



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

EVIDÈNCIES CLÍNiques SOBRE EL TRACTAMENT DE L'AMBLIOPIA.

Irene Garcia López

Elvira Peris March
Maria Rosa Borràs Garcia
DEPARTAMENT: Òptica i Optometria

DATA DE LECTURA: Juliol de 2021



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

EVIDÈNCIES CLÍNIQUES SOBRE EL TRACTAMENT DE L'AMBLIOPIA

RESUM

L'ambliopia o col·loquialment coneguda com "ull gandul", és el motiu més freqüent de pèrdua de visió entre els nens i joves en els països desenvolupats.

Actualment, es coneix que l'ambliopia és deguda a una deficient interacció binocular. No obstant, el tractament més utilitzat segueix sent l'oclusió de l'ull dominant, per lo que tant sols s'aconsegueix millorar l'agudesia visual de l'ull ambliop.

Els nous avanços clínics i científics relaten els avantatges que presenta realitzar un tractament binocular, on l'objectiu principal es basa en eliminar la supressió de l'ull ambliop permetent restablir la funció visual, juntament amb totes les habilitats visuals que això comporta.

Aquest treball s'ha realitzat a partir de la recerca bibliogràfica d'articles i assajos clínics. La gran troballa d'estudis científics estan enfocats en el tractament monocular, mentre que l'anàlisi de l'aplicació de tractaments no convencionals mitjançant teràpies bioculars i binoculars o la rehabilitació visual amb Teràpia Visual integral continua sent molt escassa en les plataformes.

Com a conclusió, els descobriments de la present recerca bibliogràfica i experiència personal destaquen la importància de plantejar nous estudis enfocats en la Teràpia Visual integral com a principal ajudant en el tractament de l'ambliopia, ja que, actualment, segueix sense haver evidències que afirmin que aquesta pugui ser una clara substituta de la teràpia convencional. És, doncs, feina dels optometristes en visibilitzar les noves teràpies actives i canviar l'actual plantejament del tractament de l'ambliopia.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

EVIDÈNCIES CLÍNiques SOBRE EL TRACTAMENT DE L'AMBLIOPIA

RESUMEN

La ambliopía o coloquialmente conocida como “ojo vago”, es el motivo más frecuente de pérdida de visión entre los niños y jóvenes en los países desarrollados.

Actualmente, se conoce que la ambliopía es debida a una deficiente interacción binocular. No obstante, el tratamiento más utilizado sigue siendo la oclusión del ojo dominante, por lo que tan solo se consigue mejorar la agudeza visual del ojo ambliope.

Los nuevos avances clínicos y científicos relatan las ventajas que presenta realizar un tratamiento binocular, donde el objetivo principal se basa en eliminar la supresión del ojo ambliope permitiendo restablecer la función visual junto con todas las habilidades visuales que esto comporta.

Este trabajo se ha realizado a partir de la búsqueda bibliográfica de artículos y ensayos clínicos. La gran mayoría de estudios científicos están enfocados en el tratamiento monocular, mientras que el análisis en la aplicación de tratamientos no convencionales mediante terapias bioculares i binoculares o la rehabilitación visual con Terapia Visual integral continúa siendo muy escasa en las plataformas.

Como conclusión, los descubrimientos de la presente búsqueda bibliográfica i experiencia personal destacan la importancia de plantear nuevos estudios enfocados en la Terapia Visual integral como principal ayudante en el tratamiento de la ambliopía, ya que, actualmente, siguen sin haber evidencias que afirmen que ésta pueda ser una clara substituta de la terapia convencional. Es, pues, faena de los optometristas en visibilizar las nuevas terapias activas y cambiar el actual planteamiento del tratamiento de la ambliopía.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

EVIDÈNCIES CLÍNiques SOBRE EL TRACTAMENT DE L'AMBLIOPIA

ABSTRACT

Amblyopia, colloquially known as the “vague eye”, is the most common cause of vision loss among children and young people in developed countries.

It is currently known to be due to poor binocular interaction. However, occlusion of the dominant eye remains being the most used treatment among clinicians, where the only improvement is the visual acuity of the amblyopic eye.

New clinical and scientific advances relate the advantages of performing a binocular treatment, where the main objective is to eliminate the suppression in order to allow to restore the visual function along with all the visual skills that this entails.

This work is based on the bibliographic research of articles and clinical trials. The vast majority of scientific studies are focused on monocular treatment, whilst the analysis of the application of unconventional treatments using biocular and binocular therapy or visual rehabilitation with Visual Therapy remains very scarce on the platforms.

In conclusion, the findings of the present literature research and personal experience highlight the importance of proposing new studies focused on comprehensive Visual Therapy as the main assistant in the treatment of amblyopia, since there is currently no evidence that it can be a clear substitute for conventional therapy. It is, therefore, an optometrist's task to visibilize the new active therapies in order to change the current approach to the treatment of amblyopia.



ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ GENERAL	1
2. L'AMBLIOPIA	2
2.1. Factors ambliogènics	5
2.2. Classificació	9
2.3. Implicacions	11
2.3.1 Estructures oculars compromeses	11
2.3.2 Anomalies corticals	13
2.3.3 Agudeses Visual i Estereopsis	13
2.3.4 Sensibilitat al contrast	14
2.3.5 Acomodació	15
2.3.6 Motilitat	15
2.3.7 Binocularitat	16
2.3.8 Habilitats viso-perceptives i viso-motors	17
3. TRACTAMENT DE L'AMBLIOPIA	19
3.1. Principals àrees	19
3.2. Opcions de tractament	20
3.2.1 Tractament òptic	20
3.2.2 Tractament oclusiu	27
3.2.3 Tractament farmacològic	36
3.2.4 Tractament Biocular i Binocular	39
3.2.5 Teràpia Visual integral	45
3.3. Recurrència de l'ambliopia	47
4. DISCUSSIÓ	49
5. CONCLUSIÓ	51
6. BIBLIOGRAFIA	53



ÍNDIX DE FIGURES

II·lustració 2.1: Seqüència de les àrees visuals (Font d'elaboració pròpia).....	4
II·lustració 2.2 : Focalització d'un ull emetrop (López, 2010).....	6
II·lustració 2.3 Procés d'emotropització (López, 2010).....	7
II·lustració 2.4: Representació esquemàtica d'una esotròpia d'ull dret (Kenneth J et al., 1991).....	9
II·lustració 2.5 Esquema classificatori de l'ambliopia (Font d'elaboració pròpia).....	11
II·lustració 3.1 Exemple de diferents densitats de filtre Bangerter (https://www.coivision.com/en/shop-en/vision-testing/diagnostic/bangerter-foil-bar-detail).....	29
II·lustració 3.2 Exemples d'oclusió activa (https://www.doctorsilva.es/index.php/tratamientos).....	36
II·lustració 3.3 Videojoc biocular "Falling Blocks" (Birch et al, 2015).....	42
II·lustració 3.4 Videojoc "Dig Rush (Kelly et al., 2016).....	43



ÍNDEX DE TAULES

Taula 2.1 Graus d'ambliopia (Font d'elaboració pròpia).....	5
Taula 3.1 Potencial ambliogénic segons AAO (1994)	23
Taula 3.2 Criteris de prescripció segons l'AAO.....	25
Taula 3.3 Risc d'ambliopia segons el tipus d'estrabisme (Ciuffreda et al., 1990).....	26
Taula 3.4 Etapes de la Teràpia Visual (Font d'elaboració pròpia).....	46

ÍNDEX DE GRÀFIQUES

Gràfica 2.1 Gruix de la foveola i fòvea en ambliopies estràbiques i anisometròpiques (Rajavi et al., 2018).....	12
Gràfica 2.2 Estereoagudeses vs AV (Levi et al.,2015).....	14
Gràfica 3.1 Distribució acumulativa de les agudeses visuals dels ulls ambliops severos a l'examen final de 4 mesos entre el grup d'oclusió permanent i grup de 6 h d'oclusió (Beck, 2003).....	32
Gràfica 3.2 Distribució acumulativa de les agudeses visuals dels ulls ambliops moderats a l'examen final de 4 mesos entre el grup de 6 h d'oclusió i el grup de 2 h d'oclusió (Simon, 2004).....	33



ABREVIATURES

AV : agudesesa visual

RV: Realitat Virtual

D : diòptries

Arc sec : segons d'arc

1. INTRODUCCIÓ GENERAL

En el present treball, tracto d'explicar l'ambliopia partint dels fonaments inicials que la caracteritzen, seguint pels principals factors ambliogènics que causen la seva aparició i finalitzant amb les diferents estratègies de tractament existents.

Per això, m'he basat en l'estudi bibliogràfic mitjançant la recopilació d'articles i assajos clínics utilitzant les bases de dades Web de Science, PubMed i Google Scholar. No obstant, durant la realització del treball ha estat, també, present la meua experiència personal clínica gràcies al meu actual treball en un centre clínic oftalmològic i a les pràctiques externes realitzades en un centre de Teràpia Visual, on el mètode empleat per tractar l'ambliopia diferia completament d'un lloc a l'altre.

És per aquesta desorganització i incongruència que vaig voler realitzar el meu treball de fi de grau per entendre perquè existeixen aquestes diferències a l'hora d'enfocar el tractament de l'ambliopia i quina evidència científica existeix al respecte.

Avui en dia, el tractament estrella en la gran majoria de centres clínics oftalmològics i hospitals continua sent l'oclusió de l'ull dominant. Tant sols un petit percentatge de professionals, la majoria dels quals procedents de centres d'optometria comportamental, integren i prioritzen la binocularitat en el tractament de l'ambliopia.

Tot i haver una gran evolució en termes d'instrumentació, tècniques i estratègies per a tractar l'ambliopia, aquestes no es troben visibilitzades en la bibliografia actual ni en l'evidència científica.

2. L'AMBLIOPIA

La ambliopia la podem definir com la disminució uni o bilateral de l'agudesia visual causada per una alteració funcional de la visió sense presència d'una causa orgànica. És la disfunció visual previsible més freqüent en nens, amb una incidència d'entre un 2% i un 5% (Balasopoulou et al., 2017).

Segons l' Acadèmia Americana d'Oftalmologia, l'ambliopia és una reducció unilateral o, menys freqüent, bilateral de l'agudesia visual amb la millor correcció òptica possible, que normalment passa en un ull aparentment sa. És un desordre del desenvolupament del sistema nerviós a causa d'un processament anòmal de les imatges visuals reduint, com a conseqüència, l'agudesia visual.

Aquesta definició, principalment enfocada en l'aspecte patològic, tan sols té en compte l'afectació de l'agudesia visual. Actualment, però, està reconegut que hi ha conseqüències en altres funcions visuals com poden ser les perceptives i les oculomotores (Levi.,2020). L'ambliopia, per tant, en aquest moment es podria definir com una disminució de les funcions visuoespacials, sent un problema de competència binocular activa en el desenvolupament visual en edats primerenques causant reduccions funcionals en les rutes visuals centrals.

Al néixer, la capacitat d'adaptar-se sensorialment a una situació fisiològica o patològica és màxima (plasticitat) i disminueix progressivament amb l'edat. Wiesel i Hubel (1963), van denominar períodes crítics als temps en què les cèl·lules corticals de les columnes de dominància podien ser alterades provocant, així, una correspondència sensorial anòmala.

Els esdeveniments que apareixen durant el període de desenvolupament del sistema visual i que succeeixen abans que les sinapsis s'hagin establert, estan sota control genètic i molecular. És per aquesta raó que les cèl·lules que es generen en certs moments del desenvolupament són capaces de dirigir-se als diferents llocs de l'escorça cerebral i connectar-se amb zones específiques per a cada funció. La majoria d'aquests successos esdevenen abans del naixement. En el moment de néixer, amb la llum que arriba a la retina, comencen a regir els mecanismes elèctrics que produeixen la formació de capes en el cos geniculat lateral, les columnes de dominància corticals i les connexions aferents i eferents a nivell cortical amb altres regions de l'escorça cerebral.

Hi ha mecanismes bioquímics i elèctrics a nivell cel·lular àmpliament coneguts i se sap que aquests, modifiquen en última instància la força de les connexions entre les terminals presinàptiques i postsinàptiques a nivell neuronal: les actives s'enforteixen i les inactives es debiliten.

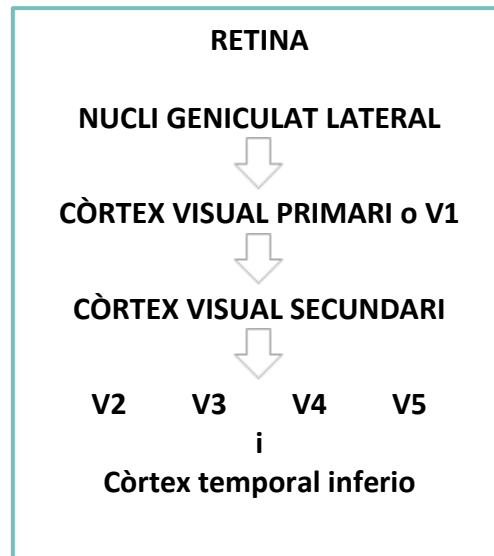
Nombrosos experiments en animals han demostrat que aquest període de sensibilitat dura des del naixement fins a la pubertat, i els canvis són més significants com més aviat apareix l'agressió i major sigui la duració.

Les diferents capacitats visuals s'adquireixen en moments diversos i són pròpies de cada espècie, depenent de les necessitats visuals que hi hagi.

Les funcions de cada nivell de la ruta visual tenen períodes crítics diferents i depenen definitivament de l'experiència visual.

Les propietats visuals processades en nivells superiors tenen períodes crítics de major duració que les processades en nivells inferiors.

Això explicaria, per exemple, per què el període crític per la direcció visual és més curt que per la dominància ocular, ja que la selectivitat de direcció és codificada majoritàriament pel còrtex visual primari i, en canvi, la dominància ocular és una característica desenvolupada en àrees més superiors.



Il·lustració 2.1 Seqüència de les àrees visuals. Les propietats visuals tractades en cada àrea son parcialment conegudes: la retina converteix senyals de lluminositat en senyals de contrast ; la informació dels dos ulls s'ajunta en el còrtex visual primari; les cèl·lules del còrtex visual primari analitzen la orientació de les vores i la direcció del moviment; l'àrea V4 està relacionada amb el color i la forma associada al color; l'àrea V3 a la forma dinàmica ; l'àrea V5 al moviment, localització i organització espacial i l'àrea temporal inferior al reconeixement dels objectes (Font d'elaboració pròpia).

Durant els primers anys de vida (fins als 3 a 5 anys), l'agudes visual es va desenvolupant partint de valors inferiors de 20/200 fins arribar a valors propers a 20/20, quan s'utilitzen tests que no produeixen l'efecte d'amuntegament¹. No obstant, altres estudis indiquen que utilitzar optotips estàndard com el test de Snellen, els quals provoquen l'efecte d'amuntegament, la màxima agudes visual esperada (20/20) pot tardar en consolidar-se fins als deu anys d'edat. Durant aquest període de temps l'agudes visual pot veure's afectada i reduïda per diversos factors, els quals es parlarà posteriorment, causant ambliopia. La recuperació de l'agudes visual disminuïda per ambliopia pot ocórrer inclús en persones adultes, tot i que els resultats obtinguts en estudis indiquen que aquesta recuperació és més lleu que en infants (Daw, 1998).

Per tant, des del punt de vista del desenvolupament de l'agudes visual, podem dir que hi ha un període en el qual hi ha susceptibilitat per desenvolupar una ambliopia (des del naixement als 3- 5 anys aproximadament), un període en el qual pot ser alterada una funció visual (des

¹ L'efecte d'amuntegament, més conegut com el *Crowding Effect* és un fenomen perceptiu en què el reconeixement d'objectes presentats fora de la fòvea es veu afectat per la presència d'altres objectes veïns.

dels pocs mesos de vida als 7-8 anys) i un període en el qual es pot recuperar la funció visual perduda (Daw, 1998).

Període més susceptible per a desenvolupar ambliopia

3 - 5 anys

Període crític on es pot alterar alguna propietat visual

< 1 any - 8 anys

Període on es pot recuperar alguna propietat perduda

< 1 any - edat adulta

2.1. Factors ambliogènics

Els factors ambliogènics són aquells que quan es desenvolupen i superen els períodes crítics, explicats anteriorment, poden derivar en una ambliopia.

Les ambliopies es poden classificar en lleus, moderades o severes depenent la etiologia de l'ambliopia, els temps de privació en l'ull no dominant, l'edat i el defecte refractiu:

Ambliopia	Màxima AV amb correcció en l'ull no dominant	
	Escala logMAR	Escala decimal
Lleu	< 0.3 logMAR	>0.5
Moderada	0.3 – 0.7 logMAR	0.5 – 0.2
Severa	>0.7 logMAR	<0.2

Taula 2.1 Graus d'ambliopia en funció de l'agudesia visual en l'escala LogMAR i Decimal (Font d'elaboració pròpia)

Existeixen diversos factors que poden causar l'aparició d'ambliopia:

- **Privacions d'estímuls**

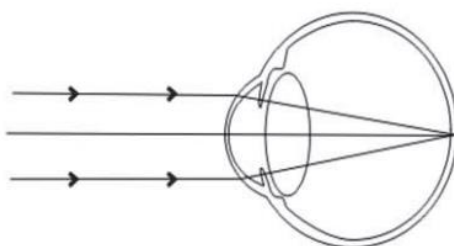
Hi ha varies causes per la qual la visió pugui estar obstaculitzada. Es parla, principalment, de l'aparició de cataractes congènites, opacitats corneals, hemorràgies vítries o ptosis palpebral.

Majoritàriament la privació d'estímuls tracta d'afectacions patològiques que estan presents al néixer o en edats molt primerenques.

El període de temps perquè la fòvea generi un patró de fixació normal va del naixement fins als 3 mesos d'edat. Per tant, d'aquí la importància en detectar-ho i intervenir quirúrgicament, si escau, el més aviat possible per tal de prevenir una ambliopia moderada o severa i afavorir un correcte desenvolupament visual.

- **Ametropies**

L'ametropia es tracta d'un defecte refractiu que impideix que les imatges s'enfoquin correctament sobre la retina. Normalment, és conseqüència d'una interrupció en el procés d'emotropització. Aquest procés es defineix com la tendència de l'aparell òptic ocular cap a l'emetropia per una correlació dels elements òptics individuals (López, 2010).



Il·lustració 2.2 Focalització d'un ull emetrop (Lopez, . 2010)

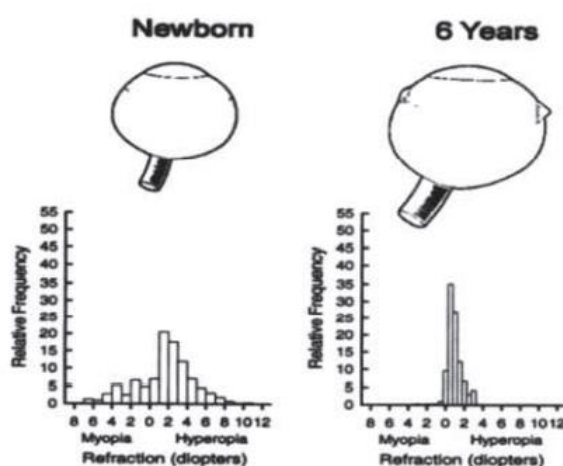
L'emetropia, per tant, es dona quan la imatge procedent d'un objecte situat a l'infinít (quan l'ull no acomoda) es forma en la retina (il·lustració 2.2). En altres paraules, un ull emetrop és quan la retina i el infinit són focus conjugats.

Els infants en néixer, presenten un cert grau de hipermetropia degut, principalment, a la curta longitud axial del globus ocular. Durant el primer any de vida hi ha canvis en la curvatura corneal, la longitud axial i la potència del cristal·lí: aquests canvis són processos fisiològics d'autoregulació que generen un creixement adequat de l'ull i de tots els seus components. Aquestes modificacions ocasionen una reducció de la hipermetropia durant els primers 6 anys de vida i s'associen principalment amb el creixement axial.

Altrament, aquest procés fisiològic pot estar condicionat també per la genètica, ja que el poder de la còrnia i el cristal·lí i la profunditat de la càmera anterior es poden heretar i controlar a través de diversos gens. Conseqüentment, un desequilibri en els paràmetres oculars relacionats amb la longitud axial i la càmera vítria poden estar relacionats amb l'aparició i el desenvolupament d'ametropies.

Els valors normals de refracció per les diferents edats han estat determinats estadísticament per molts autors i tenen importància clínica en el moment de decidir si es dona correcció òptica o no, d'acord amb els valors fisiològics determinats segons l'edat i, alhora, permet relacionar si una prescripció pot alterar el procés d'emotropització.

En la il·lustració 2.3, s'observa com els valors esperats de l'ull d'un nounat estan entre les 2.00D i 4.00D d'hipermetropia i, a mesura que creix, aquesta corba es va desplaçant cap a valors refractius propers a zero.



Il·lustració 2.3 Procés d'emotropització (Lopez, 2010)

Existeixen diferents condicions ametròpiques causants de l'aparició d'una ambliopia:

Anisometropia és un defecte refractiu desigual, el qual ocasiona una imatge clara en un ull i crònicament borrosa en l'altre. Aquesta condició produeix un efecte directe de visió borrosa que afecta al desenvolupament visual en aquest ull per lo que, a més, es produeix una competència visual entre ambdós ulls que acaba induint un efecte inhibitori de tipus visual. És

causada per una diferència de refracció entre ambdós ulls. El potencial ambliogènic en presència d'anisometropies és més elevat que en isometropies sent la hipermetropia més agreujant que el astigmatisme i aquest més agreujant que la miopia.

Isometropia es la condició en la qual els dos ulls presenten el mateix o similar defecte refractiu. Quan aquestes ametropies es troben per sobre dels valors normals i estandarditzats per a aquella edat poden derivar en una ambliopia bilateral, ja que la imatge no es projecte nítidament a la retina en cap dels dos ulls.

- **Estrabismes**

Quan hi ha un estrabisme, els mecanismes per el desenvolupament de l'ambliopia són diferents depenent de la magnitud de l'angle de desviació. Si aquest és molt petit, la imatge de l'ull ambliop es desplaça poc i, per tant, cau gairebé sobre la imatge de l'ull sa (mateixa àrea foveal). Això fa que es desenvolupi només un fenomen d'emascarament (Fornaguera, 2008).

Si l'angle de desviació és mitjà i persisteix durant etapes primerenques de desenvolupament es pot establir un nou punt de fixació a prop de la màcula. Per aquesta raó es formen noves connexions des del nou punt de fixació a àrees superiors de l'escorça que van a relacionar-se amb la visió central. Es crea, doncs, una correspondència retinal anòmala. En aquest nou punt de fixació, l'agudesa visual ja es veu compromesa.

Finalment, en estrabismes amb angles majors i una fixació alternant els contorns de les imatges poden tenir orientacions diferents. S'inicia, per tant, un procés semblant a la rivalitat, alternant una imatge i una altra. Les connexions entre la retina i l'escorça poden aparèixer secundàriament i depenen del moment d'aparició del estrabisme i de si la desviació és alternant o constant.

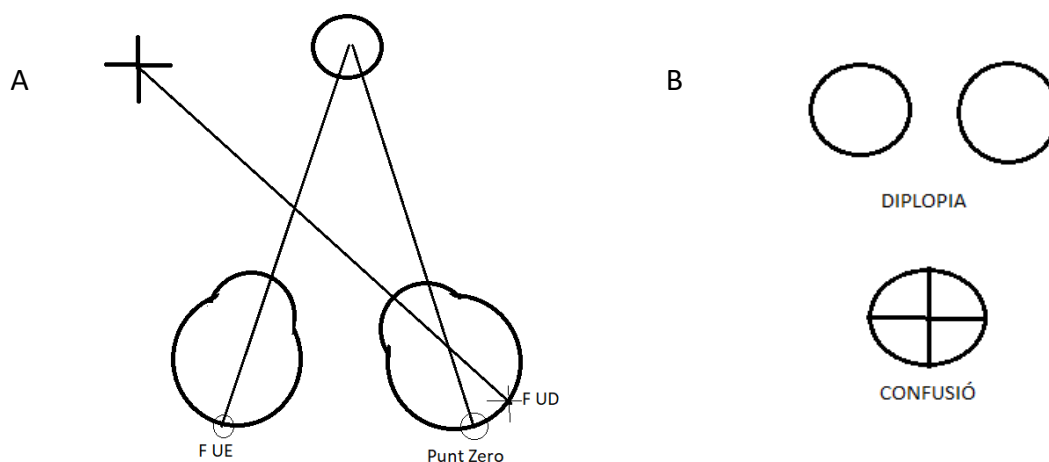
Per tant, en desviacions unilaterals i constants tant en visió llunyana com propera, el sistema visual es veu enmig de dos gran problemes : la diplopia i la confusió.

Diplopia: Apareix quan el objecte que s'està observant cau sobre la fòvea del ull dominant i en un punt no foveal en l'ull desviat. Com aquests punts retinals no son corresponents, l'objecte

serà percebut en dos direccions visuals diferents, donant com a resultat una doble imatge (il·lustració 2.4).

Confusió: aquesta inconsistència apareix quan la fòvea de l'ull estràbic és estimulada per un punt que no es correspon amb l'objecte de fixació. Com les dues fòvees són, teòricament, punts corresponents primaris, els dos objectes es veuran com a superposats creant una confusió i una rivalitat retinal (il·lustració 2.4).

En les dues causes presentades, l'ull desviat desenvoluparà supressió per tal d'evitar aquesta diplopia i/o confusió.



Il·lustració 2.4 (A) Representació esquemàtica d'una esotròpia d'ull dret. (F UE = fòvea ull dret ; F UD = fòvea ull esquerra ; Punt zero = punt de la retina del ull desviat on cau la imatge). (B) Visió del observador davant la diplopia i confusió (Kenneth J et al., 1991).

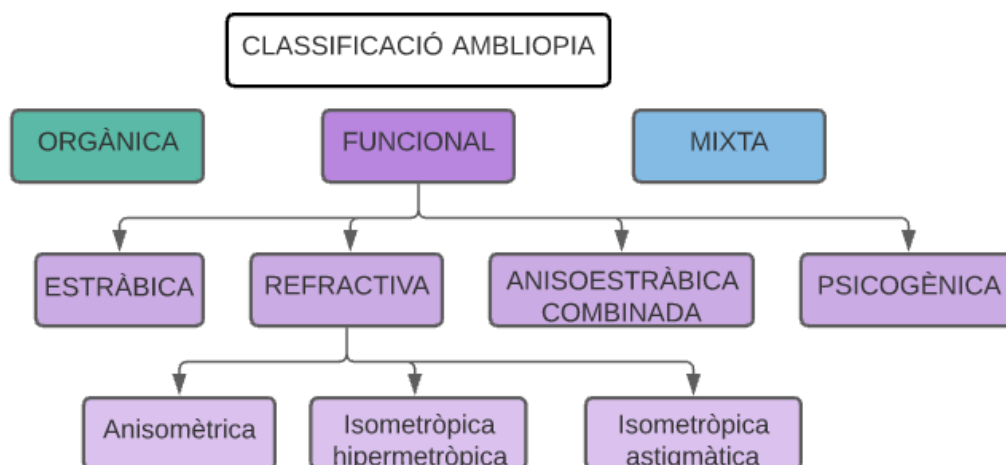
2.2. Classificació

Havent comentat les principals etiologies de l'ambliopia, aquestes es poden englobar dins de tres grans grups: ambliopia orgànica, funcional o mixta. En aquest treball ens basarem principalment en l'estudi de la ambliopia funcional, ja que és la que té més prevalença i repercussió en el món de l'optometria.

- **Ambliopia orgànica:** disminució de l'agudesia visual degut a processos patològics que alteren l'estructura cel·lular de la retina o de les vies visuals. Solen ser irreversibles en la majoria dels casos i provoquen una ambliopia severa. No obstant, si hi ha l'opció de intervenir quirúrgicament el pronòstic pot millorar favorablement .

- **Ambliopia Funcional:** es tracta d'una ambliopia que no està causada per un procés patològic o una anomalia estructural, per lo que les vies estructurals són normals després del naixement però comencen a fallar posteriorment degut a una estimulació anormal. Dins d'aquest apartat es pot fer una segona classificació depenent la causa del estímul de privació:
 - **Ambliopia estràbica:** és la conseqüència d'una alteració en el desenvolupament visual, secundari a un estrabisme unilateral constant, present durant el període de immaduresa visual sent el període més fràgil entre els 9 mesos i els 2 anys.
 - **Ambliopia refractiva:** és causada per la falta d'enfoc motivat per un defecte òptic unilateral o bilateral no corregit durant els primers anys del desenvolupament visual. Presenta les següents subdivisions:
 - **Ambliopia refractiva isomètrica hipermetròpica**
 - **Ambliopia refractiva isomètrica astigmàtica**
 - **Ambliopia refractiva anisomètrica**
 - **Anisoestràbica combinada:** apareix quan es combina un estrabisme i una anisometropia. L'ull estràbic generalment té major error refractiu.
 - **Psicogènica:** es tracta d'un problema funcional del sistema visual en ulls completament sans. Està relacionada amb el Síndrome de Streff, el qual es creu que és desenvolupat per l'estrès. No hi ha cap base orgànica que justifiqui la disfunció, al igual que cap anomalia estructural o anatòmica que pugui explicar la disminució de agudeses visual. Acostuma a aparèixer en edats primerenques, en la pubertat i és més freqüent en dones (Pérez et al., 2005).

- **Ambliopia Mixta:** representa totes les varietats entre l'ambliopia orgànica i l'ambliopia funcional



Il·lustració 2.5 Esquema classificatori de l'ambliopia

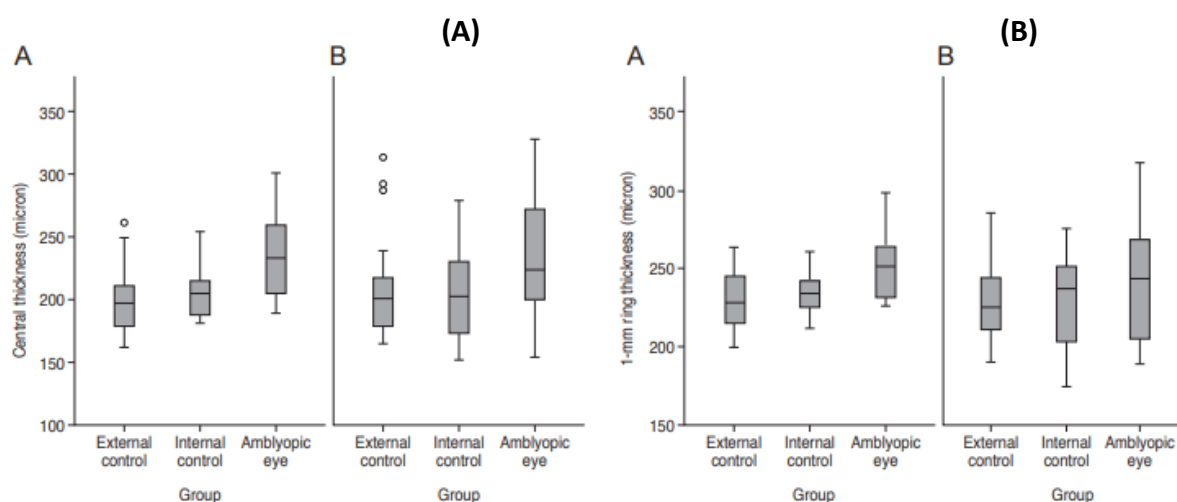
2.3. Implicacions

2.3.1 Estructures oculars compromeses

Varis estudis, mitjançant l'anàlisi de tomografies de coherència òptica, han revelat informes de possibles anomalies retinals i maculars en l'ull ambliop. No obstant, segueix havent una gran disputa respecte la veracitat de aquestes troballes patoanatòmiques.

Alguns estudis portats a terme com ara el de Rajavi i companys (2018), han revelat que existeix un grossor major en el centre de la màcula (foveola) i en una àrea circular de 1 mm al voltant d'aquesta (fòvea) en ulls ambliops moderats i severos. Aquest fet es dona, segons els autors, per un possible desordre en el desenvolupament macular en els ulls ambliops. El fet que augmenti el gruix de la retina de l'àrea macular i disminueixi la depressió foveal es podria atribuir a la manca d'apoptosi de les cèl·lules ganglionars, les quals apareixen normalment després del naixement. Per tant, es redueix la depressió foveal i el seu reflex brillant.

Paradoxalment, aquestes diferències en el gruix macular no van ser trobades en un estudi anterior portat a terme pel mateix autor (il·lustració 2.7).



Gràfica 2.1 Gruix de la foveola (a) i fòvea (b) en ambliopies estràbiques (A) i anisomètriques (B). Es pot observar com el grossor macular dels ulls ambliops és major que el del grup control i grup extern (Rajavi et al., 2018).

Segons un altre estudi publicat per Lonngi i companys (2017), es va trobar una disminució en la densitat vascular de les capes plexiforme externa i interna en pacients amb ambliopia. Van especular que aquesta disminució vascular podia estar associada amb un desenvolupament anormal degut a la inexperiència visual d'aquests pacients. Per altre banda, no es van trobar diferències estadístiques en la zona avascular foveal o en el gruix foveal entre els dos grups (grup control i grup ambliop).

Nombrosos estudis han arribat a la mateixa conclusió en relació amb el gruix macular o foveal en les quals no s'han trobat diferències significatives entre retines d'ulls no ambliops i retines d'ulls ambliops (Araki et al., 2017; Yoon & Chun, 2018).

A més a més, altres conclusions extretes de diversos estudis tracten de la disminució del volum foveal en els ulls ambliops al finalitzar el tractament (tractament oclusiu). Es creu que això pot ser degut al reagrupament dels cons durant la teràpia oclusiva. Es va especular que aquests cons localitzats a la fòvea de l'ull ambliop es troben menys compactes degut a què el camp receptor és més gran que en l'ull no ambliop. Després de l'oclusió, els cons es trobarien més compactes degut a l'estimulació foveal (Yoon & Chun, 2018).

Per tant, com es pot comprovar segueix havent una gran incongruència entre estudis sobre els possibles canvis anatòmics en l'estructura ocular de la retina que pot desenvolupar un ull ambliop.

2.3.2 Anomalies corticals

Un gran nombre d'estudis basats en neuroimatges han trobat clares disfuncions corticals en pacients ambliops. Molts d'aquests últims estan basats en la projecció d'imatges de ressonància magnètica (fMRI), els quals s'han trobat connexions funcionals alterades i activitat cerebral espontània en individus amb ambliopia anisomètrica.

En un estudi recent es va comparar el gruix cortical, l'àrea superficial, el volum i la curvatura mitjana del còrtex visual entre ulls ambliops i ulls no ambliops (grup control) (Liang et al., 2019). El gruix de diverses àrees significativament més primes va ser coherent amb els resultats d'estudis anteriors. Es van trobar, principalment, que l'àrea V1 bilateral presentava un gruix cortical més prim. Això podria ser degut a una pèrdua de neurones a l'escorça visual primària. Per altre banda, en àrees superiors com ara les àrees V2, V3, V4, V5 o el còrtex temporal es van trobar canvis, indicant que els pacients amb ambliopia presentaven alteracions anatòmiques de les funcions visuals superiors. Aquestes afectacions corticals eren generalment unilaterals, repercutint principalment en l'hemisferi esquerre. Això podria ser degut a diferències en la taxa de maduració de la escorça circumstriada entre els hemisferis bilaterals. Quan la degeneració cortical es produeix en pacients ambliops, la reducció de gruix cortical en cada àrea transforma el còrtex visual d'una superfície plana en una superfície més aviat irregular. Aquesta superfície irregular guanya complexitat espacial i dona lloc a un augment en la curvatura mitjana. No obstant, les alteracions en la curvatura només van ser estadísticament significatives en l'àrea V1 bilateral. Aquests canvis a nivell del còrtex visual poden ser observats en els pacients que presenten ambliopia anisomètrica.

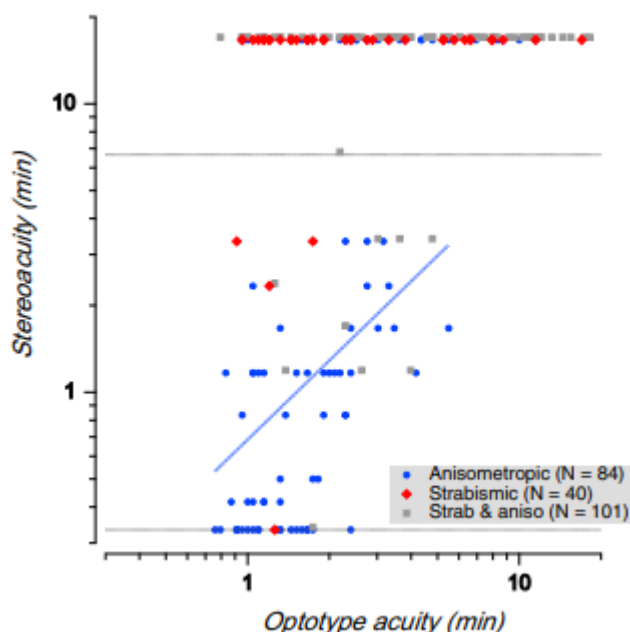
2.3.3 Agudesa Visual i Estereopsis

Els individus amb ambliopia presenten l'agudesa visual d'un ull, majoritàriament, compromesa. Com s'ha comentat anteriorment, ambliopies més profundes provoquen una disminució de l'agudesa visual més significativa.

La estereoagudesa és l'habilitat de percebre la profunditat i tridimensionalitat de l'entorn i objectes que observem. En general, una pitjor agudesa visual es tradueix amb una pitjor estereoagudesa (Levi et al., 2015). Aquesta relació es compleix sobretot en casos d'ambliopia

anisomètrica. En ambliopies estràbiques, al no existir fusió de les imatges els pacients solen ser estèreo-cecs.

Pel contrari, molts ambliops anisomètrics, sí que tendeixen a presentar un cert grau d'estereoagudesesa. Un estudi realitzat per Levi i companys (2015) van trobar que més del 50% dels ambliops anisometròpics van passar positivament els *Punts de Wirt* del Test Randot, comparat amb només un 10% dels ambliops estràbics.



Gràfica 2.2 Estereoagudesesa vs AV per Levi et al.,2015. La regressió blava suggereix que una pitjor agudesesa visual s'acompanya d'una pitjor estereoagudesesa en ambliopies anisomètriques; no obstant, aquesta relació no es dona en els pacients amb ambliopia estràbica o anisoestràbica.

En conclusió, la pèrdua d'estereoagudesesa sembla ser una característica general que acompanya a les ambliopies estràbiques, mentre que en les ambliopies anisomètriques es produeix majoritàriament quan hi ha un desenfocament unilateral substancial.

2.3.4 Sensibilitat al contrast

La sensibilitat al contrast (CSF) es defineix com la capacitat d'una persona per identificar un objecte del seu rerefons i, alhora, com l'habilitat de detectar objectes de diferents mides de baix contrast. Es mesura amb cartilles de baix contrast, per exemple, gris sobre gris brillant. La prova de sensibilitat al contrast valora la qualitat de la visió i detecta la presència de mínimes diferències de luminància entre objectes o àrees en l'espai.

L'habilitat per a detectar diferències en contrast es anormal en pacients ambliops, al igual que la pèrdua de sensibilitat al contrast fotogràfic.

La corba de sensibilitat al contrast en nens amb ambliopia refractiva va caient a mesura que s'acosten les freqüències espacials mitjanes i altes (Murillo, 2003). L'agudesia visual, tot i ser la característica principal més afectada en un pacient ambliop, s'ha comprovat mitjançant l'avaluació amb les cartilles de Regan² que la sensibilitat al contrast també es veia notablement disminuïda tant en pacients amb ambliopies estràbiques com anisomètriques (Bermúdez et al., 2007).

2.3.5 Acomodació

L'estudi de l'acomodació es basa en l'avaluació de l'amplitud d'acomodació (AA), flexibilitat d'acomodació i el Lag acomodatiu (resposta acomodativa). L'activitat acomodativa avarca una sèrie d'habilitats per a mantenir nivells òptims de funcionalitat. Per això, és necessari conèixer aquestes competències per a valorar l'estat acomodatiu en pacients ambliops. En aquest sentit, la teràpia monocular s'ha de dissenyar de forma que proporcioni l'estimulació foveal i s'afegeixin tècniques d'estimulació monocular per a incentivar la normalitat de l'acomodació en l'ull ambliop així com l'activitat de tasques en visió propera durant el tractament oclusiu o la realització d'un tractament dicòptic. No obstant, són molt pocs estudis els que han integrat l'estudi de l'estat acomodatiu en pacients ambliops.

Un estudi portat a terme per Medrano i companys (2014) van comprovar l'existència d'alternacions en l'estat acomodatiu dels pacients amb ambliopia refractiva, en els quals aquests valors es trobaven per sota de la norma per a les diferents edats dels pacients (mitjançant la fórmula de Hofstetter).

2.3.6 Motilitat

La visió binocular es basa en l'entrada visual equilibrada dels dos ulls, així com en la capacitat dels ulls per a conjugar moviments oculars per fixar un objectiu i mantenir la mirada en aquest punt. Quan la visió binocular es veu interrompuda a causa d'un estrabisme, anisometropia o

² Es tracta d'unes cartilles de lletres de baix contrast amb diferents mides. Redueix els nivells de contrast d'una cartilla d'agudesia visual Standard com Snellen.

ambliopia pot produir-se una sèrie de dèficits oculomotors, inclosa la inestabilitat de fixació i sacàdics anormals. En general, la funció oculomotora deteriorada és més pronunciada en l'ull ambliop. Tot i així, també hi ha dèficits oculomotors quan es visualitza amb l'ull no ambliop, fins i tot en individus no ambliops amb estrabisme. La presència de dèficits oculomotors en condicions binoculars indiquen que l'ull dominant està presentant un dèficit ja que l'ull ambliop probablement s'estigui suprimint i, per tant, s'estigui fixant amb l'ull director (sobretot quan es tracta d'una ambliopia estràbica). A més, la presència d'inestabilitat de vergències en l'ambliopia pot dificultar la visió binocular.

S'ha comprovat que l'anormalitat dels moviments sacàdics és major contra més severa sigui l'ambliopia i pitjor sigui l'estereopsis (Bucci et al., 1997; Niechwiej-Szwedo et al., 2012).

Els moviments sacàdics que realitzem quan llegim son els que ens permeten avançar i retrocedir al llarg del text. Un increment de temps durant la fixació o uns sacàdics anormals poden provocar una lectura més lenta que, alhora, pot implicar una alteració en el procés d'aprenentatge.

Recents treballs han estudiat la velocitat lectora de l'ull no ambliop en pacients ambliops i no ambliops. S'ha verificat que existeix una disminució en la velocitat lectora tant en pacients amb ambliopia estràbica com anisomètrica. Això va associat amb un increment anormal en el nombre de sacàdics que es realitzen durant la lectura.

En vista d'aquests resultats, s'ha descobert que els dos ulls en un pacient amb ambliopia, sigui unilateral o bilateral, presenten dèficits que afecten les habilitats viso-motors i viso-cognitives.

2.3.7 Binocularitat

La binocularitat es pot dividir en dos components:

- **Component motor**: els ulls han d'estar alineats i focalitzant el mateix estímul visual. S'han de moure sincronitzadament i fixar el mateix objecte que es vol visualitzar.
- **Component sensorial**: els dos estímuls visuals han de ser combinats, sintetitzats i integrats en una percepció única. Això es produeix sempre que s'estimulin àrees retinals corresponents.

Per tant, per a que hi hagi visió binocular, és imprescindible l'existència de tres habilitats visuals: visió simultània, fusió i estereopsis.

La presència o absència de visió binocular és el que impulsa el patró de dèficits visual i no la presència o no d'estrabisme ja que, segons Levi i companys (2011), en l'ambliopia anisomètrica, on els ulls estan correctament alineats, també s'aprecia una disfunció binocular.

Els problemes de la visió binocular poden ocasionar en pacients amb ambliopia dificultats i inseguretats en la realització d'alguns esports, problemes per a calcular distàncies (baixar escales, conduir, etc) dificultats per a comprendre la lectura, reducció de la capacitat d'atenció, entre d'altres.

2.3.8 Habilitats viso-perceptives i viso-motors

La visió és un procés neurològic complex que integra totes les habilitats visuals que ens permeten identificar, interpretar i comprendre els estímuls que ens arriben a la retina.

Per una banda, es troben les habilitats relacionades amb la **percepció visual** les quals es poden dividir en els següents apartats:

- **Atenció visual:** capacitat de realitzar una activitat de forma contínua, sense interferències externes.
- **Processament de la informació visual:** conjunt d'habilitats que ens permeten discriminar, visualitzar, i guardar en la nostra memòria les imatges que percep el nostre sistema visual.
- **Visió perifèrica:** ens permet ser conscients del que està passant al nostre voltant mentre estem realitzant una activitat específica.

Per altre banda, es troben les habilitats relacionades amb la **integració sensorial**, les quals també es divideixen en diversos blocs:

- **Integració visuoespacial:** ens permet tenir consciència de la direccionalitat en l'espai i de la bilateralitat del nostre propi cos.
- **Integració motora:** Permet integrar les habilitats visuals i perceptives amb el control postural i aconseguir un bon control del moviment motor.

- **Integració auditiva** : permet relacionar el que escoltem amb el que veiem.

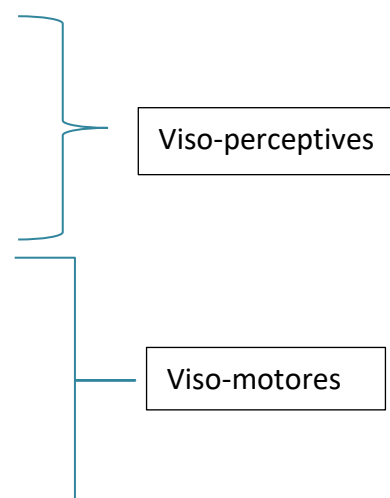
Varis estudis han comprovat que pacients amb ambliopies estràbiques presenten unes habilitats no verbals disminuïdes i, conseqüentment, desenvolupen adaptacions corticals per a compensar aquests desordres visuals (Ibrahimi et al., 2020). L'equip de Ibrahimi, enfocat en avaluar les habilitats viso-perceptives i motores en pacients amb ambliopia estràbica mitjançant TVPS i VMI tests³, van trobar que tant la direcció del estrabisme com si aquest era unilateral o bilateral, tenien una repercussió directe en les habilitats motores.

Basant-se en un enfocament neuropsicològic, està demostrat que unes condicions visuals no òptimes s'associen a unes habilitats d'atenció visual i visuoespacials disminuïdes sobretot en nens entre 4 i 7 anys d'edat.

En un altre estudi portat a terme per Birch i companys (2018), es va voler determinar si l'ambliopia estava associada amb una realització anormal o reduïda en la lectura i en la realització de tasques ull- mà. Com a resultat, es van trobar en què els pacients (infants) amb ambliopia presentaven una velocitat lectora més lenta i unes pitjors habilitats motores, repercutint, així, en la seva vida quotidiana.

Quan existeixen problemes en les habilitats viso-perceptives o viso-motores els nens solen presentar certes dificultats, com poden ser les següents:

- Dificultats en la memòria visual
- Problemes de comprensió lectora
- Confondre paraules que comencen i acaben igual
- No reconeixen una mateixa paraula repetida en una pàgina.
- Confonen lletres semblants
- Negació per a fer tasques, no vol escriure ni llegir
- Carència de coordinació i equilibri
- Dificultats per a seguir el ritme
- Dificultats per copiar
- Dificultats per escriure en línia recta



³ VMI (integració viso-motora de Beer) valora la integració de la capacitat de processament de la informació visual amb la motricitat fina. TVPS (Test of visual-perception skills) mesura la discriminació, les relacions espacials, la constància de la forma, la figura-fons, el tancament visual, la memòria visual, la memòria seqüencial.

3. TRACTAMENT DE L'AMBLIPIA

3.1. Principals àrees

L'ambliopia és una disfunció tractada principalment pels especialistes de la salut visual formada per optometristes i oftalmòlegs.

El paper fonamental de l'oftalmòleg es basa essencialment en detectar qualsevol afectació patològica que estigui interferint en la visió d'un o els dos ulls. Per altre banda, en presència de desviacions constants de gran magnitud que persisteixen tot i havent portat correcció òptica o oclusió, és convenient en molts casos la intervenció quirúrgica per tal d'evitar una ambliopia i restaurar, en lo possible, la visió binocular en infants. Per altre banda, en pacients adults, la intervenció quirúrgica estaria indicada en estrabismes que provoquen diplopia, torticollis, fatiga visual o per un defecte cosmètic i/o impacte psicològic en la qualitat de la vida del pacient. Un 20-30% del casos pot requerir més d'una intervenció al llarg de la vida del pacient (Jorge et al., 2017).

Quan no existeix cap causa orgànica, optometristes i oftalmòlegs treballen conjuntament per a la detecció i intervenció de la ambliopia.

Dins el sector de l'optometria, existeixen diferents disciplines que es poden classificar en els següents blocs:

- **Optometria clàssica**

S'encarrega principalment de la valoració de l'agudesa visual, l'error refractiu i la salut visual.

- **Optometria funcional**

Va una mica més enllà i s'encarrega d'observar i analitzar l'eficàcia del sistema visual, valorant així la binocularitat, l'acomodació i la motilitat ocular. El professional s'encarrega de prevenir, detectar i resoldre problemes visual amb la finalitat d'aconseguir millorar l'eficàcia i el rendiment del sistema visual. Aquestes dificultats poden anar acompanyades o no de problemes d'aprenentatge. De fet, aquest aspecte es pot començar a tractar mitjançant un programa d'entrenament visual.

L'eficàcia visual fa referència a les habilitats que ens permeten rendir adequadament sense que aparegui la fatiga ocular. Això depèn principalment de les capacitats d'acomodació, de la visió binocular i de la motilitat ocular del sistema visual. És per això que cal tractar-les curosament.

- **Optometria comportamental**

És la més complexa, s'encarrega d'estudiar el sistema visual des d'un punt de vista neurocientífic. Avalua la visió i les habilitats visuals, a més de tot el que està implicat en aquest procés a nivell cerebral, amb la finalitat d'aconseguir un bon processament de la informació.

3.2. Opcions de tractament

Tot seguit, s'exposaran les diferents opcions que existeixen per a tractar l'ambliopia.

3.2.1. Tractament òptic

El tractament òptic es refereix a la millora de l'agudesia visual durant un període de correcció òptica.

La correcció òptica com a primer tractament està considerada la millor opció per a començar a tractar pacients ambliops anisomètrics, estràbics o isometròpics amb ametropies elevades. En tots els casos s'ha comprovat que l'ús de la correcció pot millorar significativament la visió, en tant bon punt que en ocasions no és necessari recórrer a cap altre tractament.

Això, però, no sempre ha estat d'aquesta manera. Fins al 2002, la primera opció per a tractar l'ambliopia unilateral havia estat el tractament oclusiu en l'ull no ambliop (Moseley et al, 2009).

La millora de l'agudesia visual amb la correcció òptica no acostuma a ser instantània en casos amb presència d'ambliopia, sinó que es necessiten unes setmanes o inclús mesos per a que s'observi una millora.

El període idoni de tractament per a que l'agudesia visual millori es un tema controvertit en el qual els estudis han arribat a diferents conclusions. Alguns han argumentat que el temps màxim

per a que la correcció òptica tingui efecte son aproximadament 4 mesos (Chen et al, 2007 ; Piomelli Daniele, 2013). Aquest últim estudi portat a terme per Piomelli va determinar que el 90% dels pacients, en la divuitena setmana de revisió havien assolit la màxima millora de l'agudes visual en l'ull ambliop. Hi ha inclús evidències que han reportat que la màxima millora de la visió es realitza abans dels 3 mesos. No obstant, en molts casos s'ha comprovat que l'agudes visual continua millorant (lleugerament) fins i tot al cap de sis o set mesos (Moseley et al, 2002 ; Cotter et al, 2007).

Com es contempla, existeixen certes discrepàncies entre estudis sobre quin és el temps mínim i màxim per a que la correcció òptica assoleixi el seu màxim efecte. Serà, doncs, crucial un bon control i seguiment clínic. Les evidències suggereixen que tots els infants amb sospita de ametropia elevada i/o estrabisme se'ls hi hauria de dur a terme una refracció sota cicloplegia i, posteriorment, prescriure el defecte refractiu trobat el més aviat possible.

El més usual és revisar l'infant al cap de 6-8 setmanes, després d'haver donat la correcció per tal de portar un bon control i seguiment del infant. S'avalua l'agudes visual i l'alineació ocular, juntament amb la estereopsis. Aquesta monitorització hauria de continuar fins a un mínim de 14 setmanes. En molts casos, però, és preferent que es continuï revisant fins que no s'observin millores.

El seguiment de l'agudes visual i l'estereopsis ha de ser el més precís possible. Per aquesta raó, cal una instrumentació eficient i detallada per a poder així quantificar acuradament el dèficit i detectar un canvi fiable entre visites. S'utilitzen normalment tests logMAR per a mesurar l'agudes visual. El test d'escala logarítmica pretén estandarditzar la mesura de l'agudes visual mitjançant una progressió logarítmica: una proporció constant entre cada nivell de lletres (progressió de 0,1 unitats logarítmiques), mateix nombre de lletres en cada nivell i un espai entre les lletres i línies proporcional a la mida de la lletra i igual mitjana de llegibilitat en els optotips de cada línia.

És important considerar aquest període com a fase independent i prèvia a altres tipus de tractament que es puguin aplicar posteriorment. Si es comença directament amb dos tractaments simultanis (considerant el tractament òptic i oclusiu) no es sabrà si la millora de la visió ha estat per una opció o l'altre.

Hi ha varis punts importants que cal destacar davant l'efectivitat del tractament òptic:

- Està comprovat que l'efectivitat del tractament òptic és més alta en infants i decreix sistemàticament amb l'edat. El fet que els pacients en edats primerenques millorin més fàcilment amb l'ús de la correcció té relació amb el període crític per al desenvolupament de la ambliopia i la major plasticitat neuronal en la infància que en l'edat adulta. Tot i haver evidències científiques que l'ambliopia pot ser tractada i improvisada després de la infància en edats avançades, en general els resultats acostumen a ser més favorables si es tracta el més aviat possible (Asper et al., 2018).
- S'ha vist, també, que contra més bona sigui l'aguda visual de la qual es parteix, més favorables són els resultats. Això significa que quan l'ambliopia és més moderada, la millora de la visió és sovint més extensa que en ambliopies severes. Aquest fet es podria especular en què les agudeses visuals més afectades en les ambliopies severes estan més arrelades que les pèrdues d'agudesa visual moderades i, per tant, son menys aptes per a tractar.
- S'ha de tenir en compte que els pacients que ja s'han sotmès prèviament a algun tractament, el qual acostuma a ser l'occlusiu, la millora de la visió serà més difícil. Això es deu a que es crea una ambliopia més profunda i resistent al tractament. No obstant, el "fracàs" amb un tractament previ no hauria de suposar la suspensió de la correcció òptica adequada per a millorar l'agudesa visual en ambliopies.
- Varis estudis han conclòs que no existeixen diferències significants en la millora amb el tractament òptic entre les diferents etiologies d'ambliopia (Asper et al., 2018; Maconachie & Gottlob, 2015). És sorprenent com en ambliopies estràbiques, l'agudesa visual pot millorar significativament amb tant sols el tractament òptic. Segons un estudi portat a terme per Piomelli Daniele (2013) es va veure que les millores d'agudesa visual eren similars en tot els pacients de l'estudi, tot hi existir un angle de desviació: tant els pacients amb estrabismes majors a 8 diòptries prismàtiques, com pacients amb estrabismes residuals després de completar 18 setmanes de tractament com aquells que la desviació s'havia convertit finalment en microtropia. No es va trobar, doncs, cap associació entre el grau de desviament i la millora de la visió durant les recurrents visites.

Incertament, no es coneix per què l'agudesia visual pot millorar tot i haver una desviació i, per tant, una absència de fixació en aquest ull ambliop. Aquest mateix estudi va plantejar dues hipòtesis en les quals s'especulava que la millora de l'agudesia visual podria estar associada amb una millora de l'alineació ocular (particularment a ortotropia o microtropia) o, alternativament, es podria associar amb una millora en la claredat de la imatge retinal, tot i haver encara un estrabisme persistent.

En termes de règims de prescripció, es tindran en compte certes consideracions a l'hora de prescriure una ametropia que calgui ser compensada:

- Edat del pacient
- Gravetat de l'alteració retiniana
- Duració de l'alteració de la visió
- Etiologia de l'ambliopia
- Quantitat d'ametropia (sota cicloplegia)

A continuació, es comentaran els criteris generals de prescripció que existeixen depenent el tipus d'ambliopia.

- **Ambliopia anisomètrica**

Per lo general, el potencial ambliogènic en presència de anisometropies és més elevat que en isometropies.

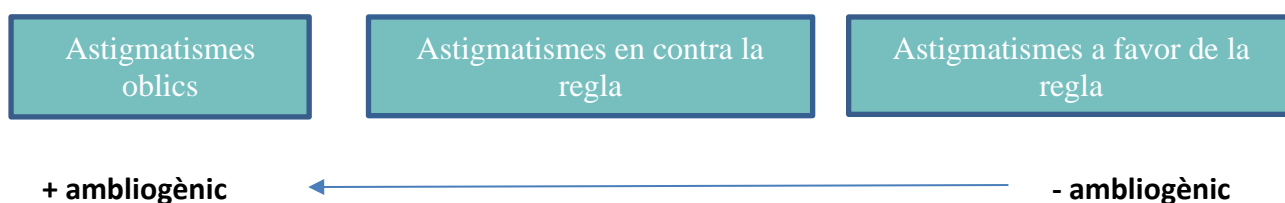
POTENCIAL AMBLOGÈNIC	
Isometropies	<ul style="list-style-type: none"> • Hipermetropia > 5.00D • Miopia > 8.00D • Astigmatisme >2.50 D
Anisometropies	<ul style="list-style-type: none"> • Hipermetropia > 1.00D • Miopia > 3.00D • Astigmatisme >1.50D

Taula 2.1 Potencial ambliogènic segons l'AAO (1994)

Quan es tracta d'anisometropies amb existència d'ambliopia, és imprescindible la correcció total de l'anisometropia sota cicloplegia. En casos en què no hi ha ambliopia, es pot considerar prescriure 1.00D menys de la diferència total entre ambdós ulls.

- **Ambliopia isomètrica astigmàtica**

Els astigmatismes tenen diferents riscos ambliogènics segons la magnitud i orientació del seu eix. A grans trets, els astigmatismes oblics són més ambliogènics que els astigmatismes en contra la regla i aquests, alhora, són més ambliogènics que els astigmatismes a favor de la regla.



En general, els astigmatismes majors de 2.50D son causa d'ambliopia isomètrica durant els primers anys d'edat (Wutthiphan, 2005).

En nens entre els 3 i 5 anys d'edat amb astigmatismes elevats, l'ús de correcció proporciona una millora significativa de la visió.

Atkinson (Figuroa, 2004) va mostrar que la correcció parcial d'astigmatismes amb un meridià hipermetròpic \geq a 3.50D disminuïa la incidència d'estrabismes i permetia el desenvolupament de l'agudesesa visual.

S'acostuma a donar correcció òptica en cilindres majors o iguals a 2.00D en nens menors a 2 anys i cilindres majors a 1.00D en nens majors a 2 anys (Miller et al., 2000; Bonnet et al., 1997).

Per altra banda, David Plotsky (Hertle, 2002) suggereix donar la correcció total de l'astigmatisme en casos en els que ja existeixi ambliopia, en cilindres majors a 2.00D en nens preverbals i astigmatismes anisomètrics majors de 2.00D encara que no hi hagi simptomatologia o ambliopia associada.

- **Ambliopia isomètrica hipermetròpica**

En hipermetropies molt elevades (6.00D o més) hi ha un gran risc de que es produeixi una ambliopia bilateral.

En moltes ocasions, si no existeix ambliopia, es tendeix a parcialitzar la refracció. La hipocorrecció dependrà de l'edat del pacient i el valor de l'ametropia total sota cicloplegia. Segons l'Associació Australiana d'optometristes en hipermetropies \geq a 3.50D en pacients de més d'un any i hipermetropies \geq a +2.50 D en pacients de 4 o més anys es tendeix a parcialitzar la correcció en aproximadament 1.00D a 1.50D . Aquesta hipocorrecció no es fa degut a l'emotropització principalment, sinó perquè el pacient no necessita la correcció completa per a un bon funcionament visual. Per altre banda en pacients en edat escolar, quan hi ha hipermetropies \geq a 1.50 D és aconsellable prescriure la hipermetropia sencera degut a les demandes visuals en visió propera (Leat, 2011).

En resum, existeixen guies per a que els professionals de la salut visual puguin tenir com a referència a l'hora de prescriure en infants. L'acadèmia americana d'Oftalmologia ofereix pautes de prescripció establertes a partir d'enquestes a professionals de la salut visual basades en la seva experiència professional.

Condicció		Refracció		
Edat		0 -1 anys	1 -2 anys	2- 3 anys
Isometropies	Hp (no tropia)	≥ 6.00	≥ 5.00	≥ 4.50
	HP (amb ET)	≥ 2.00	≥ 2.00	≥ 1.50
	Astigmatisme	≥ 3.00	≥ 2.50	≥ 2.00
	Mp	≥ 4.00	≥ 4.00	≥ 3.00
Anisometropia	Hp	≥ 2.50	≥ 2.00	≥ 1.50
	Astigmatisme	≥ 2.50	≥ 2.00	≥ 2.00
	Mp	≥ -2.50	≥ 2.50	≥ 2.00

Taula 3.2 Criteris de prescripció segons l'AAO

- **Ambliopia Estràbica**

És la conseqüència d'una alteració en el desenvolupament visual, secundari a un estrabisme unilateral constant, present durant el període de immaduresa visual, sent el període més fràgil entre els 9 mesos i els 2 anys.

Un estudi portat a terme per Ingram i companys (1991), van demostrar que existeix una associació entre la falta d'emotropització i la presència d'estrabisme. El que no està clar és si l'estrabisme interfereix amb l'emotropització o, pel contrari, si aquests infants que no emetropitzen i, conseqüentment mantenen hipermetropies elevades, són més propensos a desenvolupar estrabisme.

Les esotropies predominen sobre les exotropies ja que aquestes últimes s'expressen més de manera intermitent. Normalment s'acaben produint ambliopies moderades o severes.

Esotropia primària	Intermitent	No ambliopia
	Alternant	No ambliopia
	Unilateral constant (comú)	Ambliopia
Exotropia primària	Intermitent	No ambliopia
	Alternant	No ambliopia
	Unilateral constant (poc comú)	Ambliopia

Taula 3.3 Risc d'ambliopia segons el tipus d'estrabisme (Ciuffreda et al., 1990)

En ambliopies estràbiques, l'objectiu principals és aconseguir una bona agudesesa visual als dos ulls i assolir la millor alineació ocular possible per tal de poder desenvolupar visió binocular.

En ocasions, una desviació dels eixos visuals per una esotropia o exotropia (heterotropia) tant sols amb la prescripció de la correcció òptica por derivar a ortotropia. En l'estudi realitzat per Piomelli Daniele (2013), un 24% dels infants amb heterotropia en visió llunyana i un 13% amb heterotropia en visió propera van aconseguir un alineament total dels eixos visuals en el mateix moment de posar la ullera. Per altre banda, un 45% dels pacients amb heterotropia en visió

llunyana i un 21% dels pacients amb heterotropia en visió propera també van aconseguir ortotropia al cap de 18 setmanes de portar la correcció òptica.

No obstant, en ocasions, és necessària la intervenció quirúrgica per aconseguir un correcte alineament dels eixos visuals.

Com a conclusió d'aquest apartat del tractament oclusiu, en casos on ja hi sigui present una disminució de l'agudesesa visual, serà necessari prescriure tota la prescripció trobada en la cicloplegia per tal de que l'ull ambliop sigui estimulat i l'agudesesa visual no declini més. En els altres casos, com s'ha observat, es podrà parcialitzar la refracció. S'ha de tenir en compte que no tots els nens s'emetropitzen. Normalment si existeix un grau elevat de refracció és molt probable que el sistema visual no arribi a l'emetropitziació. Actualment no hi ha cap manera per predir amb certesa si un nen que presenta una anisometropia o isometropia elevada serà transcendent o romandrà fins a l'adulthood (amb el conseqüent risc de provocar ambliopia). Per tant, els únics mètodes que hi ha per a valorar un cas que sigui propens a patir ambliopia en un futur són:

1. Monitoritzar el pacient en un període constant al voltant dels 4 a 6 mesos.
2. Avaluar amb detall l'agudesesa visual amb els tests adequats.
3. Ser conscients de les guies orientatives de prescripció que existeixen juntament amb un criteri crític d'experiència personal.
4. Tenir en compte que quan l'agudesesa visual és deficient, el procés d'emetropitziació serà menys probable que progressi amb normalitat.

3.2.2. Tractament oclusiu

Podem classificar l'oclusió en dues rames diferents: l'oclusió passiva i activa. A continuació, es comentaran les diferències de cada opció de tractament.

Oclusió passiva

El tractament oclusiu passiu es basa en l'estimulació foveal o macular a través de l'oclusió del ull dominant millorant, així, l'agudeses visual de l'ull ambliop. Aquest tractament ha estat al capdavant per molts anys, en la qual un gran nombre d'estudis han comprovat la seva eficàcia en la millora de l'agudeses visual.

Existeixen dues variants en el tractament oclusiu: l'oclusió parcial o penalització i l'oclusió directa.

- **Oclusió Parcial o Penalització**

El tractament mitjançant l'oclusió parcial o penalització no tracta d'ocloure l'ull dominant per complet, sinó que disminueix la visió d'aquest mitjançant l'ús de filtres translúcids de diferents densitats.

Els més coneguts són els filtres de Bangerter. Aquests s'adhereixen a la lent de la ullera de l'ull dominant degradant, així, l'agudeses visual d'aquest ull en uns nivells predictius permetent uns rangs de visions d'entre 20/20 fins a $< 20/200$. L'etiqueta del filtre indica el nivell d'agudeses visual en forma decimal assolible quan es col·loca davant un ull amb visió normal. Per exemple, un filtre de densitat 0.4 està dissenyat per a degradar l'agudeses visual d'un ull sa en aquest mateix valor (20/50 en equivalent Snellen). La densitat del filtre també es pot seleccionar experimentalment mitjançant l'ús d'una barra d'alumini Bangerter en la qual es va augmentant la densitat del filtre fins que el pacient canvia l'ull fixador. Així doncs, una densitat 0,1 correspondria a la densitat més elevada permetent el pas de la llum juntament amb una percepció tènue dels contorns mentre que una densitat 1.0 correspondria a una transmissibilitat del 100%. No obstant, s'ha analitzat en diversos estudis que no tots els filtres assoleixen els valors establerts de degradació i, per contra, arriben a valors més baixos de degradació (Chen et al., 2015; Lunghi et al., 2016).



Il·lustració 3.1 Exemple de diferents densitats de filtres Bangerter: des de densitats més tènues (1.0) fins a densitats elevades (0.1)

S'ha comprovat que els filtres de Bangerter són útils en ambliopies lleus o moderades tant com a primera opció o com a opció alternativa en casos en què l'ambliopia amb oclusió directa (pedaç ocular) ja no ha donat més beneficis (Iacobucci et al., 2017). També es poden aplicar a pacients que pateixen diplopies. No es recomana aquest tipus de penalització en casos d'ambliopia severa a causa de l'elevada possibilitat d'un mal compliment, atès que la reducció de l'agudeses visual induïda hauria de ser tan important que el pacient no acceptaria la seva ocupació, rebutjant l'ús de la correcció òptica amb el filtre.

En un estudi portat a terme per Laria Ochaíta i Piñero (2013) es va observar una millora progressiva en l'agudeses visual amb correcció de l'ull ambliop estràbic tractat amb filtres de Bangerter durant els 12 mesos de seguiment, en les quals no es va acabar observant diferències significatives de visió entre l'ull ambliop i no ambliop al final del estudi. A més a més l'agudeses visual de l'ull no ambliop va romandre estable i, inclús, es va apreciar una petita millora als 9 mesos. Això confirma que els filtres Bangerter redueixen el risc de patir una ambliopia invertida en l'ull sa (ambliopia oclusiva), com pot passar en una oclusió directa. Un factor possiblement implicat en aquesta millora del ull no ambliop podria ser el desenvolupament normal de l'agudeses visual en infants (emetropització), el qual no es veu interromput per l'aplicació dels filtres translúcids. L'impacte del tractament amb filtres Bangerter d'aquest estudi ha estat molt similar amb altres estudis realitzats amb ambliopies anisomètriques (Laria et al.,2011; Rutstein et al.,2010).

Per altre banda, el grup de recerca *PEDIG* (*Pediatric Eye Disease Investigator Group*) va portar a terme un assaig aleatori comparatiu entre els filtres Bangerter i l'oclusió directa en pacients amb ambliopia moderada. Els resultats entre ambdós mètodes van ser molt similars, amb una diferència mitjana de millora d'agudeses visual de menys de mitja línia entre els dos estudis (Floden, A, Combs, 2012).

Els beneficis de portar a terme una oclusió translúcida es basen en la possibilitat de mantenir fusió durant el tractament i un millor compliment ja que l'oclusió es realitza sobre l'ullera i no sobre la pell del pacient eliminant, alhora, qualsevol possible reacció al·lèrgica que es pogués donar. A més a més, proporciona una major acceptació per l'infant i pares ja que és un tractament que passa més desapercbut i, per tant, redueix possibles conflictes psicosocials. Per altre banda, el punt feble d'aquesta opció es basa en què les ulleres s'han de portar sempre correctament ja que si la fixació d'aquest ull es produeix fora de la ullera es veuria afectat l'èxit del tractament .

- **Oclusió directa**

L'oclusió directa ha estat i segueix sent el tractament més comú davant l'ambliopia. Es basa en anteposar un pedaç ocular totalment opac sobre l'ull dominant, amb major agudeses visual, obligant a fixar a l'ull ambliop. Aquesta oclusió pot ser permanent o intermitent. En la primera opció l'ull no ambliop està oclòs les 8 hores del dia mentre que l'oclusió directa intermitent o parcial, l'ull dominant està oclòs un determinat número d'hores al dia, depenent la severitat de l'ambliopia. Existeixen, però, diverses opinions entre els professionals sobre quina és la durada adequada del tractament oclusiu perquè faci el seu màxim efecte.

Varis autors opinen que el tractament mitjançant l'oclusió permanent pot tenir resultats molt positius, sempre i quan es faci una bona monitorització (Hug.,2004). No obstant, els partidaris de l'oclusió intermitent insisteixen amb què menys hores d'oclusió no implica menys efectivitat en el tractament (Arikan et al., 2005). A més a més, aquest últim mètode es suporta amb què l'oclusió permanent té més risc de què es desenvolupi una ambliopia en l'ull contrari (ambliopia oclusiva). Un estudi on van participar 597 ambliops se'ls va tractar amb oclusió permanent . Els resultats van demostrar que 115 (19.3%) van ser diagnosticats amb "ambliopia oclusiva"

(Susannah et al.,2012). En un altre estudi similar, la incidència de patir una ambliopia oclusiva va ser del 25.8 % (William et al, 2005). No obstant, l'aparició d'aquesta ambliopia oclusiva acostuma a ser reversible. Altrament, en aquests estudis s'ha observat que després de la cessació del tractament, la diferència final interocular en l'agudesesa visual d'aquests pacients que havien patit una ambliopia oclusiva era més semblant suggerint, així, que l'oclusió permanent proporcionava un millor potencial visual en l'ull inicialment ambliop.

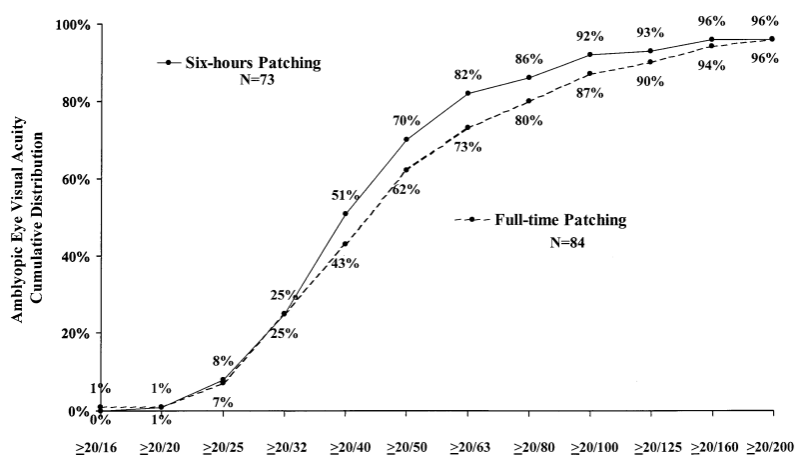
Un assaig aleatoritzat liderat per *PEDIG* va voler comparar l'impacte que es produïa en prescriure oclusió permanent o oclusió intermitent de 6 hores diàries en pacients amb ambliopies severes (màxima AV ull ambliop entre 20/100 i 20/400) menors de 7 anys durant un període de 4 mesos de tractament (Beck, 2003). Els dos tractaments havien de ser combinats amb la realització d'almenys 1 hora d'activitat en visió propera. Com a conclusió es van trobar que l'ambliopia va millorar significativament amb els dos règims de prescripció oclusiu, per lo que es tradueix amb que més hores d'oclusió no responien amb una millora en l'AV de l'ull ambliop. En concret, es va veure una millora mitjana de 4.8 línies en el grup de 6h d'oclusió i 4.7 línies en el grup d'oclusió permanent.

Els autors d'aquest estudi van plantejar dues possibilitats que podrien explicar per què el grup d'oclusió de 6 hores diàries havia estat igual d'eficaç que l'oclusió total. Per un costat van expressar la possibilitat que durant l'oclusió permanent el pacient no s'estigués realment totes les hores del dia amb el pedaç ocular posat, sinó que l'haguessin portat menys hores, fet que igualaria gairebé les hores de durada dels dos grups. Per altre banda, es va suggerir que podria haver-hi un valor màxim assolible de resposta durant l'oclusió. Observant els resultats, aquest valor màxim de millora hauria d'estar en sis o menys hores d'oclusió diàries .Es va especular, doncs, que la recuperació de l'ambliopia pot estar limitada en un nivell bioquímic o biofísic en la via oculocortical.

Certs matisos interessants que es van extreure de l'experiment van ser que els pacients més joves (< a 5 anys) van demostrar, lleugerament, tenir un millor èxit en el tractament que el pacients compresos entre 5 i 7 anys. Aquest fet dona a suggerir que pacients més grans responen pitjor al tractament. Per altre banda, es va observar que els infants amb ambliopies més profundes (AV entre 20/200 i 20/400) van experimentar un major increment en l'AV que

els pacients amb ambliopies menys profundes (AV entre 20/100 i 20/160). No obstant, en la revisió final, al cap de 4 mesos l'AV va resultar ser pitjor en aquells pacients que van començar amb una pitjor agudesa visual. Aquests resultats, però, probablement canviarien si el tractament hagués durat més mesos i l'AV final possiblement seria similar tant en els pacients amb pitjor o millor AV presentada inicialment.

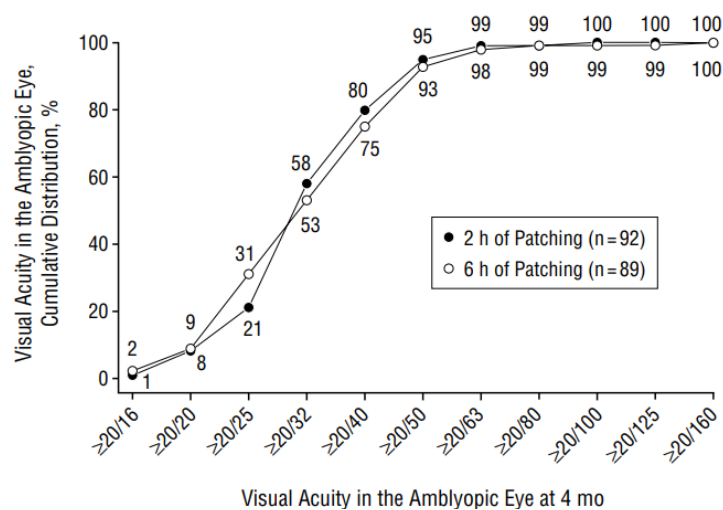
El tractament oclusiu per l'ambliopia severa mostra resultats positius en la millora de l'AV de l'ull ambliop. Tot i així, s'ha de tenir en compte que molts pocs casos arriben a assolir el 100% de visió en l'ull ambliop. En aquest estudi tractat, un 25% de cada grup van arribar a superar una AV major a 20/32 logMAR. Finalment, tant sols un 1% de cada grup de règim de prescripció van assolir una visió de 20/20 logMAR (gràfica 3.1).



Gràfica 3.1 Distribució acumulativa de les agudeses visuals dels ulls ambliops severes a l'examen final de 4 mesos entre el grup d'oclusió permanent i grup de 6 h d'oclusió (Beck, 2003)

Aquest mateix grup de recerca (PEDIG) va dissenyar un altre assaig clínic de les mateixes característiques però en pacients amb ambliopies moderades (AV ull ambliop entre 20/40 i 20/80) comparant un règim de tractament de 2 o 6 h d'oclusió en infants menors de 7 anys, juntament amb la realització d'almenys 1 hora de treball en visió propera (Simon, 2004). Al tractar-se del mateix grup de recerca, els criteris d'elecció i exclusió van ser iguals per lo que el posterior estudi i comparació entre ambdós estudis ho fa més solvent. Els resultats van mostrar que 2 hores d'oclusió diària resultava ser igual d'efectiu que 6 hores d'oclusió en ambliopies moderades. Una durada més curta podria resultar en una implementació de la

teràpia oclusiva més fàcil, juntament amb una monitorització dels pares més eficaç. Com a resultat d'aquest experiment es va donar que la mitjana de millora de l'AV pels dos grups va ser de 2.4 línies. Alhora, un 62% dels pacients del dos grups van millorar 3 o més línies. En la gràfica 3.1 s'observa com un 58% de pacients del grup de 2h d'oclusió i un 53 % del grup de 6 d'oclusió, els ulls ambliops van assolir una AV igual o major a 20/30 i un 8% i 9% respectivament van arribar a recuperar el 100% de visió.



Gràfica 3.2 Distribució acumulativa de les agudeses visuals dels ulls ambliops moderats a l'examen final de 4 mesos entre el grup de 6 h d'oclusió i el grup de 2 h d'oclusió (Simon, 2004)

Com s'ha comentat anteriorment, gràcies a la realització d'aquests dos assaigs aleatoritzats amb les mateixes característiques i criteris es van poder extreure un seguit de comparacions i anàlisis entre ambdós estudis:

**Assaig 1: Oclusió permanent vs oclusió 6 h/dia*

**Assaig 2: Oclusió 6h/dia vs oclusió 2h/dia*

- En l'assaig 1 es va observar que en el grup d'oclusió permanent, després dels 4 mesos de tractament, en un 11% dels pacients l'ull no ambliop havia empitjorat 2 o més línies comparat amb un 4% del grup de pacients de 6 h d'oclusió. Aquesta diferència no es va observar en l'assaig dos, en la qual un 7% del grup de 2h d'oclusió i un 9% del grup de

6h l'ull no ambliop va empitjorar 2 o més línies. Per tant, es va comprovar que contra més hores d'oclusió diàries, més probabilitats hi ha que en l'ull sa es produeixi una disminució de la visió. No obstant, com s'ha explicat prèviament, aquesta pèrdua d'agudesa visual acostuma a ser reversible. En els dos estudis es va observar que en controls posteriors al tractament, passats els 4 mesos, la majoria d'aquests pacients havien recuperat la visió normal del ull no ambliop. Tant sols en l'assaig 1, un pacient del grup d'oclusió permanent va mantenir una línia menys d'AV (20/25).

- En termes d'alineament ocular, es va observar que en els dos assaigs un grup molt petit de pacients van notar l'aparició d'una exotropia intermitent o un petit angle d'estrabisme. Tot i així, no s'aprecia cap diferència significativa entre l'aparició d'un desalineament ocular i un número major d'hores d'oclusió.
- Es va comprovar que en cap dels dos assaigs la millora de l'agudesa visual depengués de la etiologia de l'ambliopia (estràbica, anisometròpica o isometròpica).
- L'agudesa visual aconseguida en l'ull ambliop en els dos estudis no ha de ser considerada com la màxima visió que es pot assolir. No obstant els autors d'aquests assaigs consideren que 4 mesos representen la màxima llargada de temps que els diferents tractaments oclusius poden ser prescrits abans de que un canvi de tractament sigui necessari. Aquesta modificació pot suposar variar el número d'hores d'oclusió o canviar directament de tractament.
- Al llarg del tractament dels dos estudis tots els pacients van haver de fer una tasca comuna: realitzar almenys una hora d'activitat en visió propera quan estiguessin amb l'ull oclòs. No se sap amb certesa si aquesta realització de treball en visió propera contribuïa a millorar l'agudesa visual de l'ull ambliop o si aquest augment es devia exclusivament a l'oclusió. Actualment no existeix cap estudi que hagi comparat l'oclusió i la realització de tasques en visió propera per separat.

En conclusió, gràcies a aquests experiments juntament amb altres estudis semblants (Irfani et al., 2018) s'ha vist que, en general, en ambliopies severes una oclusió permanent produeix el mateix efecte que una oclusió de 6 hores diàries mentre que en ambliopies moderades, 6 hores tenen el mateix efecte que 2 hores d'occlusió. Altres autors han recolzat aquestes conclusions. Tot i així, segueix havent un gran debat entre el número d'hores d'occlusió idonis entre els professionals.

S'ha de tenir en compte que l'occlusió millora només l'agudesa visual del ull ambliop. Se sap que l'ambliopia s'acompanya de grans dèficits de processament visual, espacial, perceptiu i motor per lo que amb tant sols el tractament oclusiu, en molts casos, no s'acaba de millorar la funció binocular.

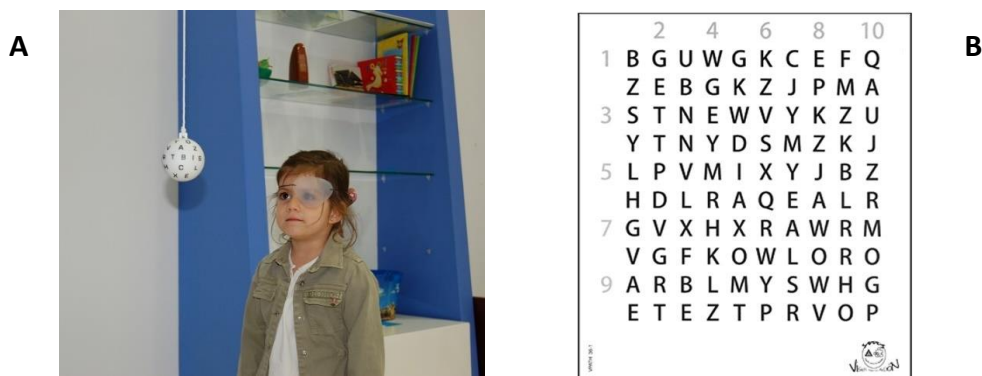
Oclusió activa

L'occlusió activa, sobretot en l'àmbit optomètric, s'ha ajudat de l'occlusió passiva amb la realització d'exercicis d'atenció visual. És un mètode treballat en la Teràpia visual clàssica, en el qual es pretén millorar l'agudesa visual de l'ull ambliop juntament amb altres funcions visuals com ara els moviments oculars y les vergències.

Els exercicis es porten a terme mitjançant l'occlusió del ull no ambliop amb la realització de tasques que requereixen una alta precisió, per així treballar les habilitats motores fines de l'ull ambliop. Alguns exemples d'aquests exercicis podrien ser:

- Filar una agulla en un fil
- Realitzar laberints, retallar, calcar i/o resseguir dibuixos
- Fer polseres
- Agafar pilotes al aire de diferents tamanys
- Llegir amb lents negatives ($> -4.00D$)
- Jocs de motricitat fina

- Exercicis de sacàdics i seguiments oculars: pilota de Marsden, Cartes de Hart, etc (il·lustració 3.1).



Il·lustració 3.2. Exemples d'oclusió activa. A Nena realitzant teràpia visual d'oclusió activa amb la pilota de Marsden ; (B) Carta de Hart utilitzada normalment per a fer exercicis de moviments oculars sacàdics de gran amplitud (<https://www.doctorsilva.es/index.php/tratamientos>)

L'oclusió activa és vigent i segueix realitzant-se en centres optomètrics especialitzats en Teràpia visual. No obstant, en certa manera aquest tractament ja s'ha realitzat des de fa molt temps amb la realització d'activitats en visió propera durant el temps d'oclusió de l'ull dominant (com s'ha vist en l'apartat anterior). Tot i així, aquest tipus de tractament no acostuma a estar monitoritzat per cap professional en comparació amb l'oclusió activa, per lo que tampoc es té en compte el tipus d'activitat i, conseqüentment, de demanda visual que implica realitzar l'exercici en concret.

Malgrat l'avanç que té aquest tractament respecte l'oclusió passiva, actualment es coneix que la teràpia visual binocular planteja un nou enfoc per al tractament de l'ambliopia, donant èmfasis en la binocularitat, la percepció simultània i la tridimensionalitat. Posteriorment es parlarà d'aquest tractament amb més profunditat.

3.2.3. Tractament farmacològic

El tractament farmacològic es basa en la penalització de l'ull no ambliop mitjançant la instal·lació de certs fàrmacs com poden ser l'atropina o la levodopa. Aquest mètode s'ha fet

servir com a tractament per l'ambliopia des de fa més d'un segle, però en el qual mai ha acostumat a ser la modalitat de tractament primari.

En aquest treball ens basarem principalment en l'estudi de l'atropina ja que és el fàrmac més utilitzat pels professionals a l'hora de tractar amb l'ambliopia i el que avarca més quantitat de bibliografia.

L'atropina és un fàrmac anticolinèrgic la funció de la qual es basa en produir una paràlisi total de l'acomodació gràcies a la relaxació de les fibres musculars de l'esfínter de l'iris. L'objectiu del tractament és provocar visió borrosa en l'ull dominant en visió propera per tal de forçar l'ull ambliop a fixar durant la realització de tasques en visió propera. Normalment, quan l'ull no dominant és hipermetrop, el efecte de penalització acostuma a ser major si es parcialitza la correcció d'aquest ull, és a dir, prescrivint menys del total de graduació hipermetròpica. Per altre banda, quan no s'observa progressió suficient en aquest ull ambliop, en molts casos, s'interposa una lent neutre (sense graduació) per tal de produir un major desdibuixament en l'ull no ambliop.

PEDIG ha realitzat diversos estudis relacionats amb el tractament de l'ambliopia mitjançant l'ús de l'atropina. Els tres que es comentaran a continuació han estat realitzats en pacients entre 3 i 7 anys amb ambliopies moderades. En l'estudi de Beck (2003), es va valorar com responia la instal·lació tòpica d'una gota d'atropina diària com a primer tractament durant un període de 6 mesos. Van trobar que un 75% dels infants van assolir unes agudeses visuals en l'ull ambliop $\geq 20/30$ o van millorar ≥ 3 línies. Per altre banda, un assaig clínic dut a terme per l'organització PEDIG va comparar el tractament d'atropina d'ús diari amb el tractament d'atropina en caps de setmana en ambliopies moderades (Pediatric et al., 2004). Després de quatre mesos, els resultats van mostrar millores molt similars d'agudeses visual (mitjana de 2.3 línies de millora en ambdós grups). Per tant, una reducció en la freqüència de tractament amb atropina podria ser una bona opció tant pels pares com pel pacient a l'hora de tractar una ambliopia moderada. Finalment, PEDIG va realitzar un altre assaig aleatoritzat comparant el tractament oclusiu amb el tractament farmacològic (Repka et al., 2014). Els règims de tractament de cada grup van ser per una banda una oclusió mínima de 6 hores diàries i per altre banda la instal·lació d'una gota d'atropina diària. Es van trobar que un 79% del grup oclusiu i un 74% del grup d'atropina van

arribar a valors de agudeses visual $\geq 20/30$ o van millorar ≥ 3 línies. Aquests resultats, com es pot comprovar, van resultar ser molt similars al de l'estudi d'oclusió permanent vs intermitent realitzat per Beck i companys (2004). Els dos tractaments, tant l'oclusiu com el farmacològic van ser ben tolerats i el compliment es va realitzar satisfactòriament. Es va trobar un nombre mínimament més gran de pacients en el grup de tractament amb atropina amb un empitjorament d'una línia d'AV en l'ull no ambliop en la revisió final. No obstant, degut a l'efecte cicloplègic de l'atropina, la qual pot durar fins 14 dies, els resultats en la revisió final podrien haver-se vist alterats. Els autors van donar aquests valors com a no concloents, per lo que no es pot afirmar que el tractament amb atropina produeixi una reducció en la visió del ull no ambliop.

Els tres estudis de PEDIG van mostrar compartir unes característiques comunes al final del tractament:

- No es va observar cap diferència en la millora de l'agudeses visual en referència amb la severitat de l'ambliopia. Pacients amb ambliopies de 20/100 van mostrar al final dels tractaments una millora semblant de visió que els pacients amb ambliopies menys profundes.
- L'atropina no té menys efecte en iris més foscos, com s'especulava pels autors. Es va comprovar, doncs, que la dosi d'atropina dels diferents estudis provocava una cicloplegia adequada en tots els pacients, independentment de la coloració de l'iris.
- Durant el tractament amb atropina, el canvi de fixació de l'ull ambliop en tasques de visió propera no era indispensable per a que es produís igualment una millora de l'agudeses visual en aquest. Davant aquests resultats, els autors van especular que molts d'aquests pacients que van millorar la visió de l'ull ambliop va ser degut a l'existència d'una fixació alternant, en la qual durant un cert període de temps el pacient treballava amb l'ull ambliop en una distància determinada.

Certs autors opinen que el tractament farmacològic és eficaç en ambliopies lleus o moderades ja que l'efecte de difuminació en l'ull no ambliop podria ser insuficient en ambliopies severes on l'agudeses visual del ull ambliop és inferior a 20/100. No obstant, dos estudis portats a terme per la PEDIG van avaluar l'efectivitat de tractament de l'ambliopia severa mitjançant l'ús

d'atropina els caps de setmana (Repka et al., 2009). Els resultats van mostrar unes millores consistents de l'agudesia visual demostrant, així, que el tractament farmacològic també podia ser apta per a ambliopies severes. No obstant, en la majoria dels casos va persistir una ambliopia residual.

3.2.4. Tractament Biocular i Binocular

Els tractament que s'han comentat fins ara estan basats en la premissa que l'ambliopia és un trastorn monocular, la qual ha de ser tractada eliminant el factor etiològic (borrositat o desalineament) i obligar a que l'ull ambliop sigui estimulat. No obstant, estudis recents han demostrat una clara relació entre la disfunció binocular i la gran quantitat de dèficits que envolten l'ambliopia incloent l'agudesia visual, la inestabilitat en la fixació, la supressió fusional i el risc de patir una ambliopia residual o recurrent.

Un punt de vista clàssic pot especular que la supressió habitual d'un ull elimina la diplopia o la confusió que resulta d'un estrabisme o anisometropia, per lo que es causa una reducció en el número de neurones conductores corticals binoculars excitatòries. Recents autors han argumentat que tot i no haver una interacció binocular normal quan existeix una ambliopia, pot arribar a ocórrer si el contrast de visió de l'ull no ambliop es redueix. Evidències fisiològiques suggereixen que senyals dèbils de l'ull ambliop poden contribuir a la visió binocular si es suprimeix l'ull no ambliop per atenuació, com podria ser reduint el contrast d'estímuls d'aquest ull (Mansouri et al., 2008).

La teràpia biocular, doncs, és un nou enfoc de tractament per l'ambliopia. Està basada en la realització d'exercicis dicòptics, els quals es fonamenten en la manipulació dels contrastos de les imatges que son percebudes per cada un dels ulls permeten una estimulació conjunta però de diferent intensitat en cada ull. Es pretén entrenar la visió d'ambdós ulls presentant una imatge amb un major contrast en l'ull ambliop i una imatge amb menor contrast en l'ull no ambliop. La clau d'aquest mètode està en què no es suprimeix l'ull fixador, sinó que es reforcen les connexions neuronals de l'ull ambliop promovent la visió binocular.

L'objectiu principal d'aquest treball dicòptic no es basa principalment en la millora de l'agudesia visual en l'ull ambliop (tot i que acaba sent un resultat secundari), sinó que es vol aconseguir

combinar les funcions de percepció simultània dels dos ulls per a la posterior binocularitat i estereopsis. L'estimulació simultània dels dos canals òptics activa els camps receptors corticals i assegura una formació permanent de imatges en condicions habituals per minimitzar el risc d'ambliopització. Per aconseguir-ho, s'utilitzen estímuls dicòptics complementaris de manera que la tasca visual només es pugui resoldre si es combina correctament la informació dels dos ulls. Per aconseguir això, el contrast de les senyals vistes per l'ull no ambliop es redueix en un punt en el que la combinació binocular sigui assolible. Amb el temps, aquest tractament enforteix i amplia el rang de contrast sobre el qual es pot produir fusió binocular fins que s'arriben a captar imatges del mateix contrast a cada ull (comparables a la visualització natural). Nombrosos assajos clínics, que es comentaran a continuació, han demostrat l'eficàcia del tractament biocular comparat amb l'occlusiu per tractar l'ambliopia

S'han desenvolupat varies tècniques de teràpia biocular que s'allunyen de la supressió i intenten que el tractament sigui més amè i acceptat pels pacients, sobretot quan es tracte d'infants. Aquesta teràpia dicòptica es pot dur a terme mentre el pacient està:

- Jugant amb dispositiu electrònics com poden ser ordinadors, tauletes electròniques o mòbils, utilitzant ulleres anaglífiques o polaritzades.
- Mirant pel·lícules amb ulleres amb filtre vermell en un ull i un filtre del mateix color recobrint la pantalla de la televisió. En aquest cas el filtre vermell estaria sobre l'ull no ambliop. També es podria recobrir mitja pantalla amb filtre vermell i mitja amb filtre blau per utilitzar ulleres anaglífiques.
- Realitzant jocs de realitat virtual mitjançant l'ús d'ulleres virtuals les quals proporcionen imatges diferents en cada ull i han de ser integrades per a poder realitzar adequadament els jocs.

Posteriorment, en l'etapa binocular l'objectiu principal consisteix en integrar l'ull ambliop amb l'ull dominant aconseguint així binocularitat, antisupressió i tridimensionalitat.

Estudis recents afirmen la importància de monitoritzar l'ambliopia durant la pràctica clínica no tenint en compte només l'agudesa visual, sinó també la estereopsis i el desequilibri binocular. L'estereopsis per si sola pot no ser suficient per a quantificar els efectes del tractament degut al alt percentatge de pacients amb una impossibilitat de mesurar aquest factor al inici del

tractament (estereocecs). És per això que quantificar el desequilibri binocular pot ajudar a portar un rigor més precís en la millora del pacient durant el tractament. Martín i companys (2020), han proposat mesurar el desequilibri binocular mitjançant ulleres de Realitat Virtual. La possibilitat de poder ajustar el contrast manualment per equilibrar la visió binocular obre la possibilitat de nous mètodes de seguiment i tractaments més innovadors per l'ambliopia, les quals comentarem més endavant.

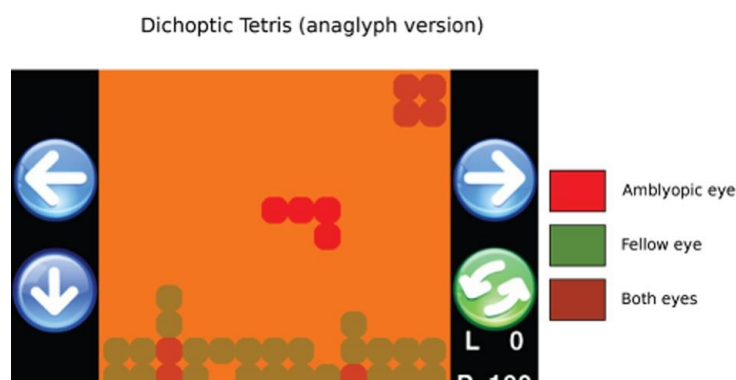
Varis autors han realitzat estudis enfocats en determinar l'efecte que provoca el tractament binocular en la teràpia d'ambliopia. Birch i companys (2015), van comparar la diferència entre dos grup: un va estar jugant durant 18 hores a un videojocs amb un iPad (tauleta electrònica) de manera dicòptica (amb ulleres anaglífiques), mentre que en l'altre grup (grup placebo) no es va induir cap efecte dicòptic durant la realització del joc. Un nombre de pacients de cada grup també va ser tractat amb oclusió durant un cert temps al dia. Els resultats van mostrar que els pacients del grup placebo no van millorar l'AV mentre que el grup que va jugar dicòpticament durant 18 hores en 4 setmanes va millora l'AV de manera similar a la que s'arribaria realitzant només teràpia oclusiva durant un període més llarg d'entre 4 i 6 setmanes (equivalent a 56-84 hores d'occlusió).

Per altre banda, un assaig clínic va avaluar la millora d'AV i estereopsis mitjançant un joc dicòptic similar al *Tetris* (il·lustració 3.2) amb ulleres anaglífiques durant 6 setmanes (17h de joc en total) (Gao et al., 2018). L'estudi va proporcionar el videojoc i la instrumentació necessària per a que els pacients poguessin realitzar la tasca des de casa. Tant el grup placebo com el grup actiu van mostrar unes millores d'AV i estereopsis molt baixes. S'ha de tenir en compte, però, que els pacient d'aquest estudi eren majors a 7 anys, en les quals un 77.4% d'aquests ja s'havien sotmès prèviament a un tractament oclusiu.

PEDIG, va realitzar un assaig clínic utilitzant el mateix videojoc que l'últim estudi (il·lustració 3.2), en format de tauleta electrònica. Es va comparar un grup que jugava al joc durant 1 hora al dia durant 16 setmanes amb un altre grup que només se li va donar oclusió de 2 h/dia durant 16 setmanes (Kelly et al., 2016). L'assaig va mostrar que els dos grups van tenir una millora de l'AV, sent major en el grup oclusiu. Tanmateix, es va observar que els pacients d'entre 5 i 6 anys que no havien realitzat cap tractament anteriorment van respondre més favorablement al

tractament binocular suggerint, així, que la realització de videojocs binoculars pot millorar positivament la visió en pacients que encara no s'hagin tractat amb cap mètode (mateixa conclusió que es va obtenir en els estudis sobre tractament òptic).

Aquests dos estudis comentats, els quals van fer servir el mateix videojoc binocular, han mostrat tenir un compliment deficient per part dels pacients, sobretot en l'estudi de PEDIG en el qual el tractament va durar el doble (16 setmanes). Aquest incompliment podria estar relacionat amb una falta d'atenció i un desinterès pel videojoc per part dels pacients. De fet, en dos estudis que van realitzar Birch i companys (Birch et al., 2015; Kelly et al., 2016), van trobar que el compliment en l'estudi, on es va utilitzar com a videojoc el Tetris, va ser de tant sols un 44% comparat amb l'estudi que va utilitzar un videojoc d'acció, on el compliment va ser del 75%.



Il·lustració 3.3 Videojoc biocular "Falling Blocks". Mitjançant les ulleres anaglífiques, l'ull ambliop (filtre vermell) pot veure les estructures vermelles mentre que l'ull no ambliop (filtre verd) pot observar les estructures verdes. Els dos ulls poden observar alhora les estructures morades (Birch et al, 2015).

No tots els videojocs condueixen d'igual manera a una millora en les habilitats perceptives. Els més eficaços corresponen als videojocs d'acció, els quals milloren les habilitats cognitives i perceptives augmentant els nivells d'atenció visual i visuoespacial. Els videojocs d'acció es poden caracteritzar a nivell cognitiu i perceptiu a través de complir els següents requisits:

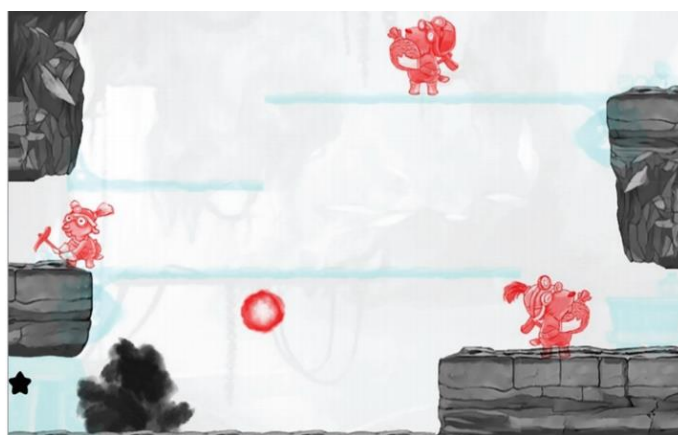
- Alta velocitat d'objectes en moviment i transició de fases
- Alt nivell de carga motora i perceptiva
- Precisió motora
- No prevenir esdeveniments temporals i espacials

- Èmfasis en el processament perifèric

En el següent estudi (Gambacorta et al., 2018) es va observar que els 10 participants que van jugar 20 hores amb un videojoc d'acció de manera dicòptica van millorar una mitjana de 0.14 logMAR en l'AV i 0.07" d'arc en l'estereopsis comparat amb el grup de 11 participants que van jugar les 20 hores monocularment (amb oclusió en l'ull no ambliop), els quals tant sols van experimentar una millora mitjana de 0.06 log MAR en l'AV i 0.06" d'arc en l'estereopsis. Es desconeix la severitat de l'ambliopia de la qual es partia.

Summament, un altre estudi (Kelly et al., 2016) comparant el tractament oclusiu (2h /dia) amb el tractament binocular dicòptic utilitzant un videojoc d'acció (il·lustració 3.3) 1 h/dia al llarg de quatre setmanes (total de 10 h de joc) va mostrar una millora més gran en el grup del tractament binocular en les primeres dues setmanes (0.15 logMAR respecte 0.07 logMAR en el tractament oclusiu). Posteriorment, a les quatre setmanes la millora d'AV dels dos grups va ser força similar. També es va observar una millora en la profunditat de supressió en el grup de tractament binocular. La majoria dels pacients (82%) presentaven una ambliopia moderada al iniciar el tractament.

Resultats semblants es van donar en l'estudi realitzat per Rajavi i companys (2019), en el qual tant el grup de tractament binocular (mitjançant vidiojocs d'acció) com el grup d'occlusió van mostrar millores semblant en l'agudesa visual.



Il·lustració 3.4 Videojoc "Dig Rush"; els elements vermells d'alt contrast són vistos per l'ull ambliop mentre que els elements blaus de baix contrast són vistos per l'ull no ambliop mitjançant ulleres anaglífiques. Els dos ulls han de captar les imatges alhora per tenir èxit en el joc (Kelly et al., 2016).

En els últims anys, ha aparegut un nou mètode de tractament binocular segur i efectiu per a la rehabilitació neuronal tant pels pacients ambliops infants com adults. Es tracta de la Realitat Virtual. L'ús d'aquest nou tractament ha estat investigat recentment amb la intenció de crear jocs específics per a potenciar l'aprenentatge perceptiu i l'estimulació dicòptica. A part de ser un tractament més atractiu pels pacients, s'ha vist que jugar a jocs d'acció concrets, seguint els requisits necessaris per a ser considerats com a tal (comentats anteriorment), està lligat a millorar la visió perifèrica, habilitats espacials, sensibilitat al contrast i a reduir l'efecte d'amuntegament, entre altres coses. Aquesta tecnologia permet als professionals mesurar, tractar i controlar canvis en la supressió interocular (mecanisme per la qual el pacient anul·la la senyal rebuda en l'ull ambliop). Diversos clínics han dut a terme investigacions sobre aquest tema mostrant, així, la possibilitat de potenciar la millora de l'agudesia visual, la sensibilitat al contrast i l'estereopsis. Per tant, no només es pot fer servir en el camp de l'ambliopia, sinó que pot tractar altres condicions visual com pot ser la miopia, presbícia o la degeneració macular (Coco-Martin et al., 2020).

Un article recent (Coco-Martin et al., 2020) ha realitzat una revisió comparativa de 6 assaigs clínics relacionats amb el tractament de l'ambliopia mitjançant la realització de videojocs amb Realitat Virtual. En general, els resultats extrets dels estudis han estat considerat positius, en la qual en tots els estudis s'han acabat assolint millores de l'AV i la estereopsis. La Realitat Virtual, doncs, sembla ser una opció terapèutica útil per assolir una bona rehabilitació visual en els pacients ambliops.

No obstant, es necessiten més estudis clínics per avaluar el benefici potencial de realitzar entrenaments visual amb Realitat Virtual davant d'altres tractaments convencionals.

Com es pot veure, tot i haver evidències sobre els guanys que suposa a nivell perceptiu i motor realitzar un tractament binocular en pacients ambliops, la majoria d'assajos clínics avaluen simplement la millora de l'agudesia visual i l'estereopsis.

Un estudi portat a terme per Webber i companys (2016) va voler determinar com milloraven les habilitats motores fines, la binocularitat i l'agudesia visual en pacients ambliops d'entre 7 i 12 anys, els quals ja s'havien sotmès a algun tractament convencional previ. L'avaluació de les habilitats motores, les quals van mostrar ser deficientes en el grup de pacients ambliops en

comparació amb el grup control (pacients amb visió normalitzada en ambdós ulls), es va realitzar mitjançant un test que mesurava les habilitats gruixudes i fines a partir de la destresa mà-dit i la rapidesa en el moviment de la mà i el braç durant l'escriptura. La visió binoculars es va mesura mitjançant els Punts de Worth i l'esteropsis amb el test Randot. Els resultats van mostrar una millora significativa en les habilitats viso-motors després de jugar 5 setmanes amb un videojoc de manera dicòptica. En termes de visió binocular, es va restaurar la percepció binocular simultània en un 83% dels pacients que inicialment suprimien l'ull ambliop. Summament, es va comprovar en una revisió posterior, al cap de 3 mesos de finalitzar el tractament que les millores en els diferents aspectes tractats s'havien mantingut estables. A nivell de tridimensionalitat, la majoria van millorar els nivells de estereopsis.

No obstant, molts dels estudis comentats anteriorment, no van trobar millores significatives en la estereopsis. Aquestes diferències en els resultats de la estereopsis entre els diversos estudis podria ser degut a:

- El mètode de mesura de la fusió sensorial binocular escollit.
- La etiologia de l'ambliopia.
- La realització del tractament en un centre supervisat o a casa del pacient, sense cap tipus de. La impartició d'un assaig clínic on els pacients realitzen les diferents tasques del tractament a casa pot suposar que els resultats no siguin del tot fiables.

3.2.5. Teràpia Visual integral

L'objectiu de la Teràpia Visual es basa en afermar les habilitats visuals afectades en l'ambliopia. Es pot complementar amb altres tractaments com per ser el tractament òptic i/o l'oclusiu, per lo que en molts casos, les millores en l'agudesia visual, la estereopsis i la motilitat ocular, entre d'altres, acostumen a ser més ràpides i eficaces. La Teràpia Visual s'acostuma a dividir en 3 etapes o fases, de duració variable segons el cas.

- **Primera etapa:** es realitzen principalment exercicis monoculars, en les quals s'ocluo l'ull dominant i es treballa amb l'ull ambliop. L'objectiu principal és "despertar" l'ull

ambliop per tal de igualar poc a poc les habilitats dels dos ulls i aconseguir, així, en etapes posteriors, una correcta percepció i fusió d'ambdues imatges. Es treballa la motilitat ocular (següiments i sacàdics) de l'ull ambliop i l'acomodació monocular.

- **Segona etapa:** es pretén potenciar l'ull ambliop per tal d'igualar les seves habilitats amb l'ull fixador. Es treballa mitjançant exercicis bioculars en camp binocular per tenir consciència de la percepció amb els dos ulls. En aquesta etapa es comença a estimular un cert grau de estereopsis, la qual anirà augmentat conforme s'avanci la complexitat dels exercicis. S'utilitzen estratègies com ara les làmines anaglífiques o polaritzades, el Sinoptòfor o l'ús de videojocs adaptats a ulleres anaglífiques.
- **Tercera etapa:** es treballa binocularment on es pretén integrar l'ull ambliop en la funció binocular, l'antisupressió i fusió. S'utilitza la corda de Brock, la Regla d'apertura, l'Estereocopi i la Realitat Virtual, entre d'altres.

TERÀPIA VISUAL		
Primera Etapa	Segona Etapa	Tercera Etapa
Monocular	Biocular en camp Binocular	Binocular

Taula 3.4 Etapes de la Teràpia Visual

En l'activitat clínica, l'ambliopia no s'acostuma a tractar de manera independent amb tant sols un tractament biocular o binocular, sinó que aquests s'engloben dins una Teràpia Visual integral per tal d'aconseguir una rehabilitació visual més completa i eficient.

Finalment, la Teràpia Visual integral estaria indicada en pacients adults amb ambliopies residuals, ja que com s'ha explicat anteriorment, gràcies a la neuroplasticitat, la qual també hi és present en edats avançades, es pot aconseguir revertir l'ambliopia i, fins i tot, obtenir visió binocular. A més a més, és un mètode més atractiu pels adults comparat amb l'oclusió o el tractament farmacològic.

3.3. Recurrència de l'ambliopia

L'ambliopia, tot i haver estat tractada amb èxit i havent arribat a una agudeses visual del 100%, pot patir recurrències un cop cessat el tractament. Molts clínics opten per disminuir gradualment les hores d'oclusió abans de finalitzar el tractament. D'aquesta manera es creu que la recurrència de l'ambliopia és menor.

Actualment existeixen pocs estudis que es centrin en la monitorització de la recurrència de l'ambliopia.

PEDIG, va voler comprovar quina recurrència es donava en un grup de 156 pacients menors de 8 anys que havien completat amb èxit (AV del ull ambliop ≥ 1.0 decimal) el tractament oclusiu o farmacològic durant un període de temps d'almenys 3 mesos (Pediatric et al., 2004). Es va fer un seguiment de 52 setmanes i es va considerar una recurrència quan l'ull ambliop empitjorava 2 o més línies LogMAR. Els resultats van mostrar una recurrència del 24% al cap de 52 setmanes. Tot i així, es va observar que a les 13 setmanes la majoria de recurrències ja havien aparegut. Aquells pacients que havien acabat el tractament oclusiu amb una oclusió diària de 2h, ja fos perquè van començar des de un principi amb aquest règim com aquells que se'ls hi va disminuir el número d'hores, van mostrar una recurrència de l'ambliopia més baixa. En canvi, quan el tractament havia finalitzat abruptament amb un règim d'oclusió de 6 o 8 hores diàries, la recurrència de l'ambliopia va ser notablement més elevada.

Per tant, com ja s'especulava, els resultats van suggerir que en pacients amb règim d'oclusió de 6 o 8 hores al dia, al arribar a uns valors d'AV esperats, és convenient disminuir paulatinament el número d'hores d'oclusió abans de donar per acabat el tractament. A més a més, al veure que la recurrència més alta de l'ambliopia es va donar a les 13 setmanes aproximadament, suggereix als professionals a tenir un control rigorós especialment els primers 3 mesos després de finalitzar el tractament.

El mateix grup de recerca va realitzar un altre estudi amb la finalitat de trobar els factors principals associats amb la recurrència de l'ambliopia (Holmes et al., 2007). Amb un grup mostra de 69 pacients, la recurrència de l'ambliopia es va donar en un 25% dels pacients (molt similar al estudi anterior). Van observar que el risc de patir una recurrència en l'ambliopia era major

quan l'AV de l'ull ambliop era més elevada al acabar el tractament oclusiu. Dit d'una altra manera, quan pitjor era l'AV final al acabar el tractament oclusiu, menys risc hi havia de patir una recurrència de l'ambliopia. Contràriament Scott i Dickey (1998) van trobar una recurrència major en els pacients amb agudeses visuals més baixes (20/25 a 20/40) al acabar el tractament oclusiu que en pacients amb AV de 20/20. Davant dels resultats de l'estudi de PEDIG, els investigadors especulen que alguns dels pacients podrien tenir una major plasticitat neuronal mostrant, així, millores més grans de l'AV al finalitzar el tractament oclusiu però, alhora, sent més vulnerables a patir una baixada de l'AV un cop parat el tractament.

Per altre banda, van adonar-se'n que el risc de patir una recurrència de l'ambliopia era igual tant pels pacients amb ortotropia com per aquells que presentaven una microtropia o tropia (> 8 diòptries prismàtiques). Al mateix temps, aquest risc de recurrència va ser independent al grau de estereopsis que mostraven els pacients un cop acabat el tractament oclusiu. Altres estudis han discrepat, mostrant resultats d'una recurrència major quan existeix una tropia residual (Levartovsky et al., 1995). Aquestes diferències entre estudis poden ser degudes als diversos mètodes i repeticions alhora de valorar la estereopsis, la supressió o l'alineació ocular durant l'assaig clínic.

La majoria d'estudis clínics enfocats en analitzar la recurrència de l'ambliopia, com es pot comprovar, continuen basant-se amb què l'ambliopia és un desordre monocular i, per tant, s'ha de tractar com a tal. Actualment, però, es coneix que una rehabilitació mitjançant la Teràpia Visual integral, ja sigui complementant al mateix temps una teràpia oclusiva o posterior a aquesta, provoca menys recurrències en l'ambliopia, ja que es tracta la condició com a una disfunció binocular.

4. DISCUSSIÓ

Al llarg del treball s'han debatut les diferents opcions de tractament que es poden aplicar en l'ambliopia.

La recerca bibliogràfica davant el tractament oclusiu i farmacològic ha estat molt extensa, en la qual m'he trobat un gran ventall d'assajos clínics comparant l'efectivitat de cada opció o analitzant les diferències segons el número d'hores d'oclusió o instal·lació del fàrmac.

Per contra, les evidències científiques que hi ha actualment pel tractament binocular penso que són escasses i poc representatives. La bibliografia existent es basa exclusivament en la implementació de videojocs de manera dicòptica o en l'ús de la Realitat Virtual. Des del meu punt de vista, havent estat realitzant pràctiques durant 6 mesos en un centre de Teràpia Visual on he pogut observar casos d'ambliopia tant en infants com en adults, puc afirmar que el tractament d'aquests pacients no es basa simplement en la realització de videojocs o Realitat Virtual. Aquests dos temes, doncs, no haurien de ser tractats de manera independent, ja que en la pràctica real, el tractament de l'ambliopia està format per un conjunt d'exercicis més extens i complex constituint l'anomenada Teràpia Visual integral.

Alguns dels assajos clínics comentats anteriorment sobre el tractament binocular es basen principalment en la comparació d'aquest amb el tractament oclusiu. Molts resultats d'aquests estudis van exposar millores semblants tant d'agudesesa visual com d'estereopsis entre els dos tipus de mètodes, presumint, doncs, que el tractament binocular no mostrava grans beneficis davant l'oclusiu.

Per tant, penso que els resultats obtinguts en els diferents estudis del tractament binocular no són del tot representatius. No hi ha troballes, actualment, de cap assaig clínic que es basi en l'estudi exclusiu de la Teràpia Visual integral per a tractar l'ambliopia o en la comparació d'aquesta amb un tractament oclusiu. PEDIG va patrocinar un assaig clínic al respecte però va haver de suspendre's per falta de reclutament. Per tot això, no es pot afirmar que la Teràpia Visual pugui ser un clar substitut del tractament oclusiu. No obstant, com ja s'ha esmentat anteriorment, si que pot ser un excel·lent ajudant que pot permetre reduir les hores d'oclusió,

millorar la resposta acomodativa, la motilitat ocular, permetre la visió binocular i evitar recidives.

Aquesta deficiència d'assajos clínics enfocats en el tractament de l'ambliopia mitjançant la Teràpia visual integral va relacionat amb el fet que hi ha molt pocs optometristes experts en aquest camp d'investigació comparat amb els altres mètodes de tractament liderats, principalment, per oftalmòlegs. A més a més, atès que segueix sent exclusivament l'oftalmòleg qui s'ocupa de pactar els règims de tractaments dels pacients amb l'ambliopia, dificulta encara més la introducció de la Teràpia Visual integral com a una opció de tractament.

Com a conclusió, opino que és feina dels optometristes en plantejar nous estudis enfocats en la Teràpia Visual integral com a principal ajudant en el tractament de l'ambliopia amb l'objectiu de donar noves evidències clíniques i una major visibilització per tots els especialistes en la salut visual per tal d'innovar i millorar l'actual estratègia de tractament davant l'ambliopia, la qual segueix sent la mateixa a des del segle XVIII.

5. CONCLUSIÓ

Per a finalitzar el meu treball de fi de grau, les conclusions que he pogut extreure a partir de la recerca bibliogràfica i les pràctiques clíniques realitzades són les següents:

- En cas que sigui necessari la compensació òptica de l'error refractiu, considerar sempre el tractament òptic com a primera opció, independentment l'etiologia de l'ambliopia. És necessari deixar actuar la correcció òptica un mínim de 3 mesos abans de procedir a introduir un altre mètode de tractament.
- Tenir en compte les diferents guies orientatives de règims de prescripció elaborades pels professionals de la salut visual per tal de tenir referències a l'hora de prescriure la correcció òptica necessària en infants. Sempre que l'ambliopia ja hi sigui present (diferència d'AV de dues o més línies entre els dos ulls), és recomanable prescriure tota la refracció trobada sota cicloplegia. En altres casos, on encara no hi hagi signes d'ambliopia i la refracció sigui elevada, es tendeix a hipocorregir entre 1.00 i 1.50D per tal d'afavorir l'adaptació.
- En relació amb el tractament oclusiu, el qual ha estat i segueix sent l'opció de tractament més utilitzada davant l'ambliopia, existeixen evidències que justifiquen que en ambliopies severes, una oclusió total dona els mateixos resultats de millora que una oclusió de 6 hores diàries, mentre que en ambliopies moderades, una oclusió de 6 hores diàries es igual d'eficaç que 2 hores diàries. Es conclou, doncs, que menys hores d'occlusió són igual d'efectives per a la millora de l'AV i, alhora, facilita la correcta implementació del tractament.
- La penalització òptica mitjançant els filtres Bangerter és considerada una bona opció davant ambliopies lleus o moderades gràcies a la possibilitat de mantenir una certa fusió durant el tractament. Summament, presenta menys riscos de patir un ambliopia invertida en l'ull no ambliop comparat amb l'occlusió directa (pedaç ocular).
- L'occlusió activa, mitjançant la realització d'activitats específiques en visió propera que requereixin precisió i una atenció visual elevada, acostumen a donar millors resultats que una oclusió passiva. No obstant, en comparació amb un tractament binocular o amb la Teràpia Visual integral continua sent escàs.

- Respecte el tractament farmacològic, els resultats en la millora de l'agudesia visual entre els estudis comparatius del tractament farmacològic i l'oclusiu, van resultar ser molt similars. Summament, segons un estudi de PEDIG, la instal·lació d'atropina només els caps de setmana va resultar ser igual d'efectiu que la instal·lació d'atropina d'ús diari. Finalment, tenir en compte que no és necessari un canvi de fixació de l'ull ambliop per observar millores en l'agudesia visual especulant, doncs, la possible existència d'una fixació alternant durant el tractament.
- Els tractaments bioculars i binoculars han proporcionat un nou enfoc de tractament de l'ambliopia amb l'objectiu de potenciar la percepció simultània, la fusió sensorial i l'estereopsis
- La majoria d'estudis científics es centren en la utilització de videojocs dicòptics (mitjançant ulleres anaglífiques) o la Realitat Virtual. S'ha demostrat que els videojocs d'acció són més eficaços que els normals ja que estimulen més els nivells cognitius i perceptius del pacient augmentant els nivell d'atenció visual i habilitats visuoespacials.
- La teràpia Visual integral, correspon a un altre mètode de tractament de l'ambliopia en la qual estan integrats els tractaments bioculars i binoculars. Es tracta d'una rehabilitació visual l'objectiu del qual es basa en millorar les habilitats visuals afectades en l'ambliopia: motilitat ocular, acomodació, integració visuoespacial, habilitats visomotores i viso-perceptives, lateralitat, tridimensionalitat, etc.
- La realització d'exercicis bioculars i binoculars, així com la Teràpia Visual integral, redueixen el risc de patir recurrències en l'ambliopia comparat amb els mètodes que es centren en tractar l'ambliopia de manera monocular.
- Actualment no existeix evidència científica que afirmi que el tractament binocular pugui ser un clar substitut davant el tractament oclusiu o farmacològic. No obstant, si que està considerat un excel·lent ajudant que pot permetre reduir les hores d'oclusió i millorar aquestes habilitats visuals afectades en l'ambliopia.
- L'ambliopia continua tractant-se de la mateixa manera que fa tres segles. Amb totes les innovacions i tecnologies que existeixen actualment, com ara la introducció de la Realitat Virtual o la rehabilitació mitjançant la Teràpia Visual integral, considero necessari una visibilització més gran d'aquests mètodes per tal de que s'incorporin més notablement en la pràctica clínica.

6. BIBLIOGRAFIA

- Araki, S., Miki, A., Goto, K., Yamashita, T., Takizawa, G., Haruishi, K., Ieki, Y., Kiryu, J., & Yaoeda, K. (2017). Macular retinal and choroidal thickness in unilateral amblyopia using swept-source optical coherence tomography. *BMC Ophthalmology*, *17*(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1186/s12886-017-0559-3>
- Asper, L., Watt, K., & Khuu, S. (2018). Optical treatment of amblyopia: a systematic review and meta-analysis. *Clinical and Experimental Optometry*, *101*(4), 431–442.
<https://doi.org/10.1111/cxo.12657>
- Balasopoulou, A., Kokkinos, P., Pagoulatos, D., Plotas, P., Makri, O. E., Georgakopoulos, C. D., Vantarakis, A., Li, Y., Liu, J. J., Qi, P., Rapoport, Y., Wayman, L. L., Chomsky, A. S., Joshi, R. S., Press, D., Rung, L., Ademola-popoola, D., Africa, S., Article, O., ... Loukovaara, S. (2017). Symposium Recent advances and challenges in the management of retinoblastoma Globe - saving Treatments. *BMC Ophthalmology*, *17*(1), 1. <https://doi.org/10.4103/ijo.IJO>
- Beck, R. W. (2003a). A Randomized Trial of Prescribed Patching Regimens for Treatment of Severe Amblyopia in Children. *Ophthalmology*, *110*(11), 2075–2087.
<https://doi.org/10.1016/j.opthta.2003.08.001>
- Beck, R. W. (2003b). The course of moderate amblyopia treated with atropine in children: Experience of the amblyopia treatment study. *American Journal of Ophthalmology*, *136*(4), 630–639.
[https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(03\)00458-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(03)00458-6)
- Bermúdez, M., López, Y., & Figueroa, L. F. (2007). Estereopsis y sensibilidad al contraste (csf) en niños con ambliopía refractiva. *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, *9*, 117.
<https://doi.org/10.19052/sv.1522>
- Birch, E. E., Li, S. L., Jost, R. M., Morale, S. E., De La Cruz, A., Stager, D., Dao, L., & Stager, D. R. (2015). Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool children. *Journal of AAPOS*, *19*(1), 6–11.
<https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2014.09.009>
- Bucci, M. P., Kapoula, Z., Eggert, T., & Garraud, L. (1997). Deficiency of adaptive control of the binocular coordination of saccades in strabismus. *Vision Research*, *37*(19), 2767–2777.
[https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(97\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(97)00093-X)

- Chen, Z., Li, J., Thompson, B., Deng, D., Yuan, J., Chan, L., Hess, R. F., & Yu, M. (2015). The effect of Bangerter filters on binocular function in observers with amblyopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, *56*(1), 139–149. <https://doi.org/10.1167/iov.14-15224>
- Coco-Martin, M. B., Piñero, D. P., Leal-Vega, L., Hernández-Rodríguez, C. J., Adiego, J., Molina-Martín, A., De Fez, D., & Arenillas, J. F. (2020). The Potential of Virtual Reality for Inducing Neuroplasticity in Children with Amblyopia. *Journal of Ophthalmology*, *2020*.
<https://doi.org/10.1155/2020/7067846>
- Daw, N. W. (1998). Critical periods and amblyopia. *Archives of Ophthalmology*, *116*(4), 502–505.
<https://doi.org/10.1001/archoph.116.4.502>
- Figueroa, L. F. (2004). Astigmatismo factor de riesgo para la ambliopia. *Ciencia y Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, *2*, 9–19. <https://doi.org/10.19052/sv.1930>
- Floden, A, Combs, C. (2012). NIH Public Access. *Bone*, *23*(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.optha.2009.10.014.A>
- Fornaguera, M. (2008). Ambliopía, una revisión desde el desarrollo. *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, *0*(11), 111–119. <https://doi.org/10.19052/sv.1372>
- Gambacorta, C., Nahum, M., Vedamurthy, I., Bayliss, J., Bavelier, D., & Levi, D. M. (2018). A feasibility study. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2018.04.005.An>
- Gao, T. Y., Guo, C. X., Babu, R. J., Black, J. M., Bobier, W. R., Chakraborty, A., Dai, S., Hess, R. F., Jenkins, M., Jiang, Y., Kearns, L. S., Kowal, L., Lam, C. S. Y., Pang, P. C. K., Parag, V., Pieri, R., Raveendren, R. N., South, J., Staffieri, S. E., ... Boswell, S. J. (2018). Effectiveness of a binocular video game vs placebo video game for improving visual functions in older children, teenagers, and adults with amblyopia: A randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmology*, *136*(2), 172–181.
<https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.6090>
- Holmes, J. M., Melia, M., Bradfield, Y. S., Cruz, O. A., & Forbes, B. (2007). Factors Associated with Recurrence of Amblyopia on Cessation of Patching. *Ophthalmology*, *114*(8), 1427–1432.
<https://doi.org/10.1016/j.optha.2006.11.023>
- Ibrahimi, D., Mendiola-santiba, J. D., & Gkaros, A. (2020). *Analysis of the potential impact of strabismus with and without amblyopia on visual-perceptual and visual-motor skills evaluated using TVPS-3*

and VMI-6 tests. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2020.04.002>

Ingram, R. M., Arnold, P. E., Dally, S., & Lucas, J. (1991). Emmetropisation, squint, and reduced visual acuity after treatment. *British Journal of Ophthalmology*, 75(7), 414–416.

<https://doi.org/10.1136/bjo.75.7.414>

Irfani, I., Feriyanto, F., Oktarima, P., & Kartasasmita, A. (2018). Visual Acuity Improvement in Continuous vs Divided Occlusion in Anisometropic Amblyopia. *The Open Ophthalmology Journal*, 12(1), 1–6. <https://doi.org/10.2174/1874364101812010001>

Jorge, C., Morón, T., Madrid, E. J., Rey, H., & Carlos, J. (2017). *Controversias sobre el estrabismo del adulto. 1*, 59–67.

Kelly, K. R., Jost, R. M., Dao, L., Beauchamp, C. L., Leffler, J. N., & Birch, E. E. (2016). Binocular ipad game vs patching for treatment of amblyopia in children a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmology*, 134(12), 1402–1408. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2016.4224>

Laria Ochaíta, C., & Piñero, D. (2013). Uso de filtros de Bangerter para el tratamiento de la ambliopía leve o moderada asociada a estrabismo. *Filtros de Bangerter, XLII*, 47–54.

Leat, S. J. (2011). To prescribe or not to prescribe? Guidelines for spectacle prescribing in infants and children. *Clinical and Experimental Optometry*, 94(6), 514–527. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2011.00600.x>

Levartovsky, S., Oliver, M., Gottesman, N., & Shimshoni, M. (1995). Factors affecting long term results of successfully treated amblyopia: Initial visual acuity and type of amblyopia. *British Journal of Ophthalmology*, 79(3), 225–228. <https://doi.org/10.1136/bjo.79.3.225>

Levi, D. M., Knill, D. C., & Bavelier, D. (2015). Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vision Research*, 114(2015), 17–30. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2015.01.002>

Liang, M., Xiao, H., Xie, B., Yin, X., Wang, J., & Yang, H. (2019). Morphologic changes in the visual cortex of patients with anisometropic amblyopia: A surface-based morphometry study. *BMC Neuroscience*, 20(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12868-019-0524-6>

Longi, M., Velez, F. G., Tsui, I., Davila, J. P., Rahimi, M., Chan, C., Sarraf, D., Demer, J. L., & Pineles, S. L. (2017). Spectral-domain optical coherence tomographic angiography in children with amblyopia.

- JAMA Ophthalmology*, 135(10), 1086–1091. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.3423>
- López, Y. (2010). Una revisión sobre el proceso de emetropización. *Ciencia y Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 8(1), 101–112. <https://doi.org/10.19052/sv.833>
- Lunghi, C., Morrone, M. C., Secci, J., & Caputo, R. (2016). Binocular rivalry measured 2 hours after occlusion therapy predicts the recovery rate of the amblyopic eye in anisometropic children. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 57(4), 1537–1546. <https://doi.org/10.1167/iovs.15-18419>
- Maconachie, G. D. E., & Gottlob, I. (2015). The challenges of amblyopia treatment. *Biomedical Journal*, 38(6), 510–516. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2015.06.001>
- Mansouri, B., Thompson, B., & Hess, R. F. (2008). Measurement of suprathreshold binocular interactions in amblyopia. *Vision Research*, 48(28), 2775–2784. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2008.09.002>
- Martín, S., Portela, J. A., Ding, J., Ibarrodo, O., & Levi, D. M. (2020). Evaluation of a Virtual Reality implementation of a binocular imbalance test. *PLoS ONE*, 15(8 August 2020), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238047>
- Medrano, S. M., Acuña Bedoya, L. M., & Angulo Sánchez, S. V. (2014). Acomodación en pacientes de cinco a doce años con ambliopía refractiva leve y moderada: prueba piloto. *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 12(1), 65. <https://doi.org/10.19052/sv.2756>
- Niechwiej-Szwedo, E., Chandrakumar, M., Goltz, H. C., & Wong, A. M. F. (2012). Effects of strabismic amblyopia and strabismus without amblyopia on visuomotor behavior, I: Saccadic eye movements. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 53(12), 7458–7468. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10550>
- Pediatric, T., Disease, E., & Group, I. (2004). Risk of amblyopia recurrence after cessation of treatment. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 8(5), 420–428. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2004.07.007>
- Piomelli Daniele, 2013. (2013). NIH Public Access. *Bone*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2011.06.043> Optical

- Rajavi, Z., Sabbaghi, H., Amini Sharifi, E., Behradfar, N., & Kheiri, B. (2019). Comparison between patching and interactive binocular treatment in amblyopia: A randomized clinical trial. *Journal of Current Ophthalmology*, 31(4), 426–431. <https://doi.org/10.1016/j.joco.2019.07.004>
- Rajavi, Z., Sabbaghi, H., Behradfar, N., Yaseri, M., Aghazadeh Amiri, M., & Faghihi, M. (2018). Macular Thickness in Moderate to Severe Amblyopia. *Korean Journal of Ophthalmology*, 32(4), 312. <https://doi.org/10.3341/kjo.2017.0101>
- Repka, M. X., Kraker, R. T., Beck, R. W., Birch, E., Cotter, S. A., Holmes, J. M., Hertle, R. W., Hoover, D. L., Klimek, D. L., Marsh-Tootle, W., Scheiman, M. M., Suh, D. W., & Weakley, D. R. (2009). Treatment of severe amblyopia with weekend atropine: Results from 2 randomized clinical trials. *Journal of AAPOS*, 13(3), 258–263. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2009.03.002>
- Repka, M. X., Kraker, R. T., Holmes, J. M., Summers, A. I., Glaser, S. R., Barnhardt, C. N., & Tien, D. R. (2014). Atropine vs patching for treatment of moderate amblyopia: Follow-up at 15 years of age of a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmology*, 132(7), 799–805. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2014.392>
- Simon, J. W. (2004). A randomized trial of patching regimens for treatment of moderate amblyopia in children. *Evidence-Based Eye Care*, 5(1), 40–41. <https://doi.org/10.1097/00132578-200401000-00018>
- Webber, A. L., Wood, J. M., & Thompson, B. (2016). Fine motor skills of children with amblyopia improve following binocular treatment. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 57(11), 4713–4720. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19797>
- Wiesel, T. N., & Hubel, D. H. (1963). Responses in Striate Deprived of Vision Cortex of One Eye. *Journal of Neurophysiology*, 26(6), 1003–1017.
- Yoon, D. H., & Chun, B. Y. (2018). Comparison of the Thickness and Volume of the Macula and Fovea in Patients with Anisometropic Amblyopia Prior to and after Occlusion Therapy. *Korean Journal of Ophthalmology*, 32(1), 52. <https://doi.org/10.3341/kjo.2016.0127>