.30
0,32
0,37
0,39
REGULAR
BUENO
MUY BUENO
SEGUIMIENTOS

Para los tres encontramos que no hay diferencias significativas entre la AVE y la AVD con respecto a la calidad de los movimientos seguimientos, aunque si se observa que a mayor velocidad la diferencia de AVE con AVD es mayor.

n) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la estereopsis.

Aplicando el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias según la calidad de los seguimientos son iguales, H_1: No lo son.

	Prueba de Friedman (Vestibular)	**Prueba de Friedman (rotador)**	**Prueba de Friedman (COI Visión)**
n	66	66	66

Chi---cuadrado	157,48	130,1	117,25
Gl	3	3	3
p---valor	**0,000**	**0,000**	**0,000**

Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05 en todos los test, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las cuatro medias para cada situación son distintas.

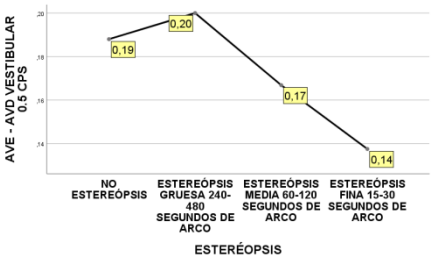
El test DMS al comparar todas las medias de dos en dos encontró tres diferencias significativas:

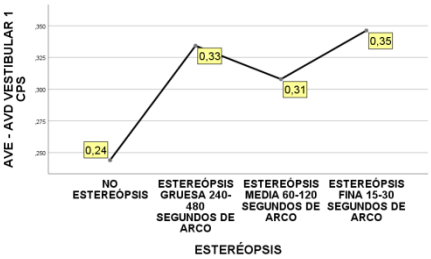
En la variable AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS, la modalidad bastante movimiento supera en 0,23 a la modalidad ningún movimiento, (p---valor = 0,027) y en 0,31 a la modalidad ligero movimiento (p---valor = 0,006).

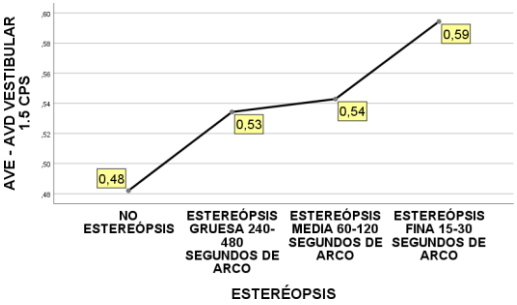
En la variable AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM, la modalidad ningún movimiento supera en 0,15 a la modalidad 3---5 ligero movimiento, (p---valor = 0,007).

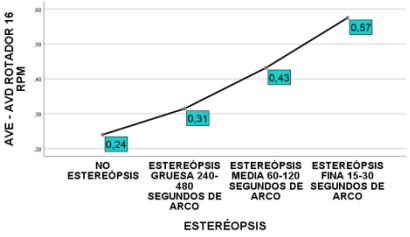
En la variable AVE --- AVD ROTADOR 24 RPM, la modalidad ningún movimiento supera en 0,14 a la modalidad ligero movimiento (p---valor = 0,023).

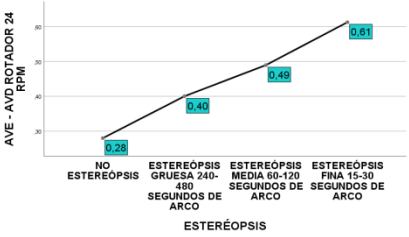
Gráficamente:

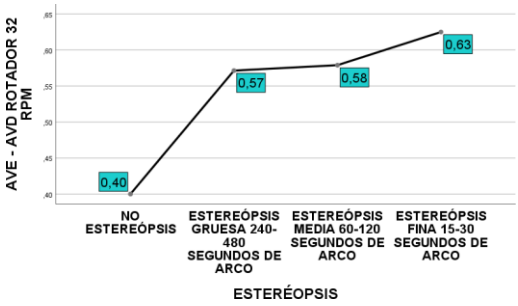


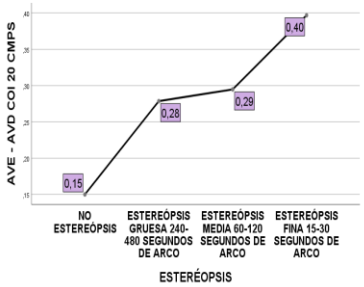


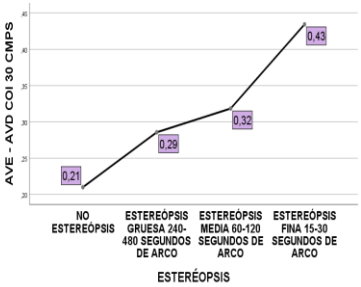


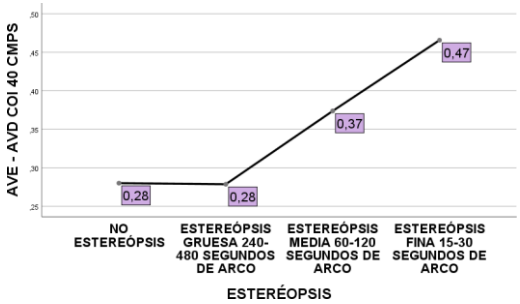





AVE - AVD ROTADOR 32 RPM
,65
,60
,55
,50
,45
,40
0,40
0,57
0,58
0,63
NO ESTEREÓPSIS
ESTEREÓPSIS GRUESA 240-480 SEGUNDOS DE ARCO
ESTEREÓPSIS MEDIA 60-120 SEGUNDOS DE ARCO
ESTEREÓPSIS FINA 15-30 SEGUNDOS DE ARCO
ESTERÉOPSIS







En las gráficas podemos observar que hay una tendencia a mayor diferencia entre AVE y AVD conforme mejor es la estereopsis, aunque esta diferencia no es significativa, a excepción, del test rotador a las velocidades de 16 y 24 rpm.

o) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según el sexo.

Por la falta de normalidad en la mayoría de las variables debemos compararlas aplicando el contraste de Wilcoxon, cuyas hipótesis son:

H_0: Las dos medias según el sexo son iguales, H_1: No lo son.

Tabla 29. Resultados del contraste

	W de Wilcoxon	Z	p---valor
AVE --- AVD VESTIBULAR 0.5 CPS	1551,5	-0,876	0,381
AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS	1511,5	-1,423	0,155
AVE --- AVD VESTIBULAR 1.5 CPS	1456,5	-2,192	0,028
AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM	1482,5	-1,962	**0,050**
AVE --- AVD ROTADOR 24 RPM	1492,0	-1,820	0,069
AVE --- AVD ROTADOR 32 RPM	1472,0	-2,074	**0,038**
AVE --- AVD COI 20 CMPS	1419,5	-2,793	**0,005**
AVE --- AVD COI 30 CMPS	1486,5	-1,783	0,075
AVE --- AVD COI 40 CMPS	1496,0	-1,625	0,104

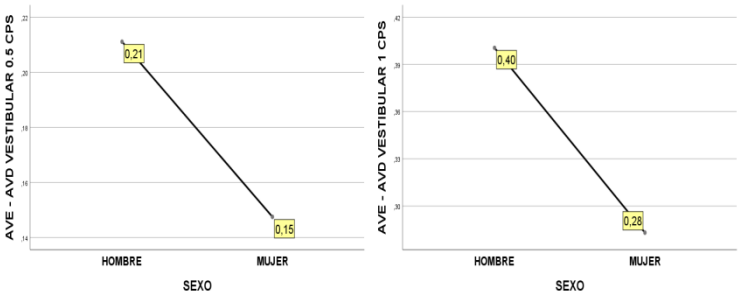
La tabla que sigue muestra los parámetros básicos de las variables cuyas media son significativamente diferentes de hombres y mujeres.

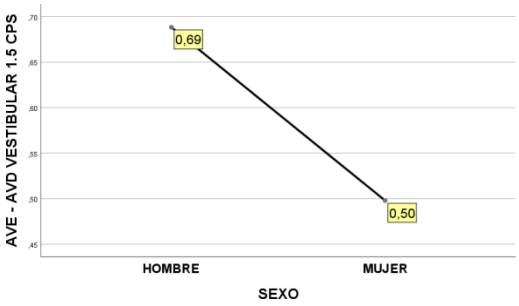
Tabla 30. Estadísticos

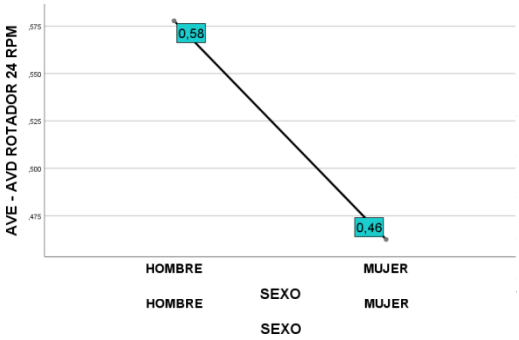
	SEXO	n	**Media**	DT	Mínimo	Máximo
AVE --- AVD ROTADOR 16 RPM	HOMBRE	18	**0,53**	0,266	0,20	1,20
	MUJER	48	**0,40**	0,216	0,00	0,80
AVE --- AVD ROTADOR 32 RPM	HOMBRE	18	**0,67**	0,227	0,40	1,20
	MUJER	48	**0,54**	0,202	0,20	1,00
AVE --- AVD COI 20 CMPS	HOMBRE	18	**0,42**	0,235	0,15	1,00
	MUJER	48	**0,26**	0,195	[illegible]	0,70

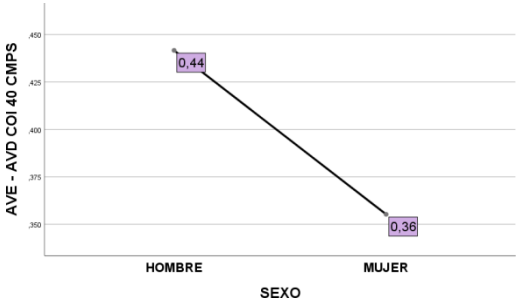
En estas tres variables las medias del hombre superan significativamente a las medias de las mujeres.

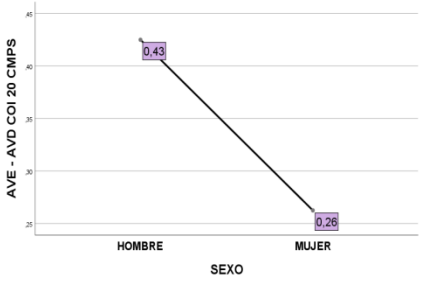
Gráficamente:

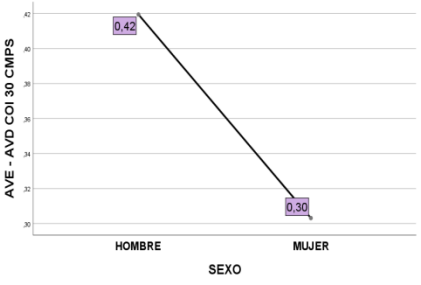


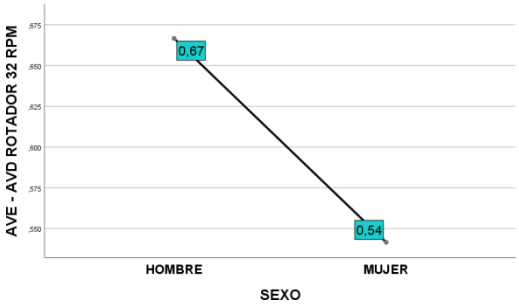

AVE - AVD VESTIBULAR 1.5 CPS
,70
,65
,60
,55
,50
,45
0,69
0,50
HOMBRE
MUJER
SEXO


AVE - AVD ROTADOR 24 RPM
,575
,550
,525
,500
,475
0,58
0,46
HOMBRE
MUJER
SEXO
HOMBRE
MUJER
SEXO


AVE - AVD COI 40 CMPS
,450
,425
,400
,375
,350
0,44
0,36
HOMBRE
MUJER
SEXO


AVE - AVD COI 20 CMPS
,45
,40
,35
,30
,25
0,43
0,26
HOMBRE
MUJER
SEXO


AVE - AVD COI 30 CMPS
,42
,40
,38
,36
,34
,32
,30
0,42
0,30
HOMBRE
MUJER
SEXO


AVE - AVD ROTADOR 32 RPM
,575
,550
,525
,500
,575
,550
0,67
0,54
HOMBRE
MUJER
SEXO

Observando las gráficas podemos afirmar que no se aprecian grandes diferencias entre la AVE y la AVD en hombres y mujeres, a excepción de las situaciones con test vestibular a 1,5 cps, en el test rotador a 16 y 32 rpm y, en el test COI Visión a 20 cm/s, donde se aprecia mayor diferencia habiendo una clara ventaja de las mujeres sobre los hombres.

p) Comparación de las medias de la diferencia de AVE con AVD en los diferentes test a las diferentes velocidades según la graduación óptica.

Por lo que ya sabemos de la falta de normalidad aplicaremos el contraste de Friedman, cuyas hipótesis son:

H_0: Las tres medias según la graduación óptica son iguales, H_1: No lo son.

	Prueba de Friedman (Vestibular)	**Prueba de Friedman (rotador)**	**Prueba de Friedman (COI Visión)**
n	66	66	66
Chi---cuadrado	76,56	29,84	18,33
Gl	3	3	3
p---valor	**0,000**	**0,000**	**0,000**

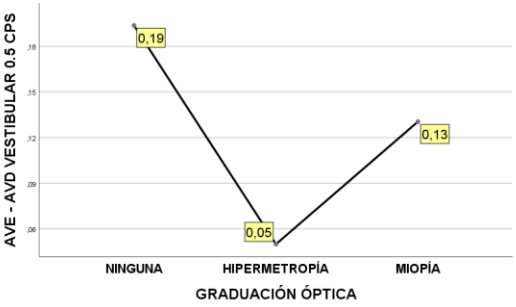
Puesto que el p---valor = 0,000 es menor que 0,05 en todos los test, con un nivel de confianza del 95%, debemos aceptar que las cuatro medias para cada situación son distintas.

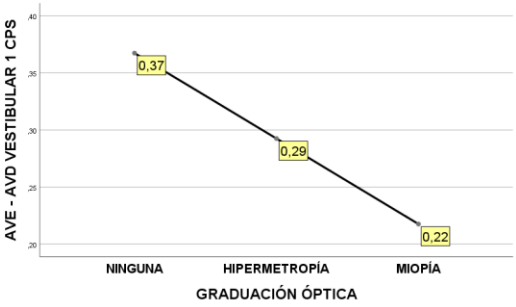
El test DMS al comparar todas las medias de dos en dos encontró tres diferencias significativas:

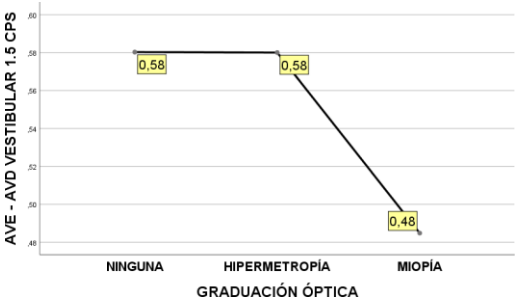
En la variable AVE --- AVD VESTIBULAR 1 CPS, la modalidad ninguna corrección supera en 0,15 a la modalidad miopía (p---valor = 0,021).

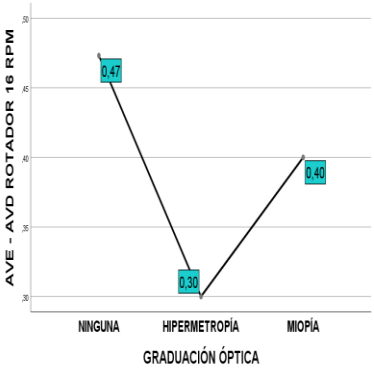
En la variable AVE --- AVD COI 30 CMPS, también se cumple que la modalidad ninguna corrección supera en 0,12 a la modalidad miopía (p---valor = 0,041).

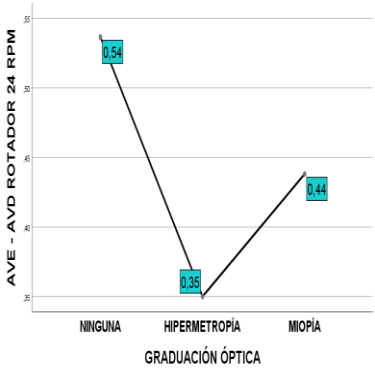
Gráficamente:

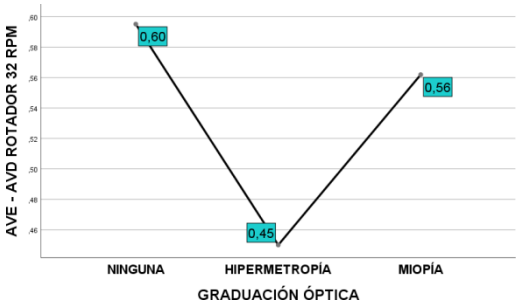


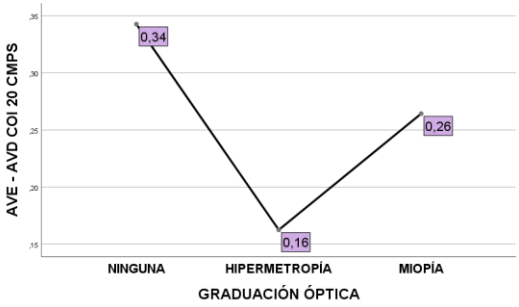


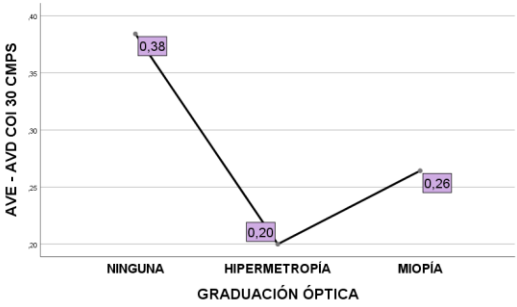


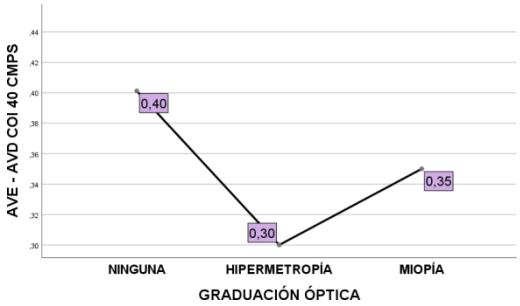





AVE - AVD ROTADOR 32 RPM
,60
,58
,56
,54
,52
,50
,48
,46
0,60
0,45
0,56
NINGUNA
HIPERMETROPÍA
MIOPÍA
GRADUACIÓN ÓPTICA







q) Comparación de la AVD obtenida con el test COI Visión para cada velocidad según la trayectoria del estímulo sea hacia la derecha o hacia la izquierda con respecto a AVE.

Tabla 31. Resultado del test de normalidad de Kolmogorov---Smirnov

	n	Parámetros		Z de K---S	p---valor
		Media	DT		
COI 20 CM/S D/I	132	**0,31**	0,224	2,974	**0,000**
COI 30 CM/S D/I	132	**0,33**	0,230	2,623	**0,000**
COI 40 CM/S D/I	132	**0,38**	0,21	2,118	**0,000**

Ninguno de los p---valores son menores que 0,05, por lo que hemos de aceptar que los datos de estas tres medias no se ajustan a una distribución normal. Es por ello que debemos compararlas según la trayectoria aplicando el contraste de Wilcoxon, cuyas hipótesis son:

H_0: Las siete medias son iguales, H_1: No lo son.

Tabla 32. Estadísticos descriptivos

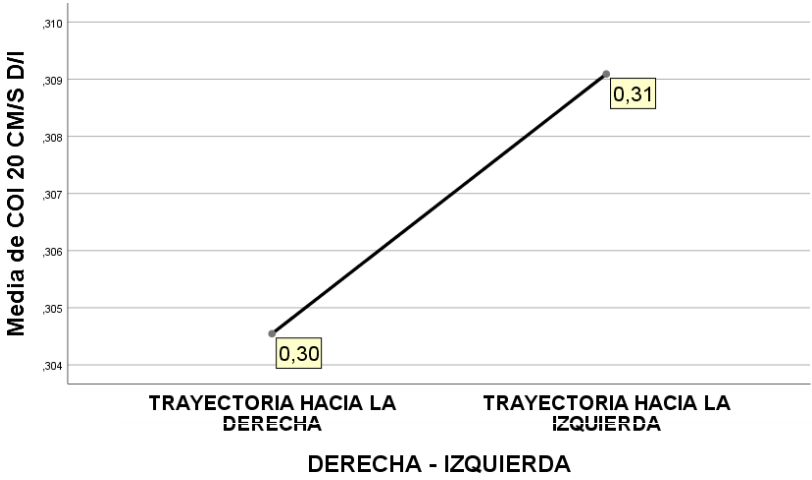
	n	Media	DT	Mínimo	Máximo
COI 20 CM/S D/I	132	0,31	0,224	-0,20	1,00
COI 30 CM/S D/I	132	0,33	0,230	-0,20	1,00
COI 40 CM/S D/I	132	0,38	0,210	0,00	1,00

Las medias van aumentando sucesivamente, veamos si el test de Wilcoxon encuentra las diferencias significativas entre ellas.

	W de Wilcoxon	Z	p---valor
COI 20 CM/S D/I	4330,5	-0,279	**0,780**
COI 30 CM/S D/I	4316,0	-0,344	**0,731**
COI 40 CM/S D/I	4375,0	-0,065	**0,948**

Los tres p---valores superan el nivel de significación 0,05, por lo que con un nivel de confianza del 95%, las medias de estas tres variables no son diferentes según la trayectoria sea izquierda o derecha.

Gráficamente:



Podemos observar que, para la velocidad más baja medida en el COI Vision; 20 cm/s, se observa mayor diferencia de AVD con respecto a la AVE del sujeto en la trayectoria hacia la izquierda que hacia la derecha, aunque esta diferencia no es significativa. En el caso de la velocidad media; 30 cm/s, la diferencia es mayor hacia la derecha que hacia la izquierda, en el caso de la velocidad máxima; 40 cm/s, no existe apenas diferencia entre los dos valores. Por tanto, se observa como no hay diferencias significativas de AVD con respecto a la AVE de cada sujeto en el COI Vision independientemente del sentido de la trayectoria a la que se desplaza el estímulo.

VI. Resultados y discusión

En el análisis estadístico del estudio se han encontrado los siguientes resultados:

Con respecto a la edad, se ha encontrado una tendencia en los pacientes a presentar menor AVE conforme aumenta la edad, sin embargo, a mayor edad, menor diferencia se ha hallado de AVD con respecto a la estática en los test de rotador y COI Vision. En el test vestibular la diferencia observada entre ambas variables fue mayor en relación a la edad. Este resultado podría estar relacionado con problemas de cuello y/o vestibulares que suelen ser más frecuentes en personas de mayor edad y más evidente en la evaluación de la AVD con el test vestibular. Un estudio realizado por Ishigaki y Miyao en 1994, mostró que la discriminación dinámica alcanza su punto máximo a los 15 años y disminuye a un ritmo constante a partir de los 20

años. Un estudio realizado en 2013 por Muzdalo, mostró que había diferencias estadísticamente significativas entre la AVD medida con el anillo de Landolt entre pacientes jóvenes y adultos, ambos grupos fueron evaluados binocularmente y con su compensación, siento superior la AVD obtenida en pacientes jóvenes. Además, se observó que no hay dependencia entre la edad y los síntomas visuales o vestibulares, en cambio sí que la hay entre la edad y la estereopsis, es decir, a mayor edad habrá peor estereopsis.

En el estudio de la variable de patología ocular junto a síntomas visuales y vestibulares, los pacientes con patología presentan tres o más síntomas vestibulares pudiendo afectar a la AVD, incluso parecen tener más atracción por padecer mayor número de síntomas visuales.

La relación entre las variables de consumo de

sustancias y los síntomas visuales y vestibulares nos indica que tienen menor número de síntomas visuales y vestibulares los individuos que no consumían ninguna sustancia. Sin embargo, en sujetos con consumo de alcohol ocasional se encontró una mayor frecuencia de síntomas visuales

y en los sujetos con consumo de alcohol y tabaco de forma ocasional, se observó que presentaban mayor número de síntomas vestibulares. Un estudio realizado en 1975 por Brown *et al,* encontró que el consumo de alcohol y marihuana produce reducciones significativas de AVD, especialmente del alcohol, este hallazgo lo atribuyeron al efecto de este último sobre el sistema oculomotor. Sin embargo, un estudio realizado por Miyao*et al,* en 1994, encontró que la AVD mejoró 30 minutos después de haber consumido una dosis baja de alcohol.

El tipo de compensación óptica, tanto con gafas o lentes de contacto, y los síntomas visuales y vestibulares, nos dicen que únicamente los pacientes que usan lentes de contacto son los que más síntomas visuales tienen y los que mayor rechazo a padecer de síntomas vestibulares. En cambio las personas que no necesitan

compensación óptica fueron las personas que mayores síntomas vestibulares tenían.

No se encontró ninguna relación entre los síntomas visuales y vestibulares que pueden afectar a la AVD. Pero existe una tendencia de a mayor cantidad de síntomas visuales mayor presencia de síntomas vestibulares.

Prestando atención a la estereopsis, aunque no se halló relación con los síntomas visuales y vestibulares, se observó que había una tendencia a presentar mayor cantidad de síntomas visuales y vestibulares en aquellos pacientes sin estereopsis.

Una de las cuestiones más importantes que se analizó en el estudio estadístico fue la relación entre la actividad deportiva y los síntomas visuales y vestibulares. En la relación con los síntomas

visuales se afirmó que los deportistas no suelen padecer síntomas visuales, y los no deportistas presentan mayor atracción a padecerlos. En la comparación con los síntomas vestibulares, se concluyó que si eran deportistas no

padecían tantos síntomas vestibulares frente a los que no eran deportistas que presentaban mayor tendencia a padecerlos.

Al observar las molestias al realizar cada test, los no deportistas no tenían ninguna molestia, en cambio los deportistas tienen mayor frecuencia de molestias al realizar dos o tres de los test de AVD.

Centrándose de nuevo en los síntomas visuales y vestibulares al realizar los test, no se obtuvieron molestias en ningún test por parte de los pacientes que no poseían síntomas visuales, en cambio sí que las hubo en los que poseían síntomas vestibulares, de forma que a mayor cantidad de síntomas vestibulares, mayor presencia de molestias se encontraron a la hora de realizar las pruebas. Obteniéndose que el COI Vision presentaba una alta frecuencia de molestias en

pacientes con bajo número de síntomas vestibulares.

Respecto al principal punto de interés del estudio, la agudeza visual dinámica, los resultados encontrados fueron los siguientes:

En la evaluación de la AVD, se observó que disminuye en los tres métodos diferentes de medida conforme aumenta la velocidad de movimiento de cabeza en el caso del test vestibular, o del optotipo en el caso del test de Bernell y COI Visión. De los tres test donde mayor disminución de AVD se observó fue en el vestibular frente al COI Vision que fue el que menos. Estos resultados afirman los hallazgos de otros estudios como el de Lüisa Quevedo en 2007, en los que se encuentra una clara relación inversa entre la velocidad y la AVD. En los tres test de AVD la pérdida de agudeza visual según se aumentaba la

velocidad fue progresiva, siendo mucho más evidente en pacientes con AVE superior a 1,2. En el caso del rotador de Bernell y del COI Vision se ha

considerado como una consecuencia a la agudeza visual máxima inicial de ambos test, 1,0 para el caso del COI Vision y 0,8 para rotador de Bernell.

En la comparación de la diferencia de la AVD con respecto a la AVE de cada paciente en los tres test a velocidad baja, media y alta, se obtuvo que el test rotador es el que más diferencia presentaba. Esta mayor diferencia se entiende como una consecuencia a que el optotipo de menor tamaño hallado en este test corresponde a una agudeza visual de 0,8 siguiendo la escala decimal. Por ello, se consideró que se podrían obtener mejores resultados con el rotador de Bernell si el disco presentará optotipos de agudeza visual 0,9 y/o 1,0.

El análisis de como se ve afectada la AVD según la actividad deportiva mostró que no se observaron diferencias significativas para cada test y cada

velocidad entre los sujetos deportistas y los no deportistas. Aunque, en el test rotador de Bernell las diferencias fueron más evidentes, mostrando resultados más favorables para los no deportistas. Pensamos que esto puede ser debido a que los deportistas suelen presentar mejor AVE y que, en el test rotador la pérdida es mayor en consecuencia al optotipo más pequeño que presenta este test (0,8). Un estudio realizado en 1993 por Ishigaki y Miyao valoró la diferencia de AVD entre atletas y no atletas usando el test de la C de Landolt, para Ishigaki y Miyao la principal importancia del estudio no radicaba en el detalle más pequeño que eran capaces de percibir sino en la velocidad a la que lo discriminaba, ya que en la mayoría de los deportes es más importante la localización que la identificación del objeto. Los resultados obtenidos fueron que cuando el tamaño de la C de Landolt era menor, los atletas eran capaces de distinguir mejor donde se encontrada la abertura de dicha C que los no atletas a velocidades más altas. En 2011 se realizó

un estudio por Quevedo---Junyent *et al,* donde se midió la AVD con la C de Landolt en jugadores de wáter polo y estudiantes sedentarios, los jugadores obtuvieron mejores resultados. Otro estudio realizado en 2012 por Uchida *et al,* mostró que la AVD era superior en los jugadores de béisbol, para conocer si el origen de la mejor AVD era debida a unos movimientos oculares superiores o a mejor

procesamiento de imágenes, se les realizó dos experimentos usando el anillo de Landolt, uno con condiciones de movimiento del ojo libre y otro con un objetivo de fijación, los jugadores de béisbol mostraron mejor AVD que los no atletas en las condiciones de movimiento ocular, sin embargo no hubo diferencias significativas entre ambos grupos en las condiciones de fijación. Por ello, se concluyó que los atletas poseían mejor AVD debido a una mejor capacidad de movimientos oculares y no a una mejor percepción de las imágenes en movimiento en la retina. Otro estudio realizado en 2017 por Palidis *et al,* evaluó la relación entra la AVD y los movimientos oculares en 23 varones jugadores de béisbol, se encontró que los jugadores de béisbol obtuvieron mejor AVD cuando se requería de movimientos oculares de seguimiento que los no atletas, aunque no consiguieron mejor AVD cuando se les pidió que mantuvieran un punto de fijación, lo que indicó que los deportistas poseían una AVD superior

debido a mejores movimientos de seguimiento y no por un mejor procesamiento de imágenes. Además, de acuerdo al estudio realizado por Muiños y Ballesteros en 2015, la práctica de deporte de arte marcial como el judo o el karate atenúan la disminución de AVD con la edad, lo que sugiere neuroplasticidad en el envejecimiento del cerebro humano.

El estudio de la relación entre la diferencia de AVE y AVD para cada test, velocidad y síntomas vestibulares determinó que en general no existe diferencias apreciables independientemente del número de síntomas a excepción del rotador a 16 rpm donde se encontró menor diferencia cuando los sujetos presentaron mayor número de síntomas vestibulares, y del COI Vision a 20 y 30 cm/s donde se encontró la misma situación que en

el rotador a 16 rpm. En un estudio realizado por Peters *et al* en 2012 se obtuvo que la AVD era inferior en pacientes con problemas vestibulares fueron significativamente peores que en pacientes sin problemas vestibulares, especialmente en participantes de mayor edad. El estudio se realizó con movimientos de cabeza restringidos y libres, y se obtuvieron peores resultados cuando estaban restringidos, este hallazgo fue adjudicado a que la restricción de cabeza reduce la capacidad del sistema vestibular para producir movimientos oculo-vestibulares compensatorios. Otro estudio realizado en 2003, por Herdman *et al,* mostró mejoras en la AVD en pacientes con hipofunción vestibular unilateral tras realizar ejercicios vestibulares en el que

dicha mejora se atribuyó a haber fomentado el uso de movimientos oculares programados centralmente que podrían sustituir al reflejo vestíbulo---ocular.

En el análisis de la relación entre la diferencia de AVE y la AVD para cada test y velocidad, y la calidad de los movimientos oculares (seguimientos y sacádicos), se observó que no había diferencias significativas entre la agudeza AVE y dinámica con respecto a la calidad de los movimientos sacádicos y seguimientos, a pesar de que se obtenga una disminución de AVD conforme más veloz es el estímulo o el movimiento del sujeto. En las gráficas se puede observar una tendencia a menor pérdida de agudeza visual al aparecer el movimiento cuanto más precisos eran los movimientos sacádicos y seguimientos en el test vestibular. Como sabemos, la agudeza visual dinámica requiere de motilidad ocular, por tanto, consideramos que el resultado obtenido, es debido

al método de medida, ya que no es un método ni preciso ni objetivo. Sería mejor evaluar la motilidad ocular con métodos objetivos como eye tracker o DAVEO. En 2011 se realizó un estudio por Morimoto *et al,* en el que se analizó como cambiaba la estabilización postural y la AVD en adultos jóvenes sanos tras tres semanas de ejercicios oculo---motores, se encontró mejoras en la estabilidad postural y AVD en comparación con un grupo control.

En la relación del sexo con respecto a la pérdida de agudeza visual entre la estática y la dinámica, no se aprecian grandes diferencias entre hombres y mujeres, a excepción del rotador a 16 y 32 rpm, y en el COI Vision a 20 cm/s donde se aprecia una ventaja de las mujeres sobre los hombres. Esta falta de diferencias estadísticamente significativas respecto al sexo ya se observó en el estudio de Lüisa Quevedo en 2007, aunque en su caso la tendencia a mejor AVD se encontró en los varones.

Sin embargo, en un estudio realizado por Long and Johnson en 1996, si se apreciaron mejores valores de AVD en hombres que en mujeres. En el estudio realizado por Ishigaki y Miyao en 1994, la AVD de los sujetos masculinos fue superior a la de las mujeres en la mayoría de las edades aunque solo se observó una diferencia en sexo significativa a la edad de 5 años.

Con respecto a la pérdida de agudeza visual entre la estática y la dinámica con respecto a la graduación óptica no se apreciaron diferencias significativas a excepción

de con el test vestibular a 1 cps y en el COI Vision a 30 cm/s, donde la máxima diferencia se encontraba en los pacientes sin error refractivo.

Por último, se analizó si variaba la AVD con respecto a la estática según el sentido de la trayectoria del estímulo en el COI Vision, y no se obtuvieron diferencias significativas según si el estímulo se movía hacia la derecha o hacia la izquierda.

Independientemente de los resultados obtenidos estadísticamente y de las comparaciones con otros estudios, durante la práctica con los pacientes se encontraron las siguientes dificultades:

Respecto al test vestibular, algunos pacientes se quejaban de mareos (se realizó en último lugar

para evitar distorsionar los resultados de los demás test), y algunos no eran capaces de relajar el cuello y dificultaba mucho la valoración de la AVD durante este método. Además, este método no se suele corresponder con la AVD más común en la que es el objeto y no el sujeto el que permanece en movimiento, o en última instancia, suele ser el objeto el que permanece a mayor velocidad.

Respecto al test rotador de Bernell, el principal inconveniente es que sólo presenta tres tamaños diferentes de optotipos correspondiéndose a 0.8, 0.6 y 0.4 en escala decimal, sin posibilidad de poder ver líneas de mejor o peor agudeza visual a estas. Los optotipos no siempre corresponden a letras, sino que también se presentan números, y dichos optotipos, no se encuentran colocados paralelamente, sino que algunos presentaban cierta inclinación. Además el movimiento de este test es circular, y por ello cada letra de cada línea

presenta diferente velocidad lineal entre ellas, aunque la velocidad angular sea la misma. Con respecto a esto movimiento circular, también debemos añadir que la mayoría de los movimientos de la vida cotidiana son lineales o parabólicos, y en muy pocos casos, circulares.

En relación al COI Vision, la principal dificultad que presentaron los pacientes fue percibir la letra desdoblada durante el movimiento del optotipo debido a la velocidad de refresco de la pantalla de visualización. Además de ser capaces de percibir la forma de la letra cuando esta se encontraba al principio o al final de la pantalla debido a la gran diferencia de contraste y en algunos casos los pacientes no realizaban correctamente los seguimientos oculares. Además, este test permite realizar trayectorias parabólicas y rectilíneas en horizontal y diagonal pero no en vertical.

VII. Conclusiones

De los resultados obtenidos, podemos concluir que:

A mayor edad menor AVE y mayor pérdida de agudeza visual en presencia de movimiento, especialmente en el test vestibular.

Los deportistas no suelen padecer tantos síntomas visuales ni vestibulares en comparación con los no deportistas. Sin embargo, los deportistas suelen presentar mayor frecuencia de molestias al realizar los test de AVD. No se observan diferencias significativas para cada test y cada velocidad en la perdida de agudeza visual con movimiento entre los sujetos deportistas y los no deportistas, aunque donde se encontró más diferencia fue en el test rotador a favor de los deportistas.

El COI visión fue el test que mayor molestias ocasionó en pacientes con bajo número de síntomas vestibulares.

A mayor velocidad de movimiento mayor disminución de AVD. Siendo el test vestibular, el test que mayor disminución de agudeza visual presentó y, el COI Vision el que menor disminución presentó.

Respecto a los movimientos oculares, no se encontró una relación estadísticamente significativa de pérdida de AVD en presencia de movimiento, pero en el test vestibular se observó menor pérdida cuando más precisos eran los movimientos oculares.

Atendiendo al sexo, no se observaron diferencias significativas en la perdida de AVD en relación con

la estática, aunque en algunas situaciones si se encontró menor pérdida de agudeza en mujeres frente a hombres.

Bajo nuestra experiencia con los pacientes y los resultados obtenidos, consideramos que el test que más se ajusta a los resultados obtenidos por otros estudios y menos molestias ocasionadas por los pacientes es el rotador de Bernell. Sin embargo, la limitación principal que encontramos en este test es la trayectoria circular que sigue el optotipo, la disposición y tipo de optotipos, y la agudeza visual máxima que se puede evaluar con dicho test. Solventando estos dos últimos inconvenientes sería un test mucho más apropiado para la valoración de AVD. Por otro lado, estimamos que el test que mejor se ajusta a las condiciones cotidianas de visión en movimiento es el COI Vision, aunque habría que realizar modificaciones durante la evaluación para evitar desdoblamiento del optotipo y mejorar el contraste en el borde de la pantalla para que la identificación del optotipo no sea mejor al inicio y

al final de la pantalla.

En relación al test vestibular, en principio lo desaconsejaríamos para la evaluación de la AVD, debido a los síntomas que produjo durante la evaluación en los pacientes, la dificultad de estandarizar las condiciones por la alta dependencia de la colaboración del paciente, y porque no se ajusta a las condiciones cotidianas de visión.

A pesar de lo comentado y teniendo en cuenta el objetivo de este estudio, queremos comentar la dificultad de estandarizar que test es mejor para la toma de AVD, ya que, es una cuestión a considerar que la elección del test elegido para la evaluación de esta estará en relación con las actividades que desempeñe cada paciente.

VIII. Bibliografía

1. Álvarez Fernández A, De Andrés Pastor S. Consecuencias visuales de la lesión cerebral adquirida. Trabajo Fin de Máster. Centro de Optometría Internacional. 2007.

2. Barraza, Cristian y Godoy, Cristián. Otoneurología. Disponible en: https://www.academia.edu/15034031/Clase_1_Introduccion_Conceptos_basicos_y_ANATOMIA

3. Bardini R. La función visual en el análisis optométrico. Colegio nacional de ópticos--- optometristas. Sociedad italiana de optor

4. Bartual J y Pérez N. El sistema Vestibular y sus alteraciones. 1998. tomo I. Disponible en: http://httpmrperezfonoaudiologa.blogspot.com

5. Bermúdez M, López Benavente Y, Fernanda Figueroa L. Estereopsis y sensibilidad al contraste (csf) en niños con ambliopía refractiva. Ciencia y Tecnología para la Salud

Visual y Ocular.2007; vol. (9): 117---121.

6. Binetti A. Fisiología vestibular. FASO; 2015. Sup vestibular 1° parte.

7. Brown, B.; Adams, A.J.; Haegerstrom---Portnoy, G.; Jones, R.T. and Flom M.C. Effects of alcohol and marijuanaondynamic visual acuity: I. Thresholdmeasurements. Perception&Psychophysics. 1975. Vol. 18 (6), 441---446.

8. Cabezas Márquez, C.; Gómez Rubio, G.; Lucía López, M.; y López Ramos, L. Influencia del Sonido Binaural en la visión Estereoscópica. Trabajo Fin de Máster XXVII Máster Clínico en Optometría y Terapia Visual por el Centro deOptometría Internacional. Octubre 2016.

9. Carbonell S. Prevalencia y sintomatología de las disfunciones acomodativas y binoculares en la población universitaria.2014: 9---12.

10. Desórdenes Vestibulares. Vestibular Disorders Association. Portland. United States. Disponible en: www.vestibular.org

11. García Aguado J, Sánchez Ruiz---Cabello FJ, Colomer Revuelta J, Cortés Rico O, Esparza

Olcina MJ, Sánchez---Ventura JG et al. Valoración de la agudeza visual. Rev Pediatr Aten Primaria.2016; vol. (18) nº71.

12. García---Valdecasas J, Aviñoa A, Arjona C. Fisiliogía del sistema vestibular. Libro virtual de formación en ORL. Granada: SEORL PCF; 2015. Cap. 4.

13. García C. Sistema Vestibular--- Equilibrio. Máster en Neuropsicología. Universidad Autónoma de Barcelona. 2010. Disponible en: http://www.neuropsicol.org/Np/sisvest.htm

14. Glaser, Joel S. Neurooftalmología. 2ª edición. Barcelona. Masson--- Salvat Medicina. 1993.

15. GuarnizoMartinez, N.; Rodríguez Méndez, E.; Rubio Rincón, G. Test de Agudeza Visual Snellen y LogMAR, Compración de Diseño y Uso Clínico. Monografía. Universidad de la Salle. Facultad Ciencias de la Salud. Bogotá. Diciembre 2016.

16. Herdman, S.J.; Schubert, M.C.; Vallabh, E.; and Tusa, R.J. Recovery of Dynamic Visual Acuity in Unilateral Vestibular Hipofunction. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2003; 129 (8): 819---824.

17. Herdman,& R. Clendaniel Vestibular

rehabilitation. Philadelphia: Davis company. (2014).

18. Hernandez J. El Sistema Vestibular. 2015. Disponible en: https://slideplayer.es/slide/3480840/

19. Human PhysiologyAcademy 2014---2015. Capítulo 4: control del motor. Disponible en: http://humanphysiology.academy/Neurosciences%202015/Chapter%204/P.4.2%20Balance%20and%20Eye%20Movements.html

20. Ishigaki, H. and Miyao, M. Differences in Dinamic Visual Acuity between Athletes and Nonathletes. Perceptual and Motor Skills, 77 (3), 835---839, 1993.

21. Ishigaki, H. and Miyao, M. Implications for Dynamic Visual Acuity with Changes in Age and Sex. Perceptual and Motor Skills, 78 (2), 363---369, 1994.

22. Kolb, Bryan y Whishaw, Ian Q. Neuropsicología humana. 7ª edición. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana. 2017.

23. Long, Gerald M., and Johnson, Dawn M. A comparision between methods for assessing the resolution of moving targets (dynamic visual acuity). Department of Psycology, Villanova University, USA. 1996.

24. Martin, Timothy J. y Corbett, James J. Neurooftalmología. Los requisitos en oftalmología. Madrid. Ediciones Harcourt. 2001.

25. Miyao, M. Ishikawa, H.; Ito, M.; Teo, P.C.; Furuta, M. and Ishigaki, H. Perceptual and Motor Skills. 1994. Vol. 78 (3): 963---967.

26. Morimoto, H.; Asai, Y.; Johnson, E.G.; Lohman, E.B.; Khoo, K.; Mizutani, Y.; and Mizutani, T. Effect of oculo---motor and graze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy Young adults. Gait and Posture. Volume 33, Issue 4, April 2011, Pages 600---603.

27. Muiños, M. y Ballesteros, S. Sports can protect dynamic visual acuity from aging: A study with young and older judo and karate martial arts athletes. Atten Percept Psychophys. 2015 Aug; 77 (6): 2061---73.

28. Muzdalo, NV. The importance of measuring dynamic visual acuity. CollAntropol. 2013, April; 37, Suppl 1: 275---85.

29. Nácher, B. Procedimientos en Optometría. Máster en Optometría y Terapia Visual. Centro de Optometría Internacional. 2018---2019.

30. Paladis, D.J.; Wyder---Hodge, P.A.; Fooken, J. and Spering, M. Distinct eye movement patterns enhance dynamic visual acuity. PLoS One. 2017; 12 (2): e0172061.

31. Peters, Brian T.; Mulvara, Ajitkumar P.; Cohen, Helen S.; Sangi---Haghpeykar, Halen and Bloomberg, Jacob J. Dynamic visual acuity testing for screening patients with vestibular impairments. J Vestib Res. 2012 Jan 1; 22(2): 145–151.

32. Plou, P. Neurología General y de la Vía Visual. Máster en Optometría y Terapia Visual. Centro de Optometría Internacional. 2018---2019.

33. Plou, P. Neurooftalmología de la Vía Visual. Máster en Optometría y Terapia Visual. Centro de Optometría Internacional. 2018---2019.

34. Prado Blanco Y, Naranjo Fernández RM, Estévez Miranda Y, Méndez Sánchez TJ. Estereopsis en niños operados de estrabismo en el instituto Cubano de Oftalmología. Rev. Cubana Oftalmol.

2013; supl.1.

35. Prieto, F.L. Procedimientos en Patología Ocular. Máster en Optometría y Terapia Visual. Centro de Optometría Internacional. 2018--2019.

36. Puerta Fonolla, A.J.; Peña Melián, A.; Gil Loyzaga, P.; Prados Frutos, J.L.; Alfonso Sánchez, J.; y Riaño Granero, M. Neuroanatomía. Tomo II. Madrid. Luzan 5 Ediciones. 1986.

37. Quevedo L, Aznar---Casanova JA, Silva J. Trends in Psychology.2018; vol. (26):1267--- 1281.

38. Quevedo---Junyent, L.; Aznar---Casanova, JA.; Merindano---Encina, D.; Cardona, G. y Solé---Fortó, J. Comparision of dynamic visual acuitybetween wáter polo players and sedentarystudents. Res Q Exerc Sport. 2011 Dec. 82 (4): 644---51.

39. Quevedo L, Solé Fortó J. Visión Periférica: propuesta de entrenamiento.2007: 75--- 80.

40. Quevedo, Luïsa, Aznar---Casanova, J. Antonio y Aparecido da Silva, José. Agudeza visual dinámica. UniversitatPolitècnica de Catalunya, Barcelona, España. Febrero de 2016.

41. Quevedo, Luïsa. Evaluación de la agudeza visual dinámica: una aplicación al contexto

deportivo. UniversitatPolitècnica de Catalunya, Barcelona, España. 2007.

42. Remigio L, Edgardo F. Sistema vestibular y trastornos oculomotores. 2ª ed. Argentina: El ateneo; 1985.

43. Sánchez Pérez M.I. Caracterización global de la medida clínica de la estereoagudeza. Madrid; 2014.

44. Santos---Gorjón P. Revisión sobre la agudeza visual dinámica. ORL. 2017; 9(2): 121--- 126.

45. Santos---Gorjón P. Revisión sobre la agudeza visual dinámica. Rev. ORL. 2018:121--- 126.

46. Santos---Gorjón, Pablo. Revisión sobre la agudeza visual dinámica. Complejo Hospitalario de Ávila. Servicio de Otorrinolaringología. Ávila. España. Junio 2018.

47. Uchida, Y.; Kudoh, D.; Murakami, A.; Honda, M.; and Kitazawa, S. Origins of Superior Dynamic Visual Acuity in Baseball Players: Superior Eye Movements or Superior Image Processing. PloS ONE, 7 (2), e31530. 2012.

48. Zamora Pérez, Mercedes. Iniciación a la estrabología. Diagnóstico, Exploración y

Orientación Terapéutica. Barcelona. Ediciones Scriba. 1992.