



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Desarrollo de estereopsis mediante aprendizaje perceptivo en pacientes adultos con alteraciones en el desarrollo del sistema visual en la infancia.

Presentado por: Eva Hernández Menéndez

Tutelado por: Irene Sánchez Pavón

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid a, 22 de mayo de 2020

ÍNDICE

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	4
1.1. Ambliopía	4
1.2. Fisiopatología	4
1.3. Plasticidad cortical y periodo crítico.....	6
1.4. Aprendizaje perceptivo	7
OBJETIVO	8
MATERIAL Y MÉTODO	9
3.1. Sujetos	9
3.2. Material	9
3.2.1. Soporte informático	9
3.2.2. Software informático	9
3.3. Metodología	10
3.4. Análisis estadístico	10
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN	14
5.1. Limitaciones del estudio	16
CONCLUSIÓN	16
BIBLIOGRAFÍA	17
ANEXOS.....	18
Anexo 1. Aprobación del CEIC	18
Anexo 2. Consentimiento informado	19
Anexo 3. Hoja de información	20

RESUMEN

La ambliopía es una alteración que afecta a niños que no han sido tratados antes de finalizar el periodo crítico. El periodo crítico es el momento en el que la plasticidad cerebral empieza a disminuir y dura hasta los 10 años de edad aproximadamente, donde la plasticidad es casi nula. Aun así, el córtex visual humano es capaz de adaptarse a cambios mediante aprendizaje perceptivo, con el entrenamiento visual adecuado. Esta serie de casos tiene como objetivo rehabilitar el sistema visual de 8 pacientes fuera del periodo crítico y analizar los resultados obtenidos. Para ello se ha diseñado un programa personal de entrenamiento visual con aprendizaje perceptivo mediante el software informático Visionary Tool[®]. Se evaluó la normalidad de los datos mediante el test Kolmogorov-Smirnov (tomando un valor de $P > 0,05$ como distribución normal). Al no seguir la muestra esta distribución, y tratarse de un tamaño muestral reducido, se realizó un contraste de hipótesis no paramétrico para muestras relacionadas mediante el test de Wilcoxon. Los resultados han sido muy favorables ya que los 7 de los 8 pacientes mejoraron su estereopsis de manera estadísticamente significativa. Se puede entonces concluir que el entrenamiento puede reforzar el sistema visual, mejorando sus capacidades, aun pasado el periodo crítico.

ABSTRACT

Amblyopia is a disorder that affects children who had not been treated in time. The critical period is the moment when brain plasticity decreases and almost disappears approximately at 10 years old. . After that, perceptual learning is capable to produce some neural plasticity with an adequate visual training. This study is a series of cases whose objective is to rehabilitate the visual system in 8 patients which are outside the critical period and analyze the results. A personal training program with perceptual learning was designed for each patient using Visionary Tool[®] software. Non-parametric data distribution of variables was verified using the Kolmogorov–Smirnov test ($P < 0.05$ indicated that the data were not normally distributed). Differences in stereopsis between initial visit and final visit were compared with Wilcoxon non-parametric paired test ($P < 0.05$ were considered statistically significant). The results were positively favorable as statistically, 7 out of 8 patients improved their stereoscopic acuity. In conclusion, visual training can reinforce the visual system even after the critical period.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Ambliopía

La palabra ambliopía deriva del griego significando “vista débil”. Como su nombre indica, se utiliza para referirse a aquel ojo que presenta una disminución de la agudeza visual debido a una experiencia anómala en la vida temprana, normalmente en la primera década de la vida¹, siendo la causa más frecuente de pérdida de visión en niños. Actualmente la ambliopía, aun pudiendo tener diferentes etiologías (estrabismo, anisometropía, privación o secundaria a nistagmo), no tiene ningún test de diagnóstico positivo ya que se diagnostica por descarte, cuando no existe ninguna patología ocular y se encuentra un factor ambliogénico como el estrabismo, anisometropías, ametropías altas, patologías oculares que causen privación o alteraciones motoras como el nistagmus que producen una estimulación retinal anómala² Además es una alteración significativa para la salud pública.³ Según el estudio consultado, la ambliopía afecta entre el 2% y el 4% de la población a partir de la segunda década de la vida, entre el 3% y el 4% de los niños en edad preescolar y entre el 2% y el 7% de los niños en edad escolar. Se estima que tiene una prevalencia a nivel mundial de entre el 1% y el 4%⁴ y aproximadamente 750.000 preescolares están en riesgo de padecerla en EE.UU., la mitad de ellos no siendo detectados a tiempo de rehabilitar la visión del ojo (o ambos) afectado⁴. En el esquema de lucha contra la ceguera de la OMS se categoriza la ambliopía como causa de ceguera recuperable o prevenible.² No solo implica una afectación ocular, sino que además tiene su origen en el área cortical, ya que la diferencia de las imágenes retinianas influye porque si son muy dispares el cerebro no es capaz de fusionarlas, obligándolo a suprimir una de las dos. Esto ocasiona que uno de los dos ojos tenga menor representación a nivel cortical. Cuando se detecta ambliopía antes de la finalización del periodo crítico, se puede tratar y rehabilitar la visión del ojo/ojos afectado ya que, consiguiendo una imagen clara en la retina del ojo afectado y penalizando/ocluyendo el ojo sano, se puede tratar de igualar la interpretación de las imágenes en el área cortical, eliminando esa dominancia ocular. Actualmente en casos infantiles el tratamiento de la ambliopía depende de la rapidez de diagnóstico, siendo la mejor edad antes de los 4 años.²

1.2 Fisiopatología

Cuando las células ganglionares m y p discurren por la vía visual llegan al núcleo geniculado lateral (NGL). Las neuronas en las dos últimas capas, denominadas capas magnocelulares, son más largas que las que se encuentran por encima, 4 capas de células parvocelulares. Las capas magnocelulares responden a grandes objetos en movimiento, dirección, disparidad y estereopsis gruesa. Mientras tanto, las parvocelulares son responsables de procesar los detalles de objetos estáticos, al color, altas frecuencias espaciales y detalle y estereopsis fina. En la ambliopía suele estar afectado el sistema parvocelular.⁵ Mientras que en el NGL cada lado recibe

información del ojo ipsilateral, en el córtex visual se realiza un mapa general de la imagen formada por las imágenes de ambos ojos. Esta información, una vez procesada, pasa al córtex visual, también conocido como el área 17 o vía visual primaria (V1). También existen más vías visuales aparte del área 17 de Brodmann, como el área 18 o V2 encargada de las experiencias visuales pasadas y el área 19 (V3, V4 y V5) que recogen información de V1 y V2. V3 se encarga de la orientación y disparidad binocular mientras que V4 es la encargada del color y V5 de la percepción de movimiento. La mayoría de las fibras del NGL se proyectan en la capa IV de la V1, que a su vez se subdivide siendo la subcapa IV C donde van a llegar la información de las vías magno y parvocelulares. Las células corticales empiezan a hacer contacto unas con otras después del nacimiento. La capa IV C α se encarga de procesar la información de la vía magnocelular, mientras que la capa IV C β recoge la que viene por la vía parvocelular⁵. Cuando las fibras llegan a la capa IV llevan información monocular (son neuronas corticales simples) ya que solo reciben estímulo de un ojo. Estas neuronas se conectan con las neuronas corticales complejas e hipercomplejas, que son binoculares ya que son estimuladas por el estímulo de un ojo e inhibidas por el del contrario. Las columnas no tienen una definición anatómica cuando ocurre el nacimiento, sino que se van formando a medida que aumenta la experiencia visual.² Los cambios que produce la ambliopía dan como resultado que las columnas de la capa IV no procesen la suficiente información del campo visual.⁵

Experimentos anatómicos indican como los efectos de la privación causa la ambliopía. Hubel y Wiesel demostraron que los axones de las células del NGL, que terminan en la capa IV de la corteza visual primaria, son segregados en las tres primeras semanas de vida para formar las bandas de dominancia ocular en las cuales, como se ha mencionado anteriormente, la información recibida por ambos ojos es de la misma magnitud, debido a la rivalidad entre ambos ojos por tener representación cortical.⁵ Después del nacimiento las células tienen a realizar conexiones con un ojo más que con el otro de manera no diferenciada. A medida que el sistema visual se desarrolla, las columnas se van distinguiendo y las neuronas se van colocando para recibir información de un ojo concreto. Esto quiere decir que, si uno de los dos ojos ha sido privado de la visión por diferentes causas, la dominancia ocular varía y el ojo sano empieza a ocupar las bandas del ojo ambliope. Otros experimentos psicofísicos determinaron que la mayoría de las neuronas de la corteza visual primaria responden al estímulo del ojo sano. Recientemente, con ayuda de la resonancia magnética se ha podido observar que las radiaciones ópticas son anormales⁶.

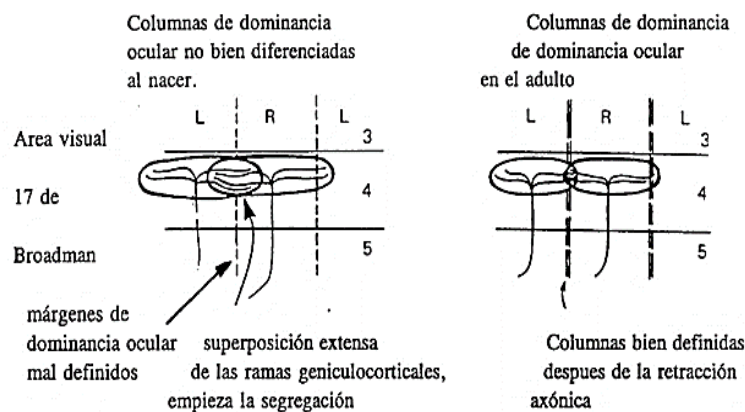


Figura 1: Esquema representando la comparación de la extensión de los axones de las células corticales en la V1 en el momento del nacimiento donde las columnas de dominancia no están bien definidas a la izquierda. A la derecha se observa que cada axón se extiende solo en la parte de la columna del ojo que le corresponde en el adulto sano, estando solo una pequeña parte en el ojo contralateral, definiéndose las columnas monoculares y binoculares. Imagen extraída de: tecnologiamedicaoftalmo.blogspot.com

1.3 Plasticidad cortical y periodo crítico

Teóricamente, la plasticidad cortical solo existe durante el periodo crítico, es decir, poco después del nacimiento hasta que va desapareciendo o disminuyendo hasta aproximadamente a los 10 años. La plasticidad es una de las fases del crecimiento que ayuda a que la percepción sea constante a medida que el cuerpo crece y se desarrolla. A medida que esto ocurre, los campos receptivos visuales cambian para adaptarse al crecimiento ocular. Sin embargo, se ha indicado que la plasticidad no acaba en el periodo crítico, sino que disminuye en la adultez⁷. La plasticidad cortical, en cuanto a términos de visión, es máxima en el nacimiento y mínima a partir de los 8 años, siendo el momento clave a la edad de 4 años. Es por ello que se pueden establecer tres puntos en el desarrollo de la visión: a los 3 meses de edad, a los 4 años y a los 8 años.²

El periodo crítico del desarrollo del córtex visual ocurre cuando, las redes neuronales son más sensibles a estímulos e influencias como el aprendizaje. Concretamente, este periodo está mejor establecido en el córtex visual que en el córtex de otros sentidos, ya que es conocido que cualquier alteración ocular en la infancia puede causar cambios en la organización del córtex visual, causando ambliopía. Sin embargo, si estos cambios aparecen más tarde no traen las mismas consecuencias⁸, ya que la estabilidad cerebral en los adultos inhibe grandes adaptaciones a cambios. La alteración ocular causa diferentes cambios en el desarrollo visual dependiendo de a qué edad ocurre. Si ocurre a los 3 meses de edad, significará una muy grave afectación. Sin embargo, si ocurre de los 4 a los 8 años, la afectación será mucho menor. Hasta los 4 años la afectación sigue siendo grave. A partir de los 8 o incluso hasta los 10 el sistema visual ya está desarrollado por completo. Esto quiere decir que el desarrollo visual depende en cierta manera del desarrollo general del niño por

lo que, la edad en la que acaba el periodo crítico variará, encontrándose la media en torno a los 8-12 años. En la ilustración 2 se muestra una gráfica donde aparece la evolución de la agudeza visual con la edad.²

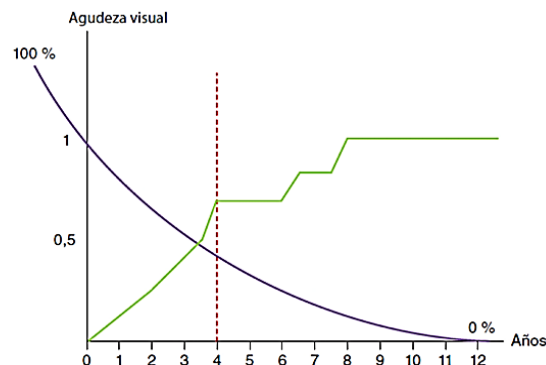


Figura 2: En verde se representa la agudeza visual máxima para cada edad. En morado aparece representada la plasticidad cerebral. A la edad de los 4 años es crítica para conocer el estado de la evolución del desarrollo visual ya que a partir de ahí la plasticidad comienza a disminuir por debajo del 50%. Imagen extraída de Guiones de Oftalmología 2012.

Tratar la ambliopía antes de los 4 años da un porcentaje de recuperación del 95% mientras que disminuye, siendo casi nula a los 10 años. Aun así, el córtex cerebral adulto sigue teniendo plasticidad sináptica a pesar de no encontrarse en el periodo crítico.² Esta plasticidad residual preservada en el adulto es diferente a la del periodo crítico y este sigue siendo objeto de estudio en investigación.⁷

1.4 Aprendizaje perceptivo

El aprendizaje perceptivo se define como cualquier cambio relativamente permanente y consistente en la percepción de un conjunto de estímulos tras la práctica o experiencia con este conjunto de estímulos de forma reiterada.⁹ Se ha estudiado mucho el uso del aprendizaje perceptivo en el tratamiento de la ambliopía y del estrabismo. También se ha utilizado como método complementario a la oclusión (parche), ya que el aprendizaje perceptivo puede acarrear cambios permanentes en el proceso neural, sobre todo en las áreas no primarias, pero llegando incluso a las áreas corticales más primarias (V1)^{4,5}. La sensibilidad del sistema visual adulto durante el aprendizaje perceptivo sugiere que el sistema no es estático en la edad adulta⁵. Además, el aprendizaje perceptivo ha sido útil para mejorar la agudeza visual y la sensibilidad al contraste, ambas deficientes en ojos ambliopes adultos¹⁰. Estudios recientes sugieren que, el aprendizaje perceptivo y el uso de videojuegos mejora la agudeza visual en 0,1-0,2 logMAR pero, a su vez, mejora distintas capacidades de la visión, incluso en áreas corticales no tratadas¹¹. Aunque la mejora de la AV no es muy notoria, cabe destacar que en estos estudios la terapia ha durado entre 2 y 4 semanas. La terapia binocular para tratar la ambliopía está basada en la terapia antisupresión, en la que se utilizan ambos ojos pero se le disminuye el contraste y la luminancia al ojo sano

para conseguir igualdad del estímulo entre ambos ojos y que la imagen se fusione.¹²

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es rehabilitar el sistema visual en una serie de casos de 10 pacientes fuera del periodo crítico y analizar los resultados obtenidos en estos casos, tratando de esclarecer en qué casos la rehabilitación es posible y en cuales no para comprobar esta hipótesis en futuros estudios.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Sujetos

Se incluirán sujetos adultos sanos (entre 18 y 35 años) que no presenten ninguna patología ocular o sistémica con afectación ocular, con historia clínica positiva en el tratamiento de ambliopía en la infancia, elegidos de forma no sistemática, tras verificar que se cumplen los criterios de inclusión y no presentan criterios de exclusión y que acepten voluntariamente tras explicarles la naturaleza del estudio y firmar el consentimiento informado.

3.2 Material

Se empleará el equipamiento, utilizado de forma habitual en las prácticas del Grado de Óptica y Optometría situado en los gabinetes de prácticas (aula 316) del aulario de la Facultad de Ciencias y el programa informático basado en aprendizaje perceptivo Visionary tool. Se realizará una exploración optométrica para lo cual se utilizará un oclisor para tomar la agudeza visual monocular junto con un agujero estenopeico y se realizará refracción objetiva y subjetiva en caso de que sea necesario. Se realizará el Cover Test con estímulo acomodativo, una barra de prismas para medir las vergencias, un test TNO (o Titmus si no se percibe nada en TNO) para la medida de la estereopsis, un ordenador con el software informático llamado Visionary Tool junto con unas gafas anaglifas.

3.2.1 Soporte informático

Se utilizará un ordenador portátil Lenovo, con sistema operativo Windows 10 Pro. Intel Corei5 7200u CPU: 2.5 GHz 2,75 GHz. Memoria RAM 8GB y 64bits.

3.2.2 Software informático

El software Visionary Tool® (Visionary, España) se trata de un software informático, diseñado para realizar terapia visual en un entorno gamificado, actualmente comercializado. La terapia visual suele utilizarse como tratamiento principal o complementario en diferentes afecciones de la ambliopía tradicional (que habitualmente se trata con oclusión), el tratamiento del estrabismo, de problemas vergenciales u oculomotores. El uso de software se puede pautar, tanto en el centro óptico como en casa.

Visionary Tool® trata todas las ramas de la terapia visual, excepto los ejercicios acomodativos: mejora de la agudeza visual, antisupresión, motilidad ocular y vergencias junto con la visión estereoscópica. Para ello utiliza juegos basados en parche gabor y ejercicios dicópticos (se presentan una imagen diferente para cada ojo) que actúan igual que los ejercicios convencionales. Para la antisupresión se basa en la diplopía fisiológica. El tratamiento convencional de la ambliopía, como puede ser el parche, tiene altos índices de fracaso que puede ser debido tanto a la incomodidad de los niños, como al hecho de que no se trabaja con los dos ojos a la vez. Nuevas técnicas, como este software, se alejan de la disociación y supresión haciendo el tratamiento más agradable, utilizando la visión binocular por medio de estos ejercicios

diópticos, videojuegos o realidad virtual. Se ha demostrado que este tipo de juego con ordenador mejora y registra el cumplimiento del tratamiento en niños.¹³

En el software hay varios ejercicios en los cuales el ojo suprimido es el que tiene que ver la respuesta correcta. Esto simula a las barras de lectura, donde se obliga al ojo vago a trabajar para poder leer la frase completa (ilustración 3). En cuanto a la motilidad ocular, la terapia visual permite mejorar las habilidades oculomotoras como los movimientos sacádicos y de persecución, así como ayudar frente al fenómeno de amontonamiento, mejorando también las vergencias, sensibilidad al contraste y estereopsis. En Visionary Tool® algunos juegos utilizan unas láminas random-dot con formas y simulan el efecto de los vectogramas tradicionales. Otros utilizan la disparidad de fijación como base para mejorar la estereopsis.



Figura 3. Imagen de unas barras de lectura. Se colocan sobre una página de un libro y junto con unas gafas anaglifas se consigue que la lectura sea un juego antisupresión.

Imagen extraída de: teravisionoptometria.com

3.3 Metodología

Se trata de un estudio prospectivo, comparativo y no invasivo. Se le explicará a los sujetos voluntarios la naturaleza del estudio permitiendo cuantas preguntas sean necesarias y entregando la hoja de información.

Una vez firmado el consentimiento informado, se realizarán las pruebas del estudio: en la visita inicial se realizará una revisión optométrica completa teniendo en cuenta que la variable de estudio a comparar entre visitas es la estereopsis.

Según el grado de ambliopía se diseñará un programa de entrenamiento con aprendizaje perceptivo mediante el software informático Visionary Tool®. Se realizará una visita de seguimiento al mes y la visita final a los dos meses, en ambas visitas se realizaran las pruebas del estudio (agudeza visual, vergencias fusionales y estereopsis) y se comprobará el mantenimiento de la salud ocular.

3.4 Análisis estadístico

Los datos clínicos se recogieron en una hoja de Excell Microsoft 365 y se analizaron estadísticamente con el programa SPSS 24.00 (IBM Statistics para windows) para Windows. Se evaluó la normalidad de los datos mediante el test Kolmogorov-Smirnov (tomando un valor de $P > 0,05$ como distribución normal). Al no seguir la muestra una distribución normal ($P < 0,05$) y tratarse de un tamaño muestral reducido se realizó un contraste de hipótesis no paramétrico para muestras relacionadas mediante el test de Wilcoxon para realizar las comparaciones de los valores iniciales y finales de estereopsis. Se tomó un valor de $P < 0,05$ como estadísticamente significativo. Además, se ha realizado un análisis descriptivo de las variables recogidas.

4. RESULTADOS

Se reclutaron 10 pacientes pero dos de ellos no cumplieron con los ejercicios pautados. En total se han tomado los datos de 8 pacientes: 3 hombres y 5 mujeres con una media de edad de 23,5 años con una desviación estándar de 4,7 años. En cuanto a la refracción, en el ojo derecho es de una media de -0,5D con una DS de 5,7, mientras que en el ojo izquierdo la media es de -0,25D con una DS de 4,5. En la tabla 1 se ha recogido el tiempo de juego en horas y días especificando el tiempo empleado en cada tipo de ejercicio en minutos. En la tabla 2 se muestran los parámetros clínicos que se han podido cuantificar antes y después del tratamiento con el software Visionary.

Se ha comparado el valor inicial y final de estereopsis obteniendo que la mejora es estadísticamente significativa $p=0.012$. No se han comparado los valores de vergencias por no disponer de los parámetros evaluados en todos los pacientes bien por no poder ser medidos en la visita inicial por falta de fusión, o bien en la visita final por la imposibilidad de realizar la visita física.

Pacientes Capacidad entrenada	Tiempo de juego (horas)	Días de juego
1	15,81 h	57 días
Estereopsis	220 minutos	
Antisupresión	167 minutos	
Vergencias	532 minutos	
2	5,78 h	20 días
Estereopsis	107 minutos	
Vergencias	233 minutos	
3	10,16 h	31 días
Estereopsis	310 minutos	
Vergencias	300 minutos	
4	4,26 h	14 días
Estereopsis	111 minutos	
Agudeza visual	43 minutos	
Vergencias	102 minutos	
5	8,85 h	39 días
Estereopsis	531 minutos	
6	4,41 h	18 días
Estereopsis	139 minutos	
Agudeza visual	126 minutos	
7	15,93 h	51 días
Estereopsis	122 minutos	
Agudeza visual	686 minutos	
Vergencias	148 minutos	
8	12,45 h	33 días
Estereopsis	321 minutos	
Antisupresión	118 minutos	
Vergencias	295 minutos	

Tabla 1. Tiempo empleado por cada paciente en los ejercicios desglosado por capacidad entrenada.

Paciente	AV OD	AV OI	Conv. VL	Diver VL	Conv. VP	Diver. VP	Estero TNO	Estero Visionary
1V.Inicial	1.0	1.0	4/1	4/4	6/1	4/1	*	1200"
1V.Final	1.0	1.0	10/8	8/6	20/18	10/8	480"	500"
2V.Inicial	1.0	1.0	3/1	1/1	4/1	4/1	*	800"
2V.Final	1.0	1.0	8/4	6/4	8/4	6/4	240"	350"
3V.Inicial	0.9	0.9	20/20	12/10	20/18	20/16	*	250"
3V.Final	1.0	0.9	20/20	12/10	20/18	20/16	60"	240"
4V.Inicial	0.9	1.0	20/25	10/6	35/30	8/6	480"	*
4V.Final	1.0	1.0	30/20	12/8	35/30	12/10	120"	100"
5V.Inicial	0.9	0.9	30/25	14/10	40/40	20/18	*	300"
5V.Final	0.7	0.8	30/14	10/10	16/12	40/25	40"	100"
6V.Inicial	0.9	0.8	25/16	16/12	*	*	240"	1000"
6V.Final	-	-	-	-	-	-	-	800"
7V.Inicial	0.5	1.2	8/4	4/2	6/2	6/4	*	*
7V.Final	-	-	-	-	27/27	12/8	-	80"
8V.Inicial	1.0	1.0	*	*	*	*	*	*
8V.Final	-	-	*	*	1/*	1/*	-	1200"

Tabla 2. Datos clínicos de los pacientes tanto en su visita inicial como en la final, representadas como V.Inicial y V.Final. El símbolo (-) indica que no se han podido tomar esas medidas por las condiciones en las que se ha realizado este trabajo. El símbolo (*) hace referencia a esas medidas que no han podido ser tomadas a ese paciente por diferentes motivos como falta de fusión o imposibilidad de ver ninguna figura en el test TNO. AV es la agudeza visual, siendo OD ojo derecho y OI ojo izquierdo Conv y Diver hacen referencia a la convergencia y divergencia tanto en visión lejana (VL) como en visión próxima (VP) y Estero es la estereopsis

Entre los pacientes cabe distinguir aquellos que tenían agudeza visual de unidad frente a los que no la alcanzaban. Los pacientes 1, 2, 3, 4 y 5 todos llegaban a la unidad con su corrección. Todos ellos mejoraron tanto convergencia como divergencia y su estereopsis. En el caso de 1, 2, 3 y 5 empezaron con una estereopsis de 3.500" de arco y ninguno conseguían ver ninguna figura en el TNO. Al final, los 4 consiguieron llegar a ver las primeras láminas cuantitativas del TNO ("los comecocos"), tres de ellos siendo alumnos del grado que ya habían realizado el test con anterioridad sin conseguir ver ninguna lámina, confirmando que la mejoría no se debería al factor de aprendizaje del test TNO u otro test de estereopsis. Con respecto al paciente 1 cabe destacar que previamente había sido operado de estrabismo y actualmente presenta una endoforia alta y aun así, ha conseguido una estereopsis final de 480" de arco.

En cuanto al otro grupo (pacientes 6 y 7) ninguno llegaba a ver la unidad. En el caso del paciente 6, no llegaba a pesar de llevar su corrección óptica por lo que, se realizó entrenamiento para mejorar la agudeza visual del ojo ambliope, además del tratamiento para vergencias y estereopsis. El paciente 7 se le tuvo que compensar la ametropía del ojo ambliope con una lente de contacto ya que, presentaba una anisometropía de 5D de hipermetropía con 3D de astigmatismo. Este paciente manifestó que, aunque tuvo pauta terapia de oclusión hacia los 6 años, se quitaba el parche. Se le preparó un exhaustivo programa de entrenamiento con el que consiguió mejorar la agudeza visual del ojo ambliope y alcanzar un grado de estereopsis próximo al normal en 4 meses. En cuanto al paciente 8 fue el único que no mejoró, ni sus vergencias ni la estereopsis, siendo un paciente que siempre ha tenido buena agudeza visual

en ambos ojos, y solo necesitó para compensar su estrabismo en la infancia, un tratamiento con toxina botulínica con 15 meses y posteriormente, oclusión hasta alcanzar agudeza visual unidad a la edad de 6 años. Esto puede deberse a una posible correspondencia retiniana anómala, un microestrabismo o un escotoma de supresión debido a que, cuando se le midieron las vergencias iniciales, presentaba indicios de supresión. No se han podido realizar las revisiones clínicas pertinentes para poder conocer de qué anomalía se trataba ya que, por las circunstancias sanitarias en las que se ha realizado esta serie de casos, no ha sido posible realizar la visita final de forma física.

En caso de que el paciente 8 presentase una CRA, lo correcto sería analizar el tipo que presenta, midiendo el ángulo de desviación y el de readaptación con una barra de prismas. Otra manera de detectar esta condición es saber qué grado de fusión presenta el paciente, de esta forma también podríamos conocer si suprime o no. Pruebas para medir el grado de fusión son el test de las 6Δ BS (primer grado de fusión), las luces de Worth (superposición o segundo grado de fusión) o el filtro rojo (estado de la fusión o supresión). En cuanto a los microestrabismos podemos medirlos con la prueba de las 4Δ BT o con el test del prisma vertical, ambas nos dan información del grado de fusión.

5. DISCUSIÓN

El tratamiento convencional de la ambliopía es la oclusión, ya sea con parche, o penalizaciones mediante lentes positivas, atropina u otros. Con este método se quiere conseguir forzar al ojo “ambliope” a trabajar, para que se pueda desarrollar igual que el sano, evitando la supresión. La oclusión actúa a nivel de la neuroplasticidad del sistema visual¹⁴. Sin embargo, se ha demostrado que el tratamiento de oclusión no funciona igual en niños que en adultos ya que, tras el periodo crítico, es difícil que se produzcan cambios y que el sistema visual se adapte a los mismos. Eso no quiere decir que no funcione, dado que hay estudios que demuestran que adultos ambliopes pueden mejorar la agudeza visual, tanto en cerca como en lejos, con el tratamiento convencional del parche¹⁵.

Un estudio en Australia en el cual participaron 3654 personas de 49 años o más indicó que de ellas 118 tenían ambliopía. Por lo que aproximadamente, un 3,2% de la población es ambliope usando como criterio una agudeza igual o menor a 0,6 y un 2,9% si consideramos una agudeza visual de 0,5.¹⁴ Además, existen muchos casos en los que la ambliopía fue rehabilitada mediante oclusión, pero no se produjo una restauración completa de las condiciones binoculares. En torno al 3-5% de la población no tiene percepción estereoscópica, es decir, tienen estereoceguera. Esta condición se considera secundaria a un desorden visual en la infancia como el estrabismo.⁵ Los ambliopes estrábticos casi no tienen estereoagudeza mientras que los ambliopes bilaterales tienen una estereopsis residual.⁴ Fue a principios del siglo XX, cuando apareció la idea de la existencia del periodo crítico del desarrollo en el cual, el sistema visual tendría plasticidad y capacidad de cambio, pudiendo todavía desarrollar las funciones visuales a la misma velocidad. La estereoagudeza es prácticamente nula hasta los 4 meses de edad. Muchos investigadores han consensuado a que edad aparece la estereopsis y que los niños tienen una capacidad de disparidad muy burda del orden de 30-60 minutos de arco.⁵ Se demuestra que los niños menores de 3 meses de edad son completamente estereociegos y que la estereopsis empieza a aparecer entre los 3 y 5 meses.⁵ Cabe mencionar que la estereopsis no es un todo o nada y que, dependiendo de del desarrollo del sistema visual, se puede alcanzar diferentes niveles de estereoagudeza, siempre que exista un mínimo de disparidad de fijación entre los ejes visuales. Hess et al. en “A game platform for treatment of amblyopia”¹⁶ desarrollaron una terapia antisupresión basada en juegos que promueven la binocularidad, con el fin de tratar la ambliopía tanto en niños como en adultos. En los resultados, tras 2-6 semanas de tratamiento se pudo observar que la agudeza visual mejoraba 0,15 logMAR de media y la estereopsis era lo suficientemente buena para ser medida en el 45% de los participantes.

Los resultados obtenidos en este estudio son positivos ya que 7 de 8 pacientes han mejorado su estereopsis y 3 han llegado a valores normales por debajo de 120”. Hay que tener en cuenta que 4 pacientes eran estudiantes del Grado de Óptica y Optometría que ya conocían los tests de estereopsis y

nunca habían tenido percepción de la misma, cuantificable con los test, a pesar de haberlos realizado reiteradas veces, por lo que se atribuye esta mejoría al entrenamiento y no al aprendizaje por repetición. De hecho, se ha calculado que solo hay un 5% de probabilidad de que la mejoría de la agudeza visual estereoscópica sea causada por el azar. En este trabajo se ha intentado como objetivo principal discernir entre cuales pacientes pueden mejorar y cuáles no, posiblemente los afectados por una CRA, microestrabismo o escotoma de supresión en los que puede ser más complicado conseguir fusión. Esto se debe a que el entrenamiento visual refuerza estructuras del sistema visual ya desarrolladas pero no puede crear nuevas.

Según la clasificación de niveles de evidencia científica basado en los criterios de la Scottish Intercollegiate Guideline Network este trabajo correspondería a un nivel de evidencia 3 ya que se trata de una serie de casos.¹⁷

Una serie de casos se define generalmente, como un conjunto de profundas descripciones de unas condiciones de los pacientes y su tratamiento para realizar posteriormente, un análisis final basado en la visita inicial o antecedentes, estado actual y su respuesta a dicho tratamiento. Una serie de casos no tiene gran evidencia científica pero sirven para describir las primeras pruebas de un tratamiento en concreto.¹⁸

Aplicando este principio parece que el tratamiento seguido es correcto, aunque puede que haya que mejorar la discriminación de los pacientes que son susceptibles de mejora. A priori, un operado de estrabismo, no sería un buen candidato, pero en este caso se ha conseguido mejorar tanto las vergencias en visión de lejos y de cerca como la estereopsis, empezando sin ver ninguna figura en el TNO hasta conseguir 500" de arco. En el caso del paciente 8 no consiguió una mejoría visual cuando en principio, parecía un paciente muy adecuado por presentar una agudeza visual de 1.0 en ambos ojos y con su estrabismo resuelto a una temprana edad. Aunque no se ha podido explorar cual es la causa por la que no ha existido mejora, es probable que exista una causa que impida la fijación bifoveal como podría ser correspondencia retiniana anómala o CRA. En esta condición binocular, las dos fóveas no siguen una misma dirección visual común ya que, mientras que una imagen de un objeto cae en un punto de la fóvea de un ojo, en el otro cae en un área extrafoveal. Es decir, una misma imagen caerá en puntos no correspondientes de la retina. Esta anomalía que suele aparecer en niños estrábicos, tiene una fusión aberrante por lo que no son buenos pacientes para la terapia visual.

5.1 Limitaciones del estudio

Debido a la situación de alarma por la situación sanitaria general en el país el estudio no ha podido llevarse como debería la parte clínica de las visitas finales. En este trabajo se ha valorado la visita inicial de los pacientes, la final y la evolución entre ambas. Por el confinamiento no se han podido tomar las medidas finales de algunos los pacientes de la manera que se ha hecho con el resto de pacientes (TNO y barra de prismas). Por ese motivo se ha realizado el análisis con los datos extraídos de Visionary Tool[®] aunque la medidas puedan diferir respecto a las medidas en clínica, pero se compara con el valor inicial de estereopsis con el final. Antes de proponer un estudio con grupo control sería correcto ampliar esta serie de casos.

6. CONCLUSIONES

Se puede concluir que a pesar de haber pasado el periodo crítico, algunos adultos son capaces de reforzar el sistema visual aun teniendo muy baja plasticidad cortical, recuperando la estereopsis y mejorando la capacidad vergencia e incluso la agudeza visual del ojo ambliope gracias al aprendizaje perceptivo utilizado en la terapia visual con el software Visionary Tool[®]

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Webber AL, Wood J. Amblyopia: prevalence, natural history, functional effects and treatment. 2005;88;365–375.
2. Maldonado MJ, Pastor JC, Guiones de oftalmología. Aprendizaje basado en competencias. 2012
3. Birch EE. Amblyopia and binocular vision. Prog Retin Eye Res. 2012;33:67-84.
4. Levi, D. M., & Li, R. W. (2009). Perceptual learning as a potential treatment for amblyopia: A mini- review. Vision Research, 49(21), 2535-2549.
5. Wolfe JM. Sensation & perception. Sinauer Associates; 2012.
6. Sloper J. The other side of amblyopia. Journal of AAPOS. 2016;1;20(1):1
7. Anderson V, Spencer-Smith M, Wood A. Do children really recover better? neurobehavioural plasticity after early brain insult. Brain : A Journal of Neurology. 2011;134;8: 2197-2221
8. Hensch TK, Quinlan EM. Critical periods in amblyopia
9. Lu Z-L, Hua T, Huang C.B, Zhou Y,3 Doshier B.A. Visual perceptual learning. Neurobiology of Learning and Memory 2011;95;2:145-151.
10. Camilleri R, Pavan A., Ghin F, Battaglini L, Campana G. Improvement of uncorrected visual acuity and contrast sensitivity with perceptual learning and transcranial random noise stimulation in individuals with mild myopia. Frontiers in Psychology. 2014; 5: 1234.
11. Portela-Camino JA, Martín-González S, Ruiz-Alcocer J, Illarramendi-Mendicute I, Garrido-Mercado R. A Random Dot Computer Video Game Improves Stereopsis. Optom Vis Sci. 2018;95:6;523–35.
12. Holmes JM, Levi DM. Treatment of amblyopia as a function of age. Vol. 35, Visual neuroscience. 2018;E015.
13. Bosquet S, Pablo D, Llorens P 11. Terapia visual dicóptica para la ambliopía en niños: revisión bibliográfica A R T Í C U L O C I E N T Í F I C O.
14. Jessica Capri. to patch or not to patch: summary of pedig amblyopia treatment studies. 2017
15. Kishimoto F, Fujii C, Shira Y, Hasebe K, Hamasaki I, Ohtsuki H. Outcome of conventional treatment for adult amblyopia. Jpn J Ophthalmol. 2014; 26;58:1;26–32.
16. To L, Thompson B, Blum JR, Maehara G, Hess RF, Cooperstock JR. A game platform for treatment of amblyopia. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2011;19:3;280–9.
17. Martín Herranz R, Vecilla Antolínez G. Manual de optometría. Editorial Médica Panamericana; 2018.
18. Consuelo Martínez Montaña, ML, Briones Roja R, Rodolfo Cortés Riveroll JG. Metodología de la investigación para el área de la salud. 2nd ed. McGraw-Hill Interamericana, editor. 200;11.

ANEXOS

Anexo I. Aprobación del CEIC



Avda. Ramón y Cajal, 3 - 47003 Valladolid Tel.: 983 42 00
00 - Fax 983 25 75 11
gerente.hcuv@saludcastillayleon.es



COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS ÁREA DE SALUD VALLADOLID

Valladolid a 24 de octubre de 2019

En la reunión del CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE del 24 de octubre de 2019, se procedió a la evaluación de los aspectos éticos del siguiente proyecto de investigación.

PI 19- 1510 TFG	REHABILITACIÓN DE LA AMBLIOPÍA EN POBLACIÓN ADULTA. SERIE DE CASOS.	I.P.: IRENE SÁNCHEZ PA- VON EQUIPO: EVA HERNÁNDEZ MENÉNDEZ UVA RECIBIDO: 15-10-2019
-----------------------	---	--

A continuación, les señalo los acuerdos tomados por el CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE en relación a dicho Proyecto de Investigación:

Considerando que el Proyecto contempla los Convenios y Normas establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética, se hace constar el **informe favorable** y la **aceptación** del Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos Área de Salud Valladolid Este para que sea llevado a efecto dicho Proyecto de Investigación.

Un cordial saludo.

Dr. F. Javier Álvarez.
CEIm Área de Salud Valladolid Este Hospital Clínico
Universitario de Valladolid Farmacología, Facultad de
Medicina, Universidad de Valladolid,
c/ Ramón y Cajal 7,47005 Valladolid
alvarez@med.uva.es,
jalvarezgo@saludcastillayleon.es tel.: 983
423077



Anexo II. Consentimiento informado

ANEXO I
Consentimiento informado para el estudio
“Rehabilitación de la ambliopía en población adulta. Serie de casos”

D/Dña _____ con DNI _____ y
_____ años de edad residente en _____
provincia de _____ manifiesto que he sido informado/a por
_____ sobre los siguientes aspectos en cuanto a la participación en
el estudio arriba mencionado.

1. He leído la hoja de información que se me ha entregado.
2. La participación en este estudio es de forma voluntaria.
3. Acepto que se realicen el programa de terapia visual propuesto en el estudio.
4. Conozco que esta medida no provoca efectos secundarios.
5. He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.
6. He hablado con el equipo investigador abajo firmante.
7. Que la participación en este estudio garantiza la confidencialidad de los datos personales que nunca serán desvelados ni facilitados, analizándose únicamente los datos clínicos de forma anónima.

Por lo que declaro que todas mis dudas y preguntas han sido aclaradas, que he comprendido que la participación es voluntaria y que comprendo que puedo revocar mi consentimiento para este estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos. Por ello doy mi consentimiento para participar en el estudio.

En Valladolid, a ____ de _____ de 2019

Firma del Paciente

Firma del Investigador

Estoy de acuerdo en que mis datos personales relativos a este trabajo sean almacenados, procesados electrónicamente y transmitidos, con propósitos de análisis de los datos derivados de este estudio. Doy mi consentimiento para que el personal autorizado del Departamento de Física Teórica Atómica y Óptica, del IOBA o las autoridades sanitarias revisen que el estudio se está llevando a cabo de manera correcta e inspeccionen los historiales clínicos referente a la colaboración en este estudio.

Así mismo autorizo a mi investigador principal a que emplee la información clínica necesaria recogida en el estudio para que pueda ser procesada y analizada, sin que se revele la identidad del voluntario.

Fecha:

Anexo III. Hoja de información

Hoja de información para el estudio “Rehabilitación de la ambliopía en población adulta. Serie de casos”

Antes de que decida participar en este estudio es importante que entienda lo que le solicitamos, por lo que le pedimos que por favor lea cuidadosamente la siguiente información y la comente con el equipo investigador si usted lo desea.

El estudio en el que se le invita a participar se trata de rehabilitar la ambliopía en la edad adulta, algo que tradicionalmente se acepta como inviable. Algunos estudios recientes demuestran que con terapias concretas se puede plantear este tipo de rehabilitación visual. Se le propone participar en esta terapia, no invasiva, que constará de 3 visitas, una inicial, una de seguimiento al mes y una final a los dos meses. Además, deberá dedicar tiempo a la terapia en su domicilio, entre 15 y 20 minutos al día, 4 o 5 días por semana durante uno o dos meses para tratar de rehabilitar su ambliopía. La terapia constará de unos ejercicios sencillos, adaptados a su ambliopía, que se programaran para que usted realice en su ordenador el tiempo indicado. No podemos garantizar que la rehabilitación vaya a ser la esperada en un niño o incluso que vaya a notar los efectos ya que hay poca evidencia científica en este campo, este estudio es una experiencia piloto para recoger información para el diseño de futuros estudios.

Usted es libre de decidir dejar de formar parte de este estudio en cualquier momento, sin necesidad de justificar esta decisión y sin que esto suponga ningún problema o repercusión sobre su atención en la Universidad de Valladolid. La información obtenida en este estudio será utilizada en el análisis estadístico de los datos preservándose el anonimato y los datos personales. Toda la información se almacenará informáticamente y se manejará exclusivamente por personal autorizado del equipo investigador, garantizando la confidencialidad y anonimato de los datos en todo momento. Toda esta información y en especial los datos personales se protegerán y ninguna información que permita su identificación será facilitada o compartida con ningún tercero ajeno al equipo investigador. Ninguna referencia personal se incluirá en los informes, reportes o publicaciones finales del estudio (comunicaciones a congresos o publicaciones científicas).

Si requiere información adicional por favor siéntase libre de preguntar todas sus dudas al equipo investigador coordinado por el profesor Irene Sánchez (isanchezp@ioba.med.uva.es). Después de leer esta hoja de información, si está conforme, por favor complete el formulario de Consentimiento Informado y fírmelo. El equipo investigador le facilitará una copia y no dude en realizar cuantas preguntas considere necesarias.

Muchas gracias por su tiempo.