



**Universidad**  
Zaragoza



Facultad de Ciencias  
Universidad Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE LA MEJORA DE LAS HABILIDADES VISUALES EN UNA POBLACIÓN DEPORTISTA TRAS TERAPIA VISUAL CON VISIONARY.

Study on the improvement of visual skills in a sporty population after visual therapy with Visionary.

Autora

**NAIARA DÍAZ MARÍN**

Directora

**CARMEN LÓPEZ DE LA FUENTE**

Facultad de Ciencias  
Grado en Óptica y Optometría  
2018-2019

## **INDICE:**

### **1. Introducción**

1.1 Visión en el deporte.

1.2 Habilidades visuales implicadas.

- Factores personales
- Factores ambientales

### **2. Hipótesis.**

### **3. Objetivo.**

### **4. Material y métodos.**

4.1 Examen visual optométrico.

4.2 Visionary.

4.2.1 Terapia visual

4.2.2 Software Visionary.

4.2.2.1 Sensibilidad al contraste

4.2.2.2 Visión binocular

4.2.2.3 Estereopsis

4.3 Recogida y análisis de datos.

### **5. Resultados.**

5.1 Estadística descriptiva de las habilidades visuales antes y después de la terapia visual.

5.2 Estadística descriptiva de la función de sensibilidad al contraste estática y dinámica medida con Visionary.

5.3 Estadística descriptiva de la agudeza visual estereoscópica medida con Visionary.

### **6. Discusión.**

### **7. Conclusiones.**

### **8. Bibliografía.**

## 1. INTRODUCCION:

La RAE (real academia de la lengua española) define deporte como: "Actividad física, ejercida como juego o competición, cuya práctica supone entrenamiento y sujeción a normas". <sup>(1)</sup> En el libro "Visión y deporte" de Vicente Rodríguez Salvador, et al., añaden además el concepto de compromiso y superación personal en la definición de deporte. <sup>(2)</sup> Es destacada la palabra "superación" ya que, en muchas ocasiones, las personas que deciden llevar a cabo un tratamiento de terapia visual deportiva, es por superación personal, por la simple razón de mejorar sus habilidades en el deporte que practican. No tienen por qué ser sujetos con algún defecto en la visión, pero sí que comparten su afán de superación en su disciplina.

Por otro lado, destacar la evidencia de los efectos positivos que genera el deporte en la salud. Se han demostrado estos beneficios en distintos campos como en la psicología, el rendimiento laboral o las relaciones sociales. Además, es muy común que el objetivo de muchos deportistas sea el bienestar físico. En la actualidad, el deporte se intenta implantar en la educación de los niños, ya que este hábito es beneficioso a largo plazo en los jóvenes y es evidente que ayuda al desarrollo de los mismos. <sup>(2)</sup>

Nos remontamos a principios del del siglo XX para situar en el tiempo el inicio de la visión deportiva. Se describió como "*una aplicación del análisis optométrico funcional a la práctica deportiva*" <sup>(3)</sup>. Según han ido avanzando las investigaciones y estudios, son muchos los deportistas que se han interesado y han empleado el entrenamiento visual deportivo para mejorar su rendimiento. Es aproximadamente en 1992, cuando se introduce en España esta disciplina, pero fueron los americanos en 1978 los pioneros, creando la sección de visión deportiva en la Asociación Americana de Optometría. <sup>(3)</sup>

Actualmente y en general, la función visual y lo que implica, no es muy conocida entre los deportistas o incluso entre médicos y entrenadores. Pero, cabe remarcar que para la práctica del deporte es necesario una visión óptima, con transparencia de medios, y una buena interpretación de toda la información que captamos visualmente (aproximadamente un 80%). Es indudable la importancia que tiene una buena visión para la ejecución de los movimientos precisos que requieren las actividades deportivas. <sup>(2,4,5)</sup>

Esta situación, ha llevado a mejorar el concepto de visión deportiva creando un conjunto de ejercicios de entrenamiento de las habilidades visuales, así como desarrollando el término de protección ocular deportiva. <sup>(2,4)</sup>

Se trata de una disciplina aun en crecimiento y desarrollo pero que puede llegar a ser efectiva si los deportistas hacen un buen uso de ella. <sup>(2)</sup>

### 1.1 Visión en el deporte:

Se acostumbra a relacionar el ojo con una cámara fotográfica, pero realmente el sistema visual es mucho más. La información que llega a través de la vía óptica hasta la corteza cerebral, es comparada y relacionada con recuerdos e información almacenada para su posterior identificación. Por ejemplo, un tenista puede prever sus movimientos gracias a la experiencia y a los recuerdos visuales. <sup>(2,6,7)</sup> Otro ejemplo, serían los jugadores de voleibol, deporte que practican varios de los sujetos que han participado en el estudio; estos interiorizan primero movimientos como el del remate o recepción sin balón, para luego reaccionar de una manera mecánica y rápida. También, podríamos decir que, en la mayoría de los deportes de pelota, los entrenadores

muestran una estrategia en una pizarra para que sus jugadores visualicen la jugada antes de realizarla, esto ayuda a que ésta se ejecute satisfactoriamente.

Se define de nuevo la visión deportiva como: *“conjunto de técnicas encaminadas a preservar y mejorar la función visual en su conjunto con el fin de incrementar el rendimiento deportivo, adiestrando los comportamientos visuales requeridos en las prácticas de las distintas aplicaciones y disciplinas deportivas.”*<sup>(2)</sup>

Teniendo en cuenta esta definición, el área de la visión deportiva comprendería distintos campos: en primer lugar información a deportistas y entrenadores; en segundo lugar y de gran importancia sería una evaluación previa para comprobar cualquier tipo de anomalía que impida el buen rendimiento del deportista; a continuación se tendrá en cuenta la corrección óptica en el caso en el que fuera necesario; en tercer lugar la prevención y protección con el objetivo de mejorar la seguridad y prevenir lesiones del deportista; finalmente hablaremos de la mejora del rendimiento: entrenamiento visual para obtener mejores resultados en la práctica deportiva. En cuanto al entrenamiento, debemos tener en cuenta las habilidades visuales de cada individuo y el deporte que realiza, es decir, el plan de entrenamiento debe de ser específico para cada uno.<sup>(2)</sup>

Las habilidades visuales que pueden ser mejoradas mediante la terapia visual son:

- Mayor amplitud de campo visual (CV) y mejoría en la percepción visual periférica como puede ser en el caso de un futbolista percibir que alguien viene por su derecha a robarle el balón mientras él mira al frente.
- Mejora en la percepción cinética, cualquier deporte de pelota requiere la percepción de este objeto en movimiento.
- Reducción de heteroforias (lejos-cerca).
- Mejora de la visión simultánea.
- Mejora de la agudeza visual estereoscópica (AVE). El objetivo en un jugador de baloncesto será mejorar la precisión a la hora de encestar mientras que en un jugador de voleibol lo será para realizar un buen remate; entre otros ejemplos.
- Mejora de la agudeza visual (AV) dinámica.
- Aproximación del punto próximo de convergencia (PPC) y mejora del sistema acomodativo.
- Mejora de la motilidad ocular.<sup>(2)</sup>

Todas estas habilidades que implican la visión binocular y la motilidad influyen en el buen rendimiento del deportista.<sup>(2)</sup> Así, por ejemplo, si un sujeto jugador de voleibol tiene mala estereopsis, el cálculo de las distancias no será correcto, y a la hora de defender un balón (recibir), puede no hacerlo en la posición adecuada. El jugador puede percibir que el balón cae más adelante o más atrás de lo que está en realidad.

## **1.2 Habilidades visuales.**

La Asociación de Optometristas Americanos, introdujo una serie de términos que definen las habilidades/factores necesarios para el entrenamiento visual, dividiéndolo en factores personales y ambientales.<sup>(2)</sup>

## FACTORES PERSONALES:

Dentro de estos vamos a incluir aquellos que son propios de cada deportista. Entre estos factores se encontraría la concentración visual, que es la capacidad de mantener la atención durante la actividad deportiva evitando distracciones. Por otro lado, hablamos de memoria visual aplicada al deporte como la capacidad de recordar movimientos integrados, como el ejemplo mencionado anteriormente del tenista o del jugador de voleibol. Desde otro punto de vista, un jugador podría ejercitar su musculatura mientras recrea jugadas. Esto se refiere a que mientras el deportista entrena su físico por ejemplo en el gimnasio, puede reproducir sus jugadas mediante una imagen mental. <sup>(2,8)</sup>

Relacionado directamente con la memoria visual y el último ejemplo, se cita la visualización de escenas deportivas en nuestro cerebro antes de que ocurran. Como también se ha mencionado en el ejemplo del entrenador que muestra la jugada en su pizarra. Esta habilidad, también es empleada como forma de motivación al deportista, así como para reducir la fatiga y mejorar la reacción ocular en las distintas situaciones. <sup>(2)</sup>

Si se habla de las habilidades visuales como tal, nombramos la agudeza visual estática como un dato fundamental para conocer el estado de la visión, junto con la refracción del sujeto. También es importante conocer la variación de AV que puede sufrir con el cambio de iluminación y por tanto el tamaño pupilar. Importante en la visión deportiva es la agudeza visual dinámica, ya que determinará por ejemplo en los deportes de pelota la capacidad de seguirla. Esta aumenta con la buena iluminación y el entrenamiento y disminuye con el cansancio. <sup>(8)</sup> Por otra parte, también debe tenerse en cuenta la visión periférica mientras el usuario mantiene la fijación central ya que está muy relacionada con la percepción del movimiento. <sup>(9)</sup>

Vinculado a la AV encontramos la sensibilidad al contraste (SC). La AV se mide habitualmente en una situación de alto contraste, pero en las actividades deportivas nos encontramos situaciones en las que el contraste varía. Por lo tanto, la medida de la SC es un valor más exacto a partir del cual conocemos más información de la visión del sujeto. Se define la sensibilidad como la inversa del umbral de contraste siendo este el menor contraste necesario para ver un objeto, un estímulo por encima de este umbral es visto mientras que uno por debajo, no. Aquel sujeto que perciba objetos con menos contraste tendrá una mejor visión. Para medirlo se utiliza una red sinusoidal que consiste en estímulos blancos y negros en forma de barras verticales (ciclos/grados) y cuya intensidad varía de un máximo a un mínimo. Un ciclo supone una pareja de barras, una negra y una blanca que corresponden a la luminancia mínima y máxima respectivamente. La frecuencia es el número de ciclos que tiene un grado. Representando la sensibilidad frente a la frecuencia obtenemos la función de sensibilidad al contraste (FSC). <sup>(2,10,11)</sup>

La visión binocular, que consiste en la integración de las dos imágenes monoculares en una sola, depende en gran medida de una buena motilidad ocular extrínseca. Defectos en la musculatura ocular dificulta la práctica de deporte. No obstante, hay deportes en los que esta demanda es mayor como puede ser el boxeo y otros como la natación que simplemente se requiere una buena visión panorámica lejana. <sup>(2,8)</sup> Es importante el conocimiento del estado de la visión binocular del deportista, siendo que este podría suprimir una de las imágenes, haciendo que disminuya la estereopsis, o incluso ver doble, si no puede fusionar ambas imágenes a nivel cerebral.

Esto, imposibilitaría la práctica de deporte; eliminar esta diplopía sería el primer objetivo del entrenamiento visual. <sup>(2,7,12)</sup>

Consecuencia de una buena visión binocular desarrollamos la estereopsis: importante en el deporte para el cálculo exacto de las distancias e indispensable en los deportes de pelota que requieren conocer la velocidad y direcciones de la misma como puede ser el voleibol. En caso de que un deportista utilice la visión monocular, puede practicar deporte gracias a la visión de profundidad que obtiene mediante pistas monoculares como pueden ser sombras o colores. Debe de ser muy reducida la visión de uno de los ojos para que le imposibilite la práctica de determinados deportes. Un ejemplo de deporte en el que no es tan necesaria la estereopsis sería por ejemplo el judo. No obstante, este deportista no llegara a alcanzar el mismo nivel de rendimiento que el deportista que tiene una buena estereopsis. <sup>(2,8)</sup>

Muy importante es el proceso de acomodación para la práctica deportiva. Tanto la acomodación-relajación del sistema de enfoque como la variación convergencia-divergencia del sistema binocular están presentes en todo momento debido al cambio constante de la distancia de trabajo. En algunos casos la práctica deportiva se realiza a varias distancias de trabajo por lo que es necesario que la acomodación sea correcta. En el caso de tener que prescribir alguna corrección, es necesario saber cuál es la distancia que más se emplea. Se considera distancia larga una distancia mayor de 3 metros (deportes de balón, esquí, ciclismo, automovilismo, atletismo...) y el resto serán distancia corta o media (deportes de contacto, pin-pon, natación, gimnasia...). <sup>(8)</sup>

Finalmente mencionar la coordinación ojo-mano como la integración de los movimientos musculo-esqueléticos con los ojos, fundamental para una buena respuesta motora. Esta capacidad comienza a desarrollarse en la infancia y disminuye con la edad. <sup>(5)</sup> También, el tiempo de reacción visual, tiempo entre la percepción del estímulo y la respuesta del deportista, es de gran importancia en los deportistas de elite ya que esta reacción puede marcar la diferencia con su adversario. <sup>(8)</sup>

### FACTORES AMBIENTALES:

Llamamos factores ambientales a aquellos factores externos, es decir que no dependen de las habilidades del propio deportista.

Por una parte, existen deportes en los que se trabaja con objetos estáticos y en otros con objetos dinámicos. En el caso de un objeto estático, la información proviene de un objeto quieto como puede ser el caso del tiro con arco o del golf. En estos casos es una respuesta motora elaborada, no tiene por qué ser inmediata. Por el contrario, un objeto dinámico, como puede ser el futbol o el tenis, nos aporta información móvil. En estos casos la información visual cambia continuamente y se espera una respuesta motora rápida. La mayoría de los individuos de este estudio se enfrentan a objetos dinámicos. Deben tenerse en cuenta las características del objeto, el tamaño del objeto por ejemplo es un determinante, no es lo mismo una pelota de pequeño diámetro como la de golf que otra de gran tamaño como la de baloncesto. El contraste del objeto con el fondo y su forma serán otras dos características a tener en cuenta. <sup>(8)</sup>

El contraste con el que se perciben los objetos varía según la iluminación o las condiciones atmosféricas. A esto, se añade el factor de que el movimiento de los objetos también disminuye el contraste. El uso de filtros o gafas especializadas puede ayudar a

la mejora del contraste como es el claro ejemplo de los esquiadores (luz natural). Por otro lado, la situación cambia cuando hablamos de iluminación artificial. <sup>(8)</sup>

También las características del escenario deportivo pueden variar en gran medida. No es lo mismo un deporte que se practique al aire libre que una pista polideportiva. Dependiendo de cuál sea el escenario, el deportista debe adaptarse a unas condiciones u otras. Estos factores también determinarán el tipo de corrección óptica si se precisa (no será la misma si el espacio es cerrado y reducido o si se trata de un espacio abierto). Por ejemplo, no tendrán las mismas necesidades los jugadores de voleibol que juegan en pista que aquellos que juegan en la playa o que los sujetos que practican el golf. <sup>(8)</sup>

Del mismo modo es preciso tener en cuenta tanto el movimiento del deportista como la posición física del mismo, es decir, que este esté o no en movimiento en el momento de emplear su visión y la posición que adopta. Generalmente todas las actividades deportivas requieren movimiento del sujeto, pero hay ciertas actividades que no como puede ser tirar un tiro libre en baloncesto. <sup>(8)</sup>

Para finalizar, otro factor importante es el tiempo de demanda de AV, tiempo que necesita el deportista emplear su 100% de la visión. Podría ser clasificado tanto en factores ambientales como visuales. Por ejemplo, en el automovilismo este tiempo puede durar horas ya que el piloto se encuentra muchas horas con la mirada en la pista. Sin embargo, en el golf el tiempo es más corto, el paciente mantiene la fijación durante el golpe. <sup>(8)</sup>

En resumen, el concepto de visión deportiva es muy amplio, ya que engloba muchas habilidades visuales y no todas son necesarias en todos los deportes. Por ejemplo, un deporte de pelota requiere AV dinámica cómo será el caso de la mayoría de los participantes, mientras en el tiro con arco, el deportista y la diana se encuentran en una situación estática y no es tan necesaria esta habilidad. Por eso el entrenamiento de visión deportiva debe de ser personalizado para cada deporte y para cada deportista. <sup>(8,9)</sup>

En un futuro, se abren varios frentes a mejorar, por un lado, la aplicación de la terapia visual a los distintos deportistas para mejorar sus habilidades e informar a la comunidad deportiva de su importancia; Y, por otro lado, la mejora de los medios para llevarla a cabo, así como la mejora de los sistemas de protección ocular de los deportistas. <sup>(2)</sup>

Finalmente cabe destacar que existen diversos grupos de investigación que optan por diseñar programas informáticos para el entrenamiento visual de sus pacientes. Estos programas son una herramienta muy útil a la hora de mejorar ciertas habilidades visuales. Esto se debe a que hoy en día las tecnologías están totalmente integradas en la sociedad y la población más joven se ve más atraída por este tipo de “juegos” que por otras técnicas más convencionales. <sup>(13,14, 15)</sup>

## **2. HIPÓTESIS:**

Tras un programa de terapia visual diseñado para un grupo de deportistas, que comparten la necesidad de una buena AV y una buena estereopsis para la práctica adecuada de su deporte, se espera conseguir mejorar estas habilidades visuales y, por consiguiente, una mejora del rendimiento en su práctica deportiva.

## **3. OBJETIVO:**

El objetivo del presente estudio es analizar las habilidades visuales de un grupo voluntario de deportistas antes y después de llevar a cabo un programa de terapia visual con el software Visionary.

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS:**

Para la realización de este estudio se han seleccionado 31 deportistas voluntarios de los cuales 25 completaron el tratamiento. La edad media de los participantes es de 22,5 con un rango de edad de entre 19 y 27 años. De estos 25, 14 fueron mujeres (56%) y 11 hombres (44%). De los 25 participantes que han completado el tratamiento, el 44% son jugadores/as de voleibol, el 24% de futbol, el 16% de baloncesto, el 8% practican la modalidad de pelota en gimnasia rítmica, el 4% practican la modalidad de salto en equitación y el 4% restante ciclismo. El 92% de los deportistas practican un deporte de pelota, y para ello son necesarias las habilidades de AV estática, AV dinámica y estereopsis. El 8% restante no practican deporte de pelota, pero también precisan de la AV estática, dinámica y la estereopsis para la práctica de su deporte.

Tras la firma del consentimiento informado, se realizó un examen visual optométrico para conocer las habilidades visuales de cada participante. Conviene indicar que solo el 20% partía de valores por debajo de la media en alguna de las habilidades. En segundo lugar, los pacientes realizaron el programa de terapia visual para mejorar AV y estereopsis utilizando el programa Visionary, un software diseñado por el Dr. Juan Portela y el ingeniero Santiago Martín González. Finalmente, se realizó de nuevo una valoración optométrica para valorar de nuevo su sistema visual.

### **4.1 Examen visual optométrico.**

Durante el examen inicial y final se obtuvieron las medidas de la AV estática (Snellen) con corrección; refracción objetiva con autorrefractómetro y refracción subjetiva. Posteriormente se realizó el cover test para valorar la presencia de algún tipo de desviación o foría, se evaluó la dominancia ocular mediante la lente de +2,00D, la fusión mediante el test de Worth y la estereopsis mediante el test de Randot. A continuación, se midieron con barra de prismas las vergencias fusionales horizontales (positivas y negativas), tanto en visión próxima como en visión lejana; así como la flexibilidad de vergencias en visión lejana y próxima. Para terminar, se evaluó el punto próximo de convergencia con un estímulo acomodativo y la motilidad ocular mediante el DEM.

### **4.2 Visionary.**

Visionary se trata de un programa informático diseñado principalmente para la realización de terapia visual en niños. En este estudio, se ha utilizado para realizar terapia visual a los diferentes deportistas voluntarios. Este programa permite seleccionar



los juegos de las habilidades que queremos entrenar. En este estudio se seleccionó la sensibilidad al contraste y la estereopsis.

Antes de comenzar el programa de terapia visual con el programa Visionary, es preciso realizar tres test iniciales de FSC estática, FSC dinámica y estereopsis, con el fin de que los juegos se realicen con el nivel de dificultad personalizado para cada individuo. Se obtiene en los dos primeros para la FSC una gráfica de los resultados para las frecuencias 0'5, 1, 2, 4, 8, 16 (en ciclos/grado), que a su vez son comparados con los valores medios poblacionales. En cuanto a la estereopsis se obtiene el valor de la misma en segundos de arco. <sup>(16)</sup>

#### **4.2.1 Terapia visual:**

El programa Visionary contiene diferentes juegos cada uno para entrenar diferentes habilidades visuales. La selección de los juegos depende de los valores obtenidos en el examen inicial y de las habilidades que queremos entrenar. Todos los juegos deben realizarse con una gafa rojo-verde o polarizada sobre la corrección habitual del paciente. En este estudio se emplearon gafas de tipo anaglifo.

La terapia como tal, consistía en jugar durante 20 minutos en cada sesión a dos juegos, 10 minutos cada uno. Los juegos seleccionados han sido “pincha globos” para entrenar la FSC estática y “siluetas ocultas” para entrenar la estereopsis. En este punto debemos mencionar que 2 de los 25 participante no presentaban estereopsis al medirla con el test de Randot, en estos casos han jugado a “marcianitos” para entrenar la fusión plana. Coincidían ambos con antecedentes de estrabismo.

Conforme el paciente juega y avanza de nivel, el programa dificulta el juego. Cada vez que se supera un nivel (un día, 20 minutos de juego), se avanza una casilla, siendo el objetivo alcanzar la meta (hay un total de 14 casillas). Por lo tanto, la terapia tuvo una duración de 14 sesiones de 20 minutos cada día, 10 minutos cada juego, haciendo un total de 280 minutos de juego sin contar los test iniciales y finales.

Una vez, llegado a la meta, cada participante repitió los test iniciales para certificar o no la mejoría. En caso de no mejoría, se acordó junto con los sujetos la posibilidad de hacer una segunda fase que consistía en realizar otros juegos dependiendo de los resultados de cada paciente. Esta segunda fase no se ha tenido en cuenta para la obtención de los datos estadísticos del estudio.

#### **4.2.2 El software Visionary.**

En primer lugar, decir que todos los juegos están diseñados para realizarse mediante un sistema estereoscópico y por eso deben realizarse con una gafa anaglifo o polarizada. Este programa puede ocasionar cansancio visual a causa de la diferencia de información que percibe cada ojo; debido a los filtros rojo y verde. Para prevenir esto, el programa utiliza una gama de colores que evita colores puros como el rojo o el azul. Además, la diferencia de la longitud de onda entre ambos ojos debido a los filtros provoca un pequeño desenfoque que podría cubrirse mediante una pequeña compensación de media dioptría positiva para el ojo con filtro rojo. <sup>(16)</sup>

Para que la aplicación sea ejecutada en diferentes dispositivos, Visionary permite introducir datos como las dimensiones de la pantalla; de esta manera los objetos siempre estarían en la misma zona del monitor. Como el juego está limitado por la resolución del propio sistema, tomaron como referencia la resolución vertical. <sup>(16)</sup>

Los juegos están divididos en tres categorías (Imagen 1):

- Evaluación y entrenamiento de la sensibilidad al contraste monoscópica.
- Evaluación y entrenamiento perceptual de la visión binocular.
- Evaluación y entrenamiento perceptual de la estereopsis.

A cada categoría le corresponde un test de referencia que aporta información clínica del paciente. <sup>(16)</sup>

	Sensibilidad al contraste	Vergencia monoscópica	Sacádicos	Amontonamiento	Búsqueda visual	Dominancia ocular	Fusión plana	Vergencias en plano	Vergencias en profundidad	Estereopsis
<b>SENSIBILIDAD AL CONTRASTE MONOSCÓPICA</b>										
FSC	■									
FSC dinámico	■	■								
Caza Frisbees	■	■	■							
Pincha Globos	■	■	■	■						
Come Galletas	■	■	■	■	■					
<b>VISIÓN BINOCULAR</b>										
Dominancia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cruzando el río	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Marcianitos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recoge Bolas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>ESTEREOPSIS</b>										
Siluetas Ocultas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

**Imagen 1:** juegos de Visionary agrupados en categorías.

La imagen 1 muestra los distintos juegos agrupados en las tres categorías y las habilidades visuales que entrenaríamos con cada uno de ellos. Se seleccionaron dos juegos, uno de la categoría de sensibilidad al contraste (“Pincha globos”) con el objetivo de mejorar la FSC estática; y por otro lado se ha seleccionado el juego de las “siluetas ocultas” para el entrenamiento de la estereopsis que como podemos observar en la tabla también están involucradas el resto de las habilidades visuales. En principio, todos los participantes jugaron a estos dos juegos, pero como ya se ha mencionado anteriormente, se dieron dos casos en los que los pacientes no tenían estereopsis. En estos pacientes se optó por mejorar la visión binocular con el juego de “Marcianitos” y posteriormente realizar el juego de “siluetas ocultas”.

#### 4.2.2.1 Sensibilidad al contraste monoscópica.

En este grupo englobaríamos dos de los test iniciales, FSC estática y FSC dinámica, así como el juego de “pincha globos”.

## TEST 1: FSC

En este test se muestra en pantalla una rejilla con una cierta frecuencia, una orientación variable y un tamaño constante. Es importante saber, que valora la AV en la fovea, no en la periferia. Comienza con un contraste cero y va aumentando hasta que el paciente lo ve. El juego está diseñado con 4 direcciones y 6 niveles de frecuencia (24 combinaciones posibles).<sup>(16)</sup>

Id	Frecuencia (ciclos/grado)
1	0.5
2	1
3	2
4	4
5	8
6	16

**Imagen 2:** niveles de frecuencia

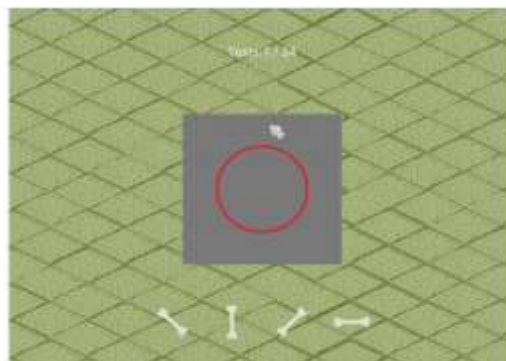
El contraste es calculado mediante la siguiente formula<sup>(16)</sup>:

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$$

**Formula 1:** contraste para FSC

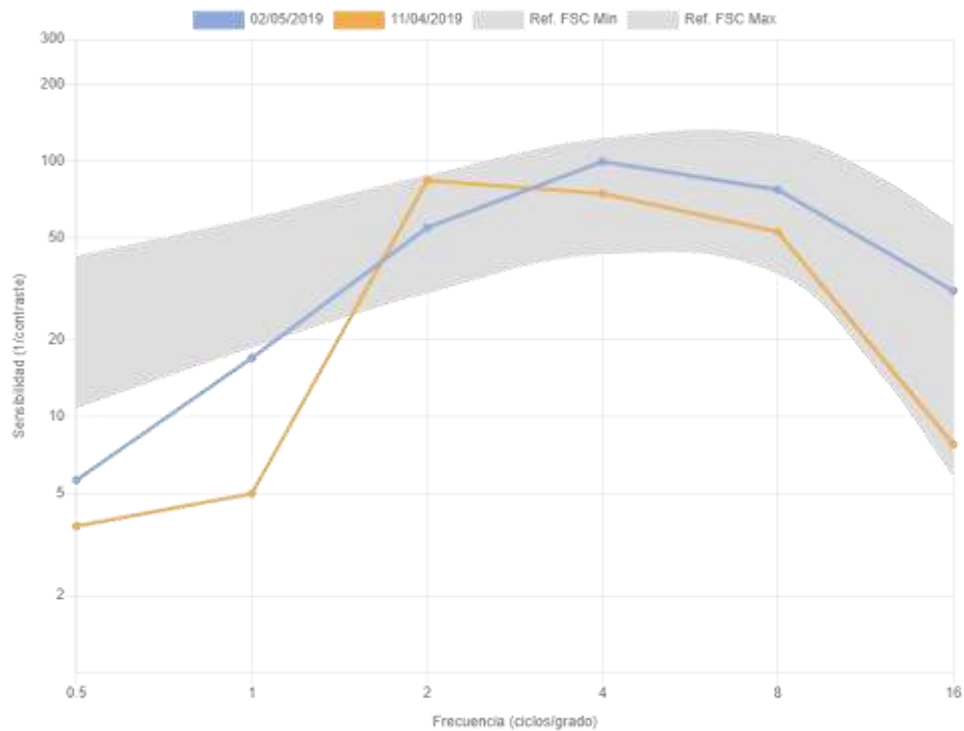
La luminancia no puede calcularse ya que depende del dispositivo electrónico de cada paciente y de las condiciones de iluminación de la habitación. Por lo tanto, para el cálculo del contraste, Visionary utiliza un valor aproximado; además utiliza un intervalo de contrastes de entre 0,33 y 0,004 para minimizar el tiempo de medición.<sup>(16)</sup> Se recomendó a los sujetos que realicen la terapia con una iluminación parecida a la que tienen en la práctica de su deporte.

Así, para cada frecuencia, va aumentando el contraste hasta que el paciente percibe la dirección de la rejilla. Si falla, Visionary asigna el valor máximo de contraste que el paciente ha visto. El intervalo de contrastes ya mencionado es solo un 30% del total para que el juego sea más dinámico y la rejilla tarde menos tiempo en alcanzar su máximo contraste. Cada vez que se realiza este test, se ajusta el nivel a la partida mejor jugada por lo que no es hasta que el paciente lleva varias partidas cuando se alcanzan contrastes bajos.<sup>(16)</sup>



**Imagen 3:** test FSC estática.

El sistema recoge los resultados en forma de vector con el nivel de contraste mínimo para cada frecuencia y traza una gráfica como la que se muestra a continuación (imagen 4). Además, se compara con los niveles de contrastes de sujetos sanos de esa edad para facilitar el análisis de los resultados. <sup>(16)</sup>



**Imagen 4:** grafica FSC estática de uno de los pacientes.

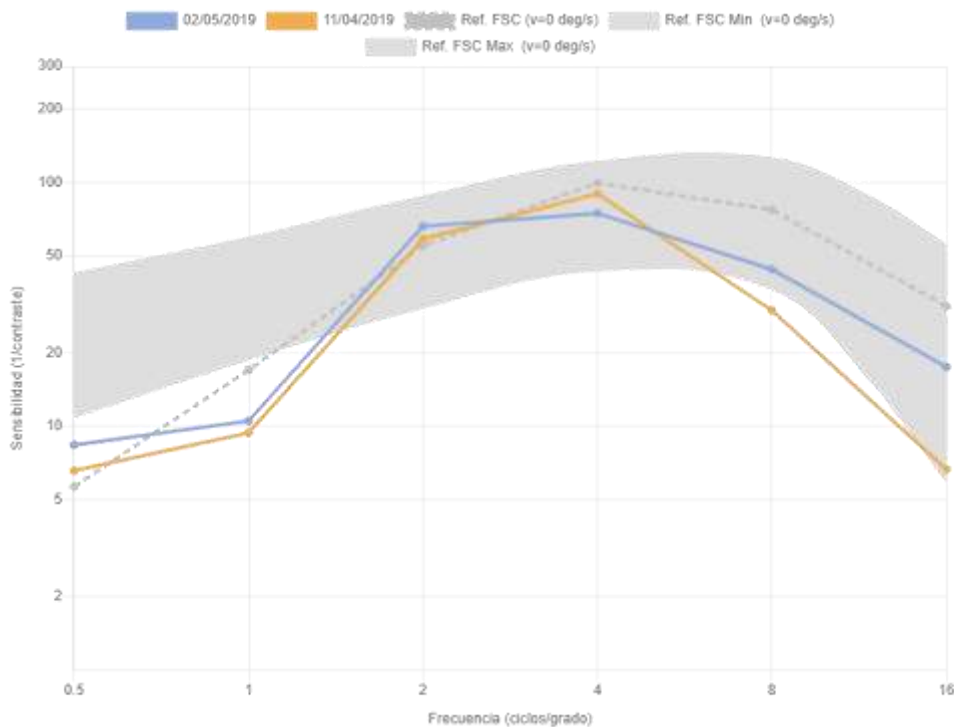
### TEST 2: FSC DINÁMICA

Este test es similar al anterior, pero la rejilla se mueve por la pantalla de forma lenta y continua (imagen 5). El tamaño de la rejilla es constante (6 grados) y al igual que en el anterior se valora la AV en fóvea. El área está señalada con un círculo para que el paciente mire a esa zona. El nivel de contraste va aumentando hasta que el paciente lo visualiza. <sup>(16)</sup>



**Imagen 5:** test FSC dinámica

Existen 6 niveles y a cada uno le corresponde una velocidad de seguimiento expresada en segundos de arco/segundos. La velocidad mínima será de 3 y la máxima de 8, cada nivel aumenta en una unidad en segundos de arco/segundos. Se almacena el valor de la velocidad máxima que alcanza el paciente y que representa la capacidad y que representa la capacidad de enfocar objetos en movimiento en la fovea. <sup>(16)</sup> La grafica (imagen 6) en la que se muestran los resultados es como la anterior:



**Imagen 6:** Grafica resultados FSC dinámica de uno de los pacientes.

### JUEGO: PINCHA GLOBOS

El juego consiste en diferenciar el patrón de rejilla, que coincide con el empleado en los test 1 y 2. El tamaño sigue siendo el mismo, 6 grados, pero además incluye dos fuentes de conflicto, el amontonamiento y la búsqueda visual. <sup>(16)</sup>

La mecánica del juego consiste en lo siguiente: en el centro de la pantalla, aparece el perro con un globo que contiene la rejilla. La rejilla tiene una frecuencia intermedia con alto contraste para que el paciente la distinga con facilidad. <sup>(16)</sup>



**Imagen 7:** juego pincha globos

Además, en la pantalla podemos ver el tiempo restante para superar el nivel y el tiempo restante del juego, así como el número de globos que falta por localizar. Los parámetros son los establecidos en el test 1. <sup>(16)</sup>

Para cada nivel se tiene en cuenta el tiempo empleado, el número de rejillas con la misma orientación que la de referencia, el número de rejillas con orientación diferente y los errores permitidos. Cada nivel tiene 4 rondas que corresponden con cada frecuencia a tratar. Si el usuario selecciona más globos de los debidos o se excede en tiempo, el nivel se reinicia. <sup>(16)</sup>

Los resultados almacenados son el tiempo empleado en cada nivel y el nivel máximo alcanzado. <sup>(16)</sup>

#### 4.2.2.2 Visión binocular.

Este bloque de juegos permite entrenar la visión binocular pero no la visión estereoscópica. El objetivo principal es el entrenamiento de la supresión, fusión plana y vergencias. <sup>(16)</sup>

##### JUEGO: MARCIANITOS

El objetivo de este juego es aumentar el intervalo de vergencias, mejorando así la fusión plana y evitando la supresión. Al comienzo se trata de un juego en 2D y según el paciente avanza y sube de nivel termina siendo un juego 3D. <sup>(16)</sup>

Con un número limitado de vidas, consiste en limpiar la pantalla de marcianitos antes de que impacten en el suelo, en ese caso se pierde una vida. También se pierde una vida si el marciano impacta sobre la posición del usuario. Cuanto mayor es el nivel mayor es el número de marcianos y de planos de profundidad. <sup>(16)</sup>

En la pantalla se observa el tiempo restante de juego, las vidas restantes, el nivel actual y los puntos obtenidos. No es recomendable este juego si el paciente presenta supresión. En el caso de los sujetos que han realizado este juego, ambos presentaban fusión, pero no visión estereoscópica. Se toma como referencia la penalización decidida por el optometrista, es decir, si hemos seleccionado que el ojo dominante es el derecho, se penalizara este para trabajar el izquierdo. <sup>(16)</sup>

Los niveles, dependen del número de planos de profundidad, el número de filas de marcianos y el tiempo que tarda el paciente en superar un nivel. Se almacenan los niveles superados y el tiempo empleado. <sup>(16)</sup>



Imagen 8: juego "marcianitos"

#### 4.2.2.3 Estereopsis.

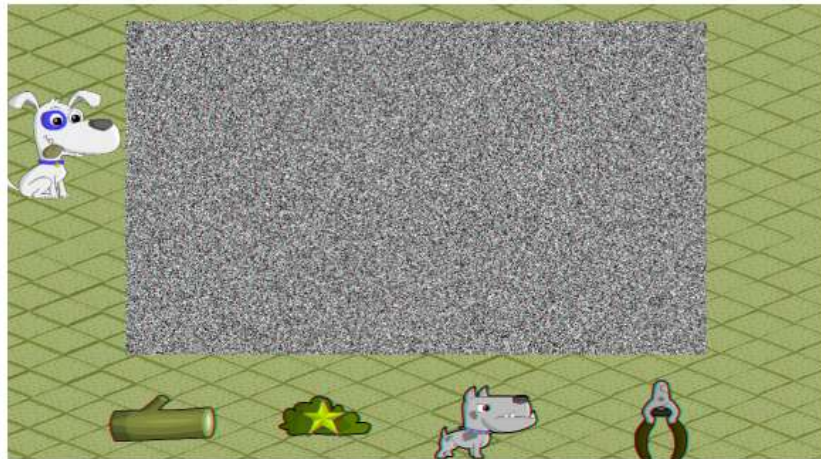
La tercera y última categoría, consiste en la evaluación y mejora de la estereopsis. Los resultados se miden en segundos de arco. Nos aporta información sobre escenas binoculares. Lo complicado de la valoración de la estereopsis es que el paciente puede deducir la profundidad a partir de otras pistas, a veces monoculares y otras aprendidas como sombras, movimientos... Debido a esto, juegos como el mencionado anteriormente de los “marcianitos” están en la categoría anterior de visión binocular; ya que Visionary no asegura que no puedan utilizar estas pistas. <sup>(16)</sup>

#### TEST 3 Y JUEGO: SILUETAS OCULTAS.

“Siluetas ocultas” tiene la doble función de test y juego.

Según Visionary, el test de referencia de medida de estereopsis es el de Randot que es el test empleado en el examen visual. Su ventaja es la ausencia de pistas monoculares, incluso la imposibilidad de ser resuelto utilizando la vergencia como única señal. <sup>(16)</sup>

Siluetas ocultas es una versión de este test, pero adaptado para hacerlo más entretenido.



**Imagen 9:** Test y juego “siluetas ocultas”

La mecánica del juego consiste en mostrar una silueta oculta de puntos aleatorios y cuatro posibles soluciones de las que solo una es correcta. Si el paciente acierta se muestra la silueta en color y si falla aún tiene otros dos intentos. Al tercer fallo se muestra la silueta y se cambia. El cambio de nivel es automático, teniendo en cuenta los aciertos y los fallos del usuario. Al aumentar de nivel, disminuye la separación entre el fondo y la silueta oculta. El parámetro empleado es la agudeza visual estereoscópica. <sup>(16)</sup>

Para subir de nivel, Visionary se asegura de que los aciertos son suficientes para garantizar la capacidad visual y que no sea al azar. Es posible obtener los valores de los niveles alcanzados con las respuestas acertadas y falladas. <sup>(16)</sup> Los resultados son almacenados y se traza la siguiente gráfica (imagen 10):

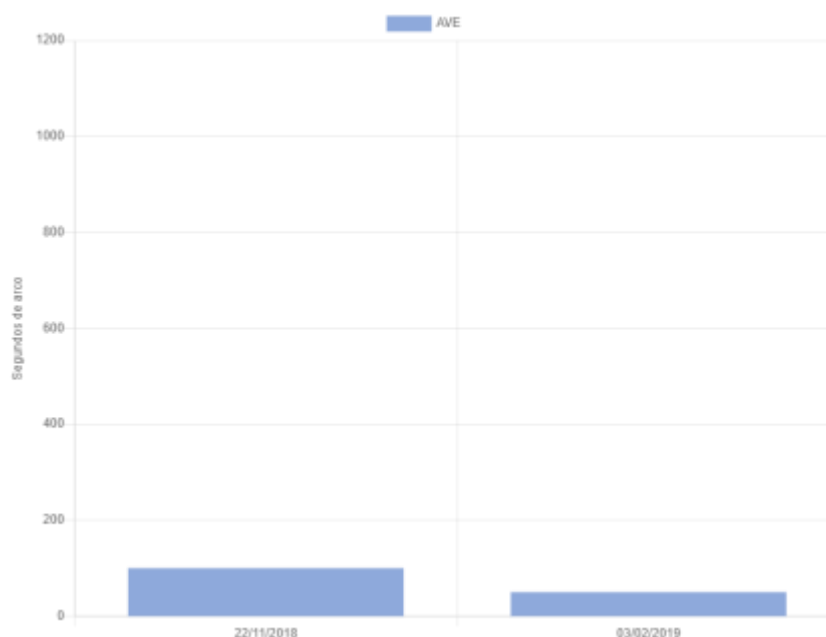


Imagen 10: evolución AVE

### 4.3 Recogida y análisis de datos.

Los datos obtenidos en el estudio se recopilaron en el programa Excel (Microsoft® Office Excel 2016 Microsoft Corporation). Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS 19 (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU).

Todas las variables fueron cuantitativas y se definieron mediante la media y la desviación estándar. El estudio de la normalidad se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Se empleó el test no paramétrico para dos muestras relacionadas de Wilcoxon para comparar las variables cuantitativas de dos grupos dependientes. La hipótesis nula se basó en que las medias de las dos muestras son las mismas y se consideró estadísticamente significativo un nivel de significación de  $p < 0,05$ .

## 5. RESULTADOS:

### 5.1 Estadística descriptiva de las habilidades visuales antes y después de la terapia:

Siendo el número de sujetos (N) que han participado y han completado el tratamiento 25, la **tabla 1** muestra los valores de la estadística descriptiva, el valor mínimo, el valor máximo, la media y la desviación típica de cada parámetro medido en los exámenes inicial y final.



DATOS OPTOMÉTRICOS								
	INICIAL				FINAL			
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
AV OD (D)	0,90	1,10	0,99	0,05	1,10	1,60	1,19	0,11
AV OI (D)	0,80	1,10	0,98	0,06	1,0	1,60	1,21	0,19
AV AO (D)	1,00	1,10	1,04	0,05	1,10	2,0	1,31	0,21
AVE RANDOT (SEGARCO)	25,00	500,00	109,40	126,63	20,00	400,00	46,40	75,89
ROTURA BN VL (DP)	2,00	30,00	9,68	5,34	4,00	18,00	9,12	3,32
ROTURA BT VL (DP)	4,00	35,00	18,52	7,46	4,00	40,00	17,44	8,29
RECOBRO BN VL (DP)	1,00	25,00	7,04	4,99	2,00	16,00	6,80	3,26
RECOBRO BT VL (DP)	2,00	25,00	14,32	5,76	2,00	35,00	14,24	7,52
ROTURA BN VC (DP)	2,00	18,00	9,12	4,40	4,00	16,00	10,96	3,79
ROTURA BT VC (DP)	0,00	35,00	16,40	9,70	4,00	35,00	18,28	8,66
RECOBRO BN VC (DP)	1,00	16,00	6,16	4,27	2,00	14,00	8,72	3,60
RECOBRO BT VC (DP)	0,00	30,00	13,28	3,40	2,00	30,00	15,16	7,51
FLEXIBILIDAD VERG VL (CICLOS/MINUTO)	0,50	13,00	8,08	3,99	0,50	17,00	8,74	4,42
FLEXIBILIDAD VERG VC (CICLOS/MINUTO)	0,50	17,00	10,24	4,58	0,50	19,00	11,28	5,06
DEM (ADJ)	23,00	45,00	31,63	5,53	22,56	40,50	29,27	4,38

**Tabla1:** Estadística descriptiva de los parámetros del examen visual inicial y final.

Se muestra en verde los valores en los que observamos una mejoría, aunque no estadísticamente significativa. Y se muestran los valores en rojo que si suponen una mejora estadísticamente significativa.

La **tabla 2**, muestra la media de la diferencia, su desviación estándar y el valor de la significación obtenido con el test de Wilcoxon. Consideramos un valor estadísticamente significativo cuando  $p < 0,05$ .

PARÁMETROS	Media de la diferencia	Desviación estándar	p (<0,05)
AV OD (D)	0,20	0,12	0,000
AV OI (D)	0,23	0,17	0,000
AV AO (D)	0,26	0,18	0,000
AVE RANDOT (SEG. DE ARC)	-63,00	104,34	0,000
ROTURA BN VL (DP)	-0,56	5,31	0,555
ROTURA BT VL (DP)	-1,08	6,66	0,536
RECOBRO BN VL (DP)	-0,24	4,74	0,398
RECOBRO BT VL (DP)	-0,08	5,87	0,529
ROTURA BN VC (DP)	1,84	4,16	0,042
ROTURA BT VC (DP)	1,88	5,95	0,116
RECOBRO BN VC (DP)	2,56	3,77	0,005
RECOBRO BT VC (DP)	1,88	5,99	0,190
FLEXIBILIDAD VERG VL (CICLOS/MINUTO)	0,66	2,67	0,232
FLEXIBILIDAD VERG VC (CICLOS/MINUTO)	1,04	2,59	0,034
DEM ADJ (SEG.)	-2,36	3,81	0,005

**Tabla 2:** Media de las diferencias, desviación estándar y el test de Wilcoxon de los parámetros optométricos evaluados

Observamos como las diferencias son estadísticamente significativas para la AV, la estereopsis con Randot, el recobro BN en visión cercana, la flexibilidad de vergencias en visión próxima y el DEM. Estos valores se encuentran marcados en rojo en la tabla.

### 5.2 Estadística descriptiva de la función de sensibilidad al contraste (FSC) estática y dinámica medida mediante los test iniciales de Visionary.

Las **tablas 3 y 4** muestran los valores de la estadística descriptiva de los test tanto iniciales como finales de la FSC estática y dinámica.

FRECUENCIA	FSC ESTÁTICA							
	INICIAL				FINAL			
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
0,5	33,00	898097,00	215911,00	210544,57	33,00	941411,00	266780,84	245448,15
1	33,00	855936,00	311506,68	239037,79	23399,00	828374,00	295894,28	232058,98
2	33,00	992581,00	233454,48	242400,24	1487,00	809568,00	211191,52	178153,44
4	33,00	961451,00	310137,36	331888,56	11169,00	939051,00	234913,60	252513,02
8	33,00	946745,00	284398,20	270394,81	13957,00	957754,00	368471,84	301597,49
16	33,00	913621,00	289109,04	227114,43	33,00	985622,00	445472,52	307036,70

**Tabla 3:** Estadística descriptiva de la FSC estática

FRECUENCIA	FSC DINÁMICA							
	INICIAL				FINAL			
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
0,5	33,00	922934,00	250182,76	267469,70	33,00	976164,00	277272,32	268886,49
1	2616,00	869999,00	287294,08	202887,48	2616,00	972634,00	305972,32	260491,50
2	1227,00	889894,00	198034,16	180025,05	15107,00	998683,00	279832,00	290568,69
4	8458,00	993106,00	2598921,20	273416,47	8458,00	920564,00	310153,36	328007,13
8	33,00	949875,00	246784,28	259672,99	13889,00	981218,00	341075,48	274975,34
16	33,00	978467,00	317854,48	289531,45	33,00	802391,00	262294,84	211440,52

**Tabla 4:** Estadística descriptiva de la FSC dinámica

La primera columna muestra las frecuencias a las cuales Visionary toma la media. Marcado en verde las frecuencias en las que ha habido una mejora, aunque no estadísticamente significativa. Marcado en rojo la frecuencia con una mejora estadísticamente significativa.

A continuación, la **tabla 5** muestra la media de las diferencias, la desviación estándar y el valor de significación estadística para la FSC dinámica y estática obtenido con el test de Wilcoxon. El criterio es el mismo que el utilizado en las habilidades visuales.

FRECUENCIA	FSC ESTÁTICA			FSC DINÁMICA		
	Media de la diferencia	Desviación estándar	p<0,05	Media de la diferencia	Desviación estándar	p<0,05
0,5	50869,84	246042,97	0,808	27089,56	321105,92	0,976
1	-15612,40	303464,10	0,882	18678,24	293678,18	0,784
2	-22262,96	316532,30	0,798	81797,84	303157,99	0,879
4	-75223,76	449862,01	0,115	50332,16	375715,29	0,784
8	84073,64	388681,76	0,443	94291,20	266068,35	0,078
16	156363,48	351478,65	0,028	-55559,64	378137,51	0,808

**Tabla 5:** Media de las diferencias, desviación estándar y el test de Wilcoxon de la FSC estática y dinámica medida con Visionary.

Observamos marcado en rojo, como solo es estadísticamente significativo la FSC estática para frecuencias altas.

### 5.3 Estadística descriptiva de la agudeza visual estereoscópica (AVE) con Visionary.

Siendo N:25, observamos la agudeza visual estereoscópica antes y después de la terapia medida con Visionary (**tabla 6**).

	AGUDEZA VISUAL ESTEREOSCOPICA VISIONARY							
	INICIAL				FINAL			
	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
AVE	50,00	1000,00	150,80	271,29	50,00	1000,00	126,00	263,04

**Tabla 6:** estadística descriptiva AVE Visionary

Se observa una mejora de la estereopsis si comparamos el resultado de antes y después de la terapia.

En la siguiente tabla (**tabla 7**) se muestra la media de la diferencia, desviación estándar y la significación estadística con el test de Wilcoxon:

	Media de la diferencia	Desviación típica	p<0,05
AVE	-24,8	91,29	0,068

**Tabla 7:** Significación estadística con Wilcoxon de la Ave con Visionary y datos comparativos de la media

La medida que nos aporta Visionary sobre la agudeza visual estereoscópica no es estadísticamente significativa (**tabla 7**) según el test de Wilcoxon.

## 6. DISCUSIÓN

En la actualidad, el deporte está integrado en la mayoría de nuestras vidas por su gran número de beneficios. El 80% de la información que obtenemos en la práctica deportiva, es a través de la vista; a pesar de esto, la visión y lo que implica no tienen mucho reconocimiento entre la comunidad deportiva. <sup>(2,4,5)</sup>

La visión en el deporte, va mucho más allá de lo que consideramos “ver bien”, toda la información que nos llega la relacionamos con recuerdos y movimientos que hemos realizado previamente y tenemos “guardados”. La visión deportiva consiste en un conjunto de técnicas para mejorar la función visual con el fin de incrementar el rendimiento deportivo; considerando la función visual todo lo que engloba, desde obtener una buena imagen retiniana, hasta su correcta interpretación y posterior desencadenamiento de una respuesta motora. <sup>(2,4,5)</sup>

Muy importante es destacar que el plan de terapia debe ser propio de cada deportista, es decir, individualizado y específico para mejorar lo que cada uno precise. Esto depende del deporte y del nivel de las habilidades visuales de las que parte cada deportista. <sup>(2)</sup>

La población deportista que hemos seleccionado tiene en común que el 92% practican un deporte de pelota y para ello se requieren dos habilidades fundamentales que son una buena AV y una buena estereopsis. El 8% restante no practicaban un deporte de pelota, pero también requieren de estas habilidades en su práctica deportiva. Por otra parte, además de la AV y de la estereopsis, se han analizado otras habilidades visuales. Estas son las vergencias, la flexibilidad de vergencia o la motilidad ocular.

En cuanto a las sesiones necesarias para realizar terapia visual deportiva, Barroso indica que no son precisas numerosas sesiones para que esta sea efectiva. <sup>(6)</sup> En el caso de la presente investigación, podemos observar cómo existe mejoría con 14 sesiones de 20 minutos. Las habilidades de AV monocular y binocular, AVE, recobro con BN en VC, flexibilidad de vergencias en VC y motilidad ocular han tenido una mejora estadísticamente significativa. Mientras tanto, el resto de vergencias y la flexibilidad de vergencias en VL no han resultado estadísticamente significativos, aunque si se ha podido observar una leve mejora. El motivo por el cual la mejora ha sido mayor en cerca que en lejos, puede ser debido a que los participantes no realizaron la terapia a la distancia de trabajo adecuada. Por otro lado, es muy posible que la causa sea que la mayoría de los individuos presentaban valores inferiores de sus habilidades visuales en visión cercana, por lo que el rango de mejora ha sido mayor que en visión lejana.

En el estudio de Quevedo i Junyent LLuisa, et al.; la mayoría de deportistas que participaron tenían tanto una AV como unas reservas fusionales mayores a la población sedentaria. Los que practicaban disciplinas en que la visión era menos crítica para su desempeño como la natación, el valor de AV era inferior. <sup>(5)</sup> En nuestro estudio no se ha comparado a la población deportista con población sedentaria, pero cabe destacar que al igual que en la mencionada investigación, el 72% de los participantes partían de una AV igual o superior a 1 medida con Snellen. En cuanto a las vergencias, solo el 8% tenían las vergencias en valores que se encontraban por debajo de la norma y estas mejoraron tras la terapia. Además, los valores de PPC de los participantes del citado estudio, se encontraban todos en la media (2,5-4,5 cm). <sup>(5)</sup> En el presente trabajo, los valores también se encontraban dentro de la media e incluso en muchos de los casos la superaban llegando hasta la nariz (HLN). Sin embargo, Rokia Omar, et al, habla de un valor mayor del PPC en los atletas que en los individuos no deportistas que

participaron en su estudio. Éste último, coincidiendo con LLuisa Quevedo et al., también habla de un mejor valor en el recobro de las vergencias. <sup>(17)</sup>

Por otro lado, aunque no todas las habilidades han mejorado de manera estadísticamente significativa, si se ha visto una mejora de las mismas en el examen visual final. Además, cabe destacar, que el rango de mejora ha sido mucho mayor en los pacientes que partían de valores bajos de estereopsis o con ambliopía. Varios estudios indican que los pacientes con ambliopía refractiva no solo tienen la AV reducida sino también la sensibilidad al contraste, generalmente las frecuencias medias y altas y que estas mejoran tras un programa de terapia visual. <sup>(14,18)</sup> Aunque en nuestra investigación esta mejora en las frecuencias altas se ha dado en todos los participantes, el aumento ha sido mayor en los participantes con ambliopía refractiva. Los autores Teresa Zwierko, et al. también hablan de un mayor efecto positivo en el entrenamiento de pacientes con algún tipo de desviación ocular, generalmente con ambliopía. <sup>(19)</sup>

J. A. Portela afirma que Visionary y programas que se basan en lo que él llama “Aprendizaje perceptivo y/o Juegos serios”, mejoran la AV en pacientes ambliopes además de mejorar la estereoagudeza y lo propone como complemento a los tratamientos convencionales. <sup>(13,14)</sup> De acuerdo con este artículo, podría considerarse la terapia realizada con Visionary o bien con otro software de entrenamiento visual, un complemento dentro del entrenamiento visual, siendo también importante la realización de técnicas convencionales de terapia visual.

Como hemos visto, Visionary no determina el valor de la AV ni tampoco la entrena como tal, sino que utiliza la función de sensibilidad al contraste. Son las frecuencias altas las que se relacionan más directamente con la AV convencional. Por ejemplo, 30 ciclos por grado que equivaldría a una rejilla de frecuencia alta, corresponden con una AV de 20/20 aproximadamente. Según esto, las frecuencias espaciales bajas equivaldrían a objetos grandes mientras que las frecuencias espaciales altas a objetos pequeños. No obstante, no debemos olvidar que la AV se mide con un contraste máximo y que la sensibilidad al contraste nos ofrece mucha más información ya que se mide para diferentes frecuencias y diferentes contrastes. <sup>(20,21)</sup>

Siguiendo la relación anterior entre las frecuencias altas y la AV, coincide con la mejora significativa de la AV medida con Snellen. Es cierto que hubiera sido más adecuado poder medir la sensibilidad al contraste con un test específico en el examen optométrico, de esta manera se podrían haber comparado los valores tomados en los exámenes optométricos con los de Visionary.

En cuanto a la estereopsis, medida mediante el test de Randot, sí que ha presentado una mejora estadísticamente significativa mientras que con Visionary no. Esto puede deberse a que Visionary solo ha medido hasta un valor de estereopsis de 50 seg. de arco, siendo este el valor máximo que han alcanzado los participantes. Estos mismos con el test de Randot han alcanzado un valor de 20 seg. de arco. La razón por la que esto ocurre es la siguiente: la resolución de la pantalla de cada dispositivo limita este valor máximo que se puede alcanzar. Según el artículo de los autores J. A. Portela Camino, et al., (creadores de Visionary), el sistema Randot-dot, muestra un patrón de puntos para cada ojo. El paciente debe relacionarlos, sin suprimir, para encontrar la imagen. Con este sistema lo que se está entrenando, a nivel neuronal, es a discriminar los puntos que no son necesarios para ver esa imagen (lo que llaman, ruido) de los realmente necesarios. La mejora de la AVE se justifica porque el usuario ha aprendido a discriminar los puntos no necesarios, independientemente del test utilizado para medir la estereopsis. Por lo tanto, aunque el valor obtenido no supera los 50 seg. de arco en

Visionary debido a la resolución de la pantalla, el paciente sigue entrenando a sus neuronas a eliminar el ruido. <sup>(14)</sup> Nos encontramos ante una de las limitaciones de Visionary, que es la dependencia de la resolución del dispositivo empleado para la terapia.

Esta no es la única limitación que ha sido observada a lo largo del estudio, el principal inconveniente ha sido que Visionary es un programa diseñado principalmente para niños con problemas visuales, por lo que los juegos podríamos calificarlos de infantiles y aburridos para los participantes que de media tenían 22,5 años. Por otro lado, el hecho de que no se vea una mejora mayor, es debido a que la mayoría de los deportistas tiene valores normales en todas sus habilidades visuales. Es por esto que Visionary puede ser un software que está más indicado para pacientes con algún tipo de alteración visual.

Por otro lado, se ha encontrado que no se ha podido controlar la distancia a la que cada participante ha realizado la terapia, a pesar de que Visionary antes de cada juego informa de dicha distancia. Aproximadamente la mitad de los participantes indicó en la valoración final que no han realizado la terapia a la distancia adecuada.

Para finalizar, decir que hubiera sido interesante realizar una segunda fase en la que podamos entrenar la FSC dinámica; que, sí que ha sido medida en los test iniciales y finales de Visionary. También sería necesario en posteriores investigaciones un estudio de como mejoran ciertas habilidades deportivas tras el programa de terapia visual, para conocer la influencia de la misma en el rendimiento deportivo. Además, se consideran necesarios más investigaciones relacionados con la mejora de las habilidades visuales en deportistas y como varían con el entrenamiento, para una mejor comparación de los resultados del presente estudio.

## **7. CONCLUSIONES:**

- Tras la realización del programa de terapia visual se obtienen mejoras estadísticamente significativas en los siguientes parámetros: AV monocular y binocular, DEM, flexibilidad de vergencias y recobro con BN en VC.
- Se obtiene tras el programa de la terapia una mejora de la FSC estática en las frecuencias altas.
- A pesar de que Visionary solo ha medido hasta una AVE de 50 segundos de arco debido a la resolución de la pantalla, se obtiene una mejora en la media estadísticamente significativa en la medida de la estereopsis con el test de Randot.
- Los sujetos con habilidades visuales por debajo de la norma, han obtenido un rango mayor de mejora que los sujetos con habilidades visuales en la media o por encima de la media tras el programa de terapia visual.
- Es necesario un software de terapia visual específico para el entrenamiento deportivo, con el objeto de poder medir y entrenar las distintas habilidades visuales incluso por encima de niveles normales.

## 8. BIBLIOGRAFÍA:

1. Real Academia de la lengua española. Definición de deporte. <https://dle.rae.es/?id=CFEFwiY>. (9 /05/ 2019).
2. Rodríguez Salvador V., Gallego Lago I., Zarco Villarosa D.; Deporte y ser humano; En: Rodríguez Salvador V., Gallego Lago I., Zarco Villarosa D.; Visión y deporte; 2010; 7-23.
3. Quevedo i Junyent LLuisa. Evaluación de la agudeza visual dinámica: Una aplicación al contexto deportivo. Departament d'Òptica y Optometría, Escola Universitaria d'Òptica y Optometría de Terrassa, Universitat Politècnica de Catalunya. Visión y deporte; 2007; 4: 48-62.
4. Pérez Godoy Paola, Quevedo i Junyent LLuisa. Técnicas de entrenamiento visual en optometría deportiva. Departament d'Òptica y Optometría, Escola Universitaria d'Òptica y Optometría de Terrassa, Universitat Politècnica de Catalunya. Junio 2013;1-4.
5. Quevedo i Junyent LLuisa, Castañe i Ferrant Marina, Sole i Forto Joan, Cardona I Torradeflot Genis. UPC. Estudio de la función visual de una población de deportistas de elite.2014;116:69-79. ISSN 1577-4015.
6. Barroso Rubio José Carlos; Terapia visual como método de mejora de la coordinación ojo mano y el tiempo de reacción visual de un tenista. Gaceta de Optometría. Junio 2014; 493: 26-32
7. Plou Campo Pilar. Bases fisiológicas del entrenamiento visual. Centro de Optometría Internacional. Educación física y deportes.2007; 88: 62-74.
8. Rodríguez Salvador V., Gallego Lago I., Zarco Villarosa D. Peculiaridades de la función visual durante la práctica deportiva. En: Vicente Rodríguez Salvador, Irene Gallego Lago, Diego Zarco Villarosa; Visión y deporte; 2010. Pág. 39-52.
9. Quevedo Junyent LLuisa, Sole Forto Joan; Visión periférica: propuesta de entrenamiento; Educación física y deportes;2007; 88: 75-80.
10. Martín R., Vecilla G.; Sensibilidad al contraste; En: Martín R., Vecilla G.; Manual de optometría; Madrid: Panamericana;2010: 23-38
11. Micó Serrano V.; Agudeza Visual, sensibilidad al contraste y deslumbramiento; En: Montés-Mico R.; Optometría. Principios básicos y aplicación clínica; Barcelona: Elsevier; 2011: Pág. 118-124.
12. Martín R., Vecilla G.; Desarrollo visual. Ambliopía. Nistagmus; En: Martín R., Vecilla G.; Manual de optometría; Madrid: Panamericana;2010: Pág.377-407.
13. Portela Camino Juan Antonio; ¿Puede el óptico optometrista rehabilitar el área visual del cerebro en un sujeto ambliope?;Gaceta; abril 2018; 535:50-55
14. Portela Camino Juan Antonio, Martín González Santiago, Ruiz-Alcocer Javier, Illarramendi Mendicute Igor, Garrido Mercado Rafaela. A random dot computer video game improves stereopsis Original investigation. American Academy of Optometry. Optom Vis Sci; 2018; 95(6): 523-535
15. Janez Pers, Stanislav Kovacic; Computer vision system for tracking player in sports games; En: IWISPA 2000. First Int'l Workshop on Image and Signal Processing and Analysis; University of Ljubljana, Croatia; June 14-15; IEEE; Pág: 177-182.
16. Portela Camino Juan, Martín González Santiago. Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com) (5/10/2018)

17. Rokia Omar, Yau Meng Kuang, Nurul Atikah Zuhairi, Faudziah Abd Manan, Victor Feizal Knight; Visual efficiency among teenaged athletes and non-athletes; Int J Ophthalmol; Sept,18, 2017; 10;9: Pág. 1460
18. Milena Medrano Muñoz Sandra, León Álvarez Alejandro, Izquierdo María Jesús; Determinación de los cambios en la función de sensibilidad al contraste posterior a la terapia visual en pacientes con diagnóstico de ambliopía refractiva; Cien. Tecnol. Salud. Vis. Ocul.; Enero-junio 2011; 9;1:81-89.
19. Teresa Zwierko, Lidia Puchalska-Niedbał, Justyna Krzepota<sup>1</sup>, Mikołaj Markiewicz, Jarosław Woźniak<sup>4</sup>, Wojciech Lubiński; The Effects of Sports Vision Training on Binocular Vision Function in Female University Athletes; Journal of Human Kinetics; 2015; 49: 287-296
20. Navarrete Delgé Juan Ignacio. Estudio de sensibilidad al contraste con Polatest E (I). Gaceta óptica; Abril; 425: 14-19.
21. Cuando 20/20 no es suficiente: sensibilidad de contraste y agudeza de brillo; Imagen óptica; Luz, visión y fotocromía. Capítulo 3. En: <http://www.imagenoptica.com.mx/pdf/revista37/cuando.htm> (28/05/2019)

### IMÁGENES:

**Imagen 1:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Juegos de Visionary agrupados en categorías.”. En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Imagen 2:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Niveles de frecuencia.” En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Imagen 3:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Test FSC estática.” En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Imagen 5:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Test FSC dinámica.” En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Imagen 7:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Juego pincha globos”. En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Imagen 8:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Juego “marcianitos””. En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Imagen 9:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL. “Juego siluetas ocultas” En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)

**Formula 1:** Portela Camino Juan, Martín González Santiago; Manual de Optometrista. Visionary Tool, SL, “Cálculo de contraste para FSC.” En: [www.visionarytool.com](http://www.visionarytool.com)