



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

**CRITERIS DE PRESCRIPCIÓ REFRACTIVA EN HIPERMETROPIA
MODERADA PER PREESCOLARS**

GEMMA CONTRA GUÀRDIA

**DIRECTORA: MIREIA PACHECO CUTILLAS
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA**

JULIOL 2020

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

La Sra. Mireia Pacheco Cutillas, com a directora del treball:

CERTIFIQUEN

Que la Sra. Gemma Contra Guàrdia ha realitzat sota la seva supervisió el treball **Criteris de prescripció refractiva en hipermetropia moderada per preescolars**, que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo aquest certificat.

Directora del treball

Sra. Mireia Pacheco Cutillas

Terrassa, 21 de Juny de 2020



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

CRITERIS DE PRESCRIPCIÓ REFRACTIVA EN HIPERMETROPIA MODERADA PER PREESCOLARS

RESUM

Introducció: Els criteris per a la prescripció refractiva en infants preescolars hipermetrops no són universals i de vegades resulten controvertits. La hipocorrecció és el criteri de prescripció tradicional en els casos no associats a endodesviacions, atès la gran amplitud acomodativa dels infants i l'interès en evitar la interferència en el procés de l'emmetropització. En aquest treball descobrirem si les recomanacions tradicionals estan basades en l'evidència científica i si difereixen dels tractaments refractius més actualitzats.

Objectiu: Identificar les evidències de la literatura que avalen els criteris de tractament refractiu de la hipermetropia moderada en infants menors de 7 anys, realitzar una anàlisi dels criteris i recomanacions tradicionals i dur a terme una identificació dels criteris basats en l'evidència científica.

Mètode: S'ha realitzat un estudi d'investigació bibliogràfica sobre diversos articles que inclouen l'actualització del tractament refractiu de la hipermetropia moderada, basat en l'evidència, per a nens menors de 7 anys i l'impacte de la prescripció de la hipermetropia moderada o baixa en l'activitat acadèmica i/o en les dificultats de l'aprenentatge o lectura.

Conclusions: Pràcticament tots els criteris de prescripció refractiva que disposen els professionals de la salut visual estan basats en la pràctica clínica i encara no existeixen suficients evidències científiques per a la recomanació específica sobre a partir de quin grau d'hipermetropia s'ha de corregir en funció de l'edat i quina és la quantitat hipocorregida aconsellada en la prescripció refractiva de la hipermetropia moderada en infants preescolars.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

CRITERIOS DE PRESCRIPCIÓN REFRACTIVA EN HIPERMETROPIA MODERADA PARA PREESCOLARES

RESUMEN

Introducción: Los criterios para la prescripción refractiva en niños preescolares hipermétropes no son universales y a veces resultan controvertidos. La hipocorrección es el criterio de prescripción tradicional en los casos no asociados a endodesviaciones, dado la gran amplitud acomodativa de los niños y el interés en evitar la interferencia en el proceso de la emetropización. En este trabajo descubriremos si las recomendaciones tradicionales están basadas en la evidencia científica y si difieren de los tratamientos refractivos más actualizados.

Objetivo: Identificar las evidencias de la literatura que avalan los criterios de tratamiento refractivo de la hipermetropía moderada en niños menores de 7 años, realizar un análisis de los criterios y recomendaciones tradicionales y llevar a cabo una identificación de los criterios basados en la evidencia científica.

Método: Se ha realizado un estudio de investigación bibliográfica sobre varios artículos que incluyen la actualización del tratamiento refractivo de la hipermetropía moderada, basado en la evidencia, para niños menores de 7 años y el impacto de la prescripción de la hipermetropía moderada o baja en la actividad académica y/o en las dificultades del aprendizaje o lectura.

Conclusiones: Prácticamente todos los criterios de prescripción refractiva que disponen los profesionales de la salud visual están basados en la práctica clínica y aún no existen suficientes evidencias científicas para la recomendación específica sobre a partir de qué grado de hipermetropía se debe corregir en función de la edad y cuál es la cantidad hipocorregida aconsejada en la prescripción refractiva de la hipermetropía moderada en niños preescolares.



DEGREE IN OPTICS AND OPTOMETRY

CRITERIA FOR REFRACTIVE PRESCRIPTION IN MODERATE HYPERMETROPY FOR PRESCHOOLERS

ABSTRACT

Introduction: The criteria for refractive prescription in hyperopic preschool children is not universal and is sometimes controversial. Undercorrection is the traditional prescribing criterion, in those cases not associated with esodeviations. Given the large amplitude of accommodation of preschool children and the interest to avoid interfering in the process of emmetropization. In this study we will discover whether traditional recommendations are evidence-based and whether they differ from the more up-to-date treatments.

Objective: To identify the evidence in the literature that supports the criteria for refractive treatment of moderate hyperopia in children under 7 years of age, as well as to analyse of the traditional clinical criteria and recommendations, and to identify evidence-based criteria.

Methods: A literature review has been conducted to identify evidence-based update criteria for refractive treatment of moderate hyperopia in children under 7 years of age, as well as the impact on academic performance and/or learning or reading difficulties of prescribing moderate or low of hyperopia.

Conclusions: Practically all the criteria for refractive prescription available to eye care practitioners are based on clinical practice and there is yet not enough scientific evidence for a specific recommendation on what levels of hyperopia should be prescribed, according to age and what is the recommended amount of undercorrection in the refractive prescription of moderate hyperopia in preschool children.



0. ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ AL TEMA	7
1.1. INFANTS: IMPORTÀNCIA DE LA VISIÓ EN EL SEU DESENVOLUPAMENT.	7
1.2. IMPACTE DE LA VISIÓ EN L'APRENENTATGE	8
1.3. CRITERIS TRADICIONALS DE LA PRESCRIPCIÓ REFRACTIVA	8
2. ESTAT DE L'ART.....	9
2.1. EVOLUCIÓ, DESENVOLUPAMENT I MADURESA DEL SISTEMA VISUAL: FUNCIONS VISUALS I VISIÓ BINOCULAR.	9
2.2. DESENVOLUPAMENT DE L'ERROR REFRACTIU DES DEL NAIXEMENT. PROCÉS D'EMMETROPITZACIÓ.....	15
2.3. ERROR REFRACTIU ESPERAT SEGONS L'EDAT: VALORS DE NORMALITAT.....	18
2.4. RELACIÓ ENTRE VISIÓ BINOCULAR I L'ERROR REFRACTIU.....	21
2.5. CRITERIS HABITUALS DE PRESCRIPCIÓ DELS ERRORS REFRACTIUS EN INFANTS.....	27
2.5.1. <i>Recomanacions d'associacions i autors.....</i>	<i>27</i>
2.5.2. <i>La prevalença i el risc a desenvolupar una ambliopia i/o una endotropia amb una hipermetropia moderada no corregida.....</i>	<i>34</i>
3. NOUS CRITERIS DE PRESCRIPCIÓ REFRACTIVA ACTUALS BASATS EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA	37
3.1. HÀBITS DE PRESCRIPCIÓ.	38
3.2. RECURS D'EVIDÈNCIES ACTUALS	41
3.3. RELACIÓ DE LA HIPOCORRECCIÓ DE LA HIPERMETROPIA BAIXA O MODERADA AMB PROBLEMES D'APRENENTATGE O DIFICULTATS EN LA LECTURA.	43
4. DISCUSSIÓ.....	46
5. AGRAÏMENTS.....	49
6. BIBLIOGRAFIA	50

1. INTRODUCCIÓ AL TEMA

Quan vaig començar a pensar en el Treball de Final de Grau, vaig intentar buscar temes que m'agradessin, que fossin interessants i pròxims a mi.

És per aquests motius que quan la Mireia Pacheco em va proposar el treball "Criteris de prescripció refractiva en hipermetropia moderada per preescolars" vaig acceptar-lo de seguida. Era l'oportunitat per resoldre molts dubtes que al llarg de la meua vida m'havia plantejat i durant aquests quatre anys del grau universitari no havia pogut acabar d'aprofundir-hi.

L'objectiu principal d'aquest treball neix amb la idea d'endinsar-nos en aquest món. Esbrinar quin és el tractament refractiu de la hipermetropia que s'utilitza en infants menors de 7 anys i conèixer si els criteris que se segueixen estant basats o no en l'evidència, ja que resulta molt controvertit. En aquest treball es buscaran les evidències científiques per a la prescripció refractiva de la hipermetropia en infants, si la hipocorrecció, com recomanen els criteris clínics de prescripció refractiva tradicionals, està justificada i quina és la quantitat i el moment adequat.

1.1. Infants: importància de la visió en el seu desenvolupament.

En néixer l'ésser humà, tot i comptar d'unes estructures oculars completes, no té un sistema visual plenament desenvolupat, és immadur i a mesura que l'escorça cerebral rep estímuls provinents d'ambdós ulls s'anirà desenvolupant (1). Per tant, els nadons hauran d'aprendre a interpretar la informació visual que els hi arriba al cervell per entendre el món que els envolta i ser capaços d'interactuar correctament amb ell (1,2). A més a més, serà imprescindible adquirir una adequada coordinació, enfocament i moviment dels ulls. Aquesta maduració del sistema visual és un procés dinàmic, que comporta modificacions tant anatòmiques com fisiològiques i és durant els primers 4 anys de vida de l'infant quan es produeix la major progressió, període en el qual, el sistema visual és molt vulnerable i plàstic (1).

Convé destacar la importància de la detecció precoç de qualsevol tipus de problema visual per tal d'evitar una interferència en el desenvolupament de les capacitats visuals requerides que assegurin l'ídoni creixement i maduresa de la visió amb el consegüent impacte en l'aprenentatge i la qualitat de vida dels infants (2).

La presència d'estrabismes, d'errors de refracció no corregits o d'una cataracta poden provocar un endarreriment en el desenvolupament normal de la funció visual dels infants, podent arribar a derivar

en una ambliopia (1). Els pares o tutors legals compleixen un rol fonamental per evitar-ho, les mesures que s'han de prendre són: vigilar els indicis de problemes oculars i visuals, realitzar exàmens visuals regularment i participar en activitats d'acord amb l'edat de l'infant per tal de potenciar el desenvolupament de la seva visió (2).

1.2. Impacte de la visió en l'aprenentatge

En la nostra cultura, la lectura, l'escriptura i el càlcul constitueixen la base de la formació educativa. Segons les estadístiques, a cada classe d'educació primària existeix com a mínim un nen o nena amb dificultats en aquestes àrees. Molts cops el motiu és un problema en un dels òrgans sensorials, com pot ser la visió (3).

És per això, que és molt important fer un seguiment acurat del desenvolupament visual dels infants preescolars i d'aquesta manera prevenir futurs problemes en l'aprenentatge o dificultats en la lectura que podrien conduir al/la nen/a cap a un baix rendiment acadèmic o fins i tot portar-los al fracàs escolar.

1.3. Criteris tradicionals de la prescripció refractiva

Els criteris de prescripció refractiva són una gran ajuda com a punt de partida en la pràctica clínica per tots els òptics-optometristes i oftalmòlegs. Sobretot en casos d'hipermetropia infantil on sovint resulta difícil decidir quina és la quantitat d'hipermetropia més apropiada per corregir. És per aquest motiu que és molt important tenir uns criteris de prescripció refractiva classificats segons la quantitat d'ametropia i l'edat, a part d'actualitzar-los amb les noves evidències científiques.

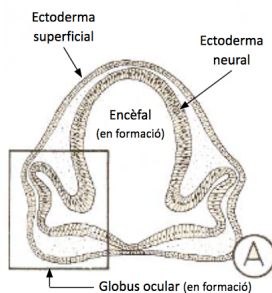
En aquest Treball de Final de Grau ens qüestionarem si els criteris de prescripció refractiva en infants preescolars que tradicionalment s'han seguit, són els ideals i si aquests estan basats en l'evidència científica o només en l'experiència clínica, que sovint ja és una eina molt vàlida. Un dels objectius que ens hem proposat és descobrir si hi ha evidències recents actualitzades dels criteris a seguir basats en l'evidència. El criteri clínic tradicional es basa en la hipocorrecció de la hipermetropia, sempre que no s'associï a endodesviacions, ja que els infants disposen d'una amplitud d'acomodació molt gran. Per tant, discutirem si hi ha evidències que provin quin és el millor tractament i si s'ha arribat a un consens sobre el moment adequat i la quantitat d'hipocorrecció necessària.

2. ESTAT DE L'ART

2.1. Evolució, desenvolupament i maduresa del sistema visual: funcions visuals i visió binocular.

La visió es considera el sentit més important i complex i el que ens proporciona més informació del medi extern. És la capacitat de captar els estímuls lluminosos que ens ajudaran a determinar el contorn, la grandària, la forma, el color... dels objectes.

Els seus òrgans són els ulls que es troben en les òrbites oculars envoltats per 6 músculs que permeten la seva mobilitat.



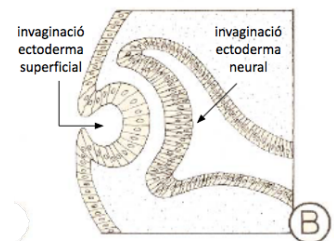
Imatge 1: Secció transversal a través del "globus ocular" en formació (7).

La seva formació té lloc durant el període embrionari. A la tercera setmana de la gestació, dia 22, comença el desenvolupament del globus ocular amb la generació del solc òptic del mesènquima pericocular. Aquests solcs són invaginacions bilaterals a ambdós costats del tub neural anterior del diencèfal.

A mesura que es profunditzen es transformen en fosses òptiques i finalment en vesícules òptiques. Cadascuna es troba en contacte amb el tub nerviós i s'evagina fins a topar-se amb l'ectoderma superficial (4-6).

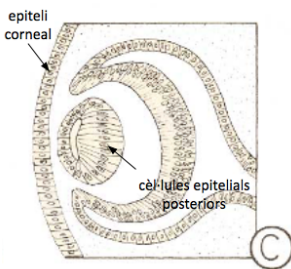
Un cop entren en contacte, ambdues secreten la seva matriu extracel·lular i s'adhereixen entre si (5). Seguidament es produeix una invaginació de l'ectoderma superficial, aquest és el que envolta a tot l'embrió, per tal de formar la vesícula del cristal·lí.

Al mateix temps, hi ha una invaginació de l'ectoderma neural, aquest és el que configura el sistema nerviós. Aquesta segona invaginació és l'encarregada de la formació de la copa òptica, a partir de la qual es desenvoluparà la retina (6).



Imatge 2: Invaginació de l'ectoderma superficial i neural (7).

A la cinquena setmana de la gestació, una part de la vesícula òptica se sotmetrà a una autoinvaginació asimètrica, formant a la seva vora inferior la fissura òptica que serà per on s'introduirà a l'ull la vascularització precoç i el mesènquima pericocular. Aquesta no es tancarà fins al final de la sisena setmana (5).



Imatge 3: Formació de la capsula del cristal·lí (7).

Un altre fet que succeeix durant aquesta setmana és la formació de la vesícula del cristal·lí. La membrana basal de l'ectoderma superficial queda envoltant la vesícula del cristal·lí, formant la seva càpsula.

A la sisena setmana les cèl·lules epitelials posteriors de la vesícula del cristal·lí creixen cap endavant per obliterar la cavitat central.

L'ectoderma superficial es fusiona per formar l'epiteli corneal. I no és fins una setmana de gestació després que les cèl·lules epitelials posteriors formen les fibres primàries que constituïran el nucli embrionari del cristal·lí (7).

La copa òptica anterior dóna lloc al cos ciliar, a l'iris i als músculs pupil·lars. En canvi, la retina s'origina de la porció posterior. La capa més externa, conté grànuls de pigment, formarà l'epiteli pigmentari de la retina i la més interna es diferenciarà originant la capa nuclear externa, la capa nuclear interna i la capa ganglionar, és la que contindrà les cèl·lules fotoreceptores.

Durant la setena setmana, els axons comencen a créixer i a la vuitena setmana és quan es desenvolupa per complet el nervi òptic (5,8).

Tot i que els nadons neixen amb els medis òptics transparents i disposen de la capacitat de veure-hi, ja que poden diferenciar la claredat i la foscor, encara no tenen completament desenvolupat el sistema visual i no serà fins més tard que podran assolir la visió adulta. Per tant, la funció visual dels nounats es veurà limitada per un procés neural i no per la qualitat òptica, ja que aquesta acostuma a ser molt bona (9,10).

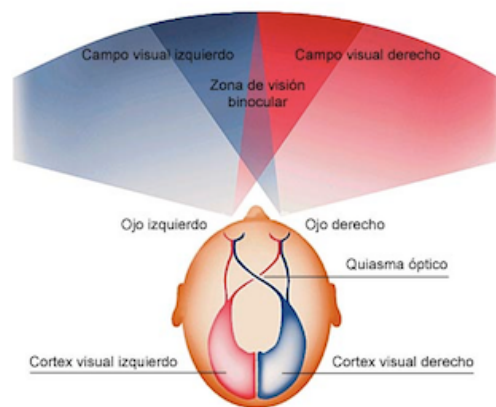
El que més destaca en el desenvolupament postnatal són els canvis que es produeixen durant els 2 primers anys de vida, tant els refractius com els de la longitud axial.

Tot i la immaduresa de la retina en néixer, aquesta conté tots els components neurals. Durant el desenvolupament postnatal es diferenciaran i es distribuïran progressivament en les capes corresponents. És per aquest motiu que just després del naixement ens trobem amb una baixa agudesa visual i una absència de precisió de fixació central.

L'àrea de la màcula es va diferenciant de la resta de la retina gràcies a l'aprimament del gruix de la fòvea i a la migració de cons cap a ella. Com a conseqüència es produeix un increment de la densitat d'aquest tipus de fotoreceptors. Alhora les cèl·lules ganglionars i les cèl·lules de suport s'allunyen de la màcula. Aquesta migració provoca el desenvolupament de la fossa foveal.

La fòvea continua desenvolupant-se fins als 4-5 anys. És per aquesta raó que la visió d'un nou-nat depèn de la seva àrea extrafoveal. Aquestes alteracions de la regió foveal són les que probablement permeten recollir millor la llum, contribuint en la millora de l'agudesa visual i la sensibilitat al contrast (9).

En els humans existeix un període plàstic que comença als 4 mesos i continua fins als 7-10 anys. La llargada d'aquesta etapa inicial, també coneguda com a període crític, dependrà de cada funció visual. La màxima susceptibilitat es dona en els primers anys on és essencial que es produeixi una experiència visual normal per tal d'evitar lesions irreparables fruit d'un desenvolupament neural erroni.

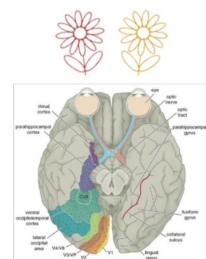


Imatge 4: Visió binocular (11)

La visió binocular permet integrar les imatges que cada ull envia simultàniament al cervell per produir una percepció visual única. Perquè es doni, és necessari que hi hagi una integritat anatòmica de les vies visuals, una coordinació motriu i una integritat sensorial.

La coordinació motriu depèn del desenvolupament oculomotor, que anirà lligat a l'evolució sensorial del sistema visual, ja que la formació d'imatges clares permet guiar els mecanismes oculomotors.

Com va postular *Worth*, el grau inferior de la visió binocular simple és la percepció simultània. És a dir, la capacitat d'apreciar estímuls que es projecten a ambdós ulls alhora encara que no s'arribin a fusionar (12).



*Imatge 5: Percepció simultània. (66)
Adaptació pròpia.*

Durant les primeres setmanes ens trobem amb una capacitat visual reduïda, ja que la visió no està suficientment desenvolupada. En tenir una agudesa visual limitada per factors anatòmics i neurals, la resposta acomodativa serà poc precisa i com a conseqüència provocarà que hi hagi una absència de



moviments de seguiment, una mala precisió en la fixació monocular i binocular i un mal control de vergències.

Respecte als moviments de fixació d'un nou-nat, és probable que utilitzi punts extrafoveals i tendeixi a canviar de fixació amb poca freqüència. A mesura que madurin la fòvea i el còrtex visual, la fixació s'estabilitzarà. Les preferències de fixació dels infants són: les línies corbes, els patrons complexos, els objectes tridimensionals, les novetats, els rostres humans...(9).

Per altra banda, els moviments sacàdics tot i que són relativament madurs després del naixement, encara són imprecisos, de petita amplitud i d'elevat temps de latència.

En canvi, els moviments de seguiment són breus, intermitents i interromputs, en diverses ocasions es poden confondre amb moviments sacàdics. Aquests milloren amb l'augment de la sensibilitat al contrast, la millora de l'agudesia visual i amb la precisió acomodativa que s'adquireix gràcies al desenvolupament postnatal de la fòvea.

El primer component de vergència que s'estabilitza és la vergència tònica. En les primeres setmanes i de manera progressiva apareixen els moviments de convergència grollers i esporàdics (9).

Abans hi haurà el desenvolupament d'altres funcions visuals com l'acomodació i l'agudesia visual, com a conseqüència s'obtindran moviments de convergència acomodativa.

Els nou-nats disposen d'una gran profunditat de focus, cosa que compensa la falta de precisió de la resposta acomodativa, deguda a la miosi, a la seva immaduresa macular i a una curta longitud axial (9). Això fa que no existeixi un augment de la visió borrosa amb canvis en la distància de fixació. Amb l'edat la profunditat de focus disminueix i com a conseqüència la resposta acomodativa és més precisa. Hi ha una millora de la resposta acomodativa cap als 4 mesos, però es pot endarrerir per alts errors refractius, ja que els petits esforços acomodatius inicials no aconseguen millores en la qualitat de la imatge.

L'agudesia visual és una mesura del màxim detall que pot resoldre o reconèixer el sistema visual. Aquesta es pot veure disminuïda per errors de refracció o per dèficits neuronals, aquests últims no es poden corregir òpticament (13).

En absència d'errors refractius o patologies, que impedirien una estimulació normal del sistema visual, els valors de normalitat de l'agudesia visual que s'esperen segons les edats són els següents:

EDAT	PROVA AV		
	Nistagmus Optocinètic	Preferència de mirada	Potencials visuals evocats
Nounat	20/400	20/700	20/800
1 mes	20/400	20/580	20/400
2 mesos	20/400	20/250	20/200
3 mesos	20/350	20/200	20/150
4 mesos	20/225	20/160	20/70
5 mesos	20/150	20/140	20/50
6 mesos	20/100	20/120	20/40 – 20/30
9 mesos		20/90	20/20
11 mesos		20/50	20/20
12 mesos		20/40	20/20

Taula 1: Valors normatius d'agudes visual. Recopilació de valors normatius d'AV durant el primer any de vida, segons diferents autors. Nistagmus optocinètic (Dobson & Teller, 1978). Preferència de mirada (Dobson & Teller, 1978 y Gwiazda et al, 1980). Potencials visuals evocats (Dobson & Teller, 1978).(14)

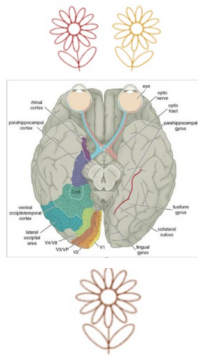
Els infants quan naixen no són capaços de reconèixer lletres o símbols. Això és degut al fet que no disposen de la maduresa intel·lectual i de les habilitats de comunicació per identificar-ho, i per tant, tenen limitacions cognitives per identificar i respondre comportamentalment o verbalment (13).

És per aquest motiu que fins als 2-3 anys d'edat no es poden utilitzar mètodes formals de la mesura d'AV, ja que utilitzen elements de percepció de forma que requereixen una resposta subjectiva per identificar el seu reconeixement (9). L'agudes visual en infants es pot avaluar mitjançant tècniques electrofisiologies, la disponibilitat de les quals és limitada, o bé amb tècniques conductuals que són les més utilitzades i es basen en l'observació de les respostes de moviment ocular davant de partons repetitius. Els resultats que s'obtenen en les proves conductuals dissenyades per nens i nenes acostumen a demostrar menys fiabilitat que els obtinguts en proves per adults.

Tot i així, els infants mostren una millora ràpida durant els primers sis mesos postnatsals. En canvi, en els següents un o dos anys la millora és més gradual (13).

A la taula anterior (14), s'ha de tenir en compte si el nadó és prematur. En aquest cas s'haurà de descomptar el nombre de setmanes de prematuritat per poder-ho comparar amb els valors de normalitat.

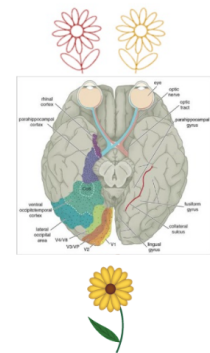
A mesura que millora l'AV, la sensibilitat al contrast també augmenta i es desplaça cap a freqüències espacials més elevades (9). Un altre canvi que es produeix en aquests primers 12 mesos és l'augment del camp visual, en aquest període augmenta gradualment 30º en cada direcció fins a gairebé assolir nivells d'adult (13).



Imatge 6: Fusió.
(70) Adaptació pròpia.

Fins al quart o sisè mes no s'assoleix per complet el segon grau de la visió binocular, és a dir la fusió. Ja que fins aquest moment, la visió binocular cortical és immadura. Aquest nivell es divideix en fusió sensorial i fusió motriu. La primera és la resposta de la percepció simultània per tal d'aconseguir la integració d'ambdues imatges i la motriu és la que ens permet alinear els eixos visuals perfectament. Gràcies a ambdues s'obtenen respostes fusionals clares (12).

L'últim component de vergència en madurar i establir-se és la vergència fusional, que permet que aparegui l'estereòpsia que és el nivell òptim tant sensorial com motor de la binocularitat. Perquè s'assoleixi aquest grau és imprescindible que prèviament hi hagi percepció simultània i fusió (9,12).

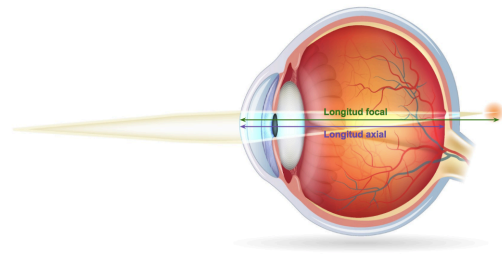


Imatge 7: Estereòpsia.
(17) Adaptació pròpia.

2.2. Desenvolupament de l'error refractiu des del naixement. Procés d'emmetropització.

L'error refractiu representa el desajust entre la longitud focal de l'ull i la seva longitud axial (15).

Si comparem les dades dels errors refractius de la població adulta, d'edat avançada i d'edat escolar amb les dades dels nounats i dels nens preescolars, podem observar que l'error refractiu no és estàtic al llarg de la vida (16).



*Imatge 8: Ull hipermetrop. (70)
Adaptació pròpia.*

El desenvolupament de la refracció no continua de manera lineal, sinó que ho fa exponencialment. A mesura que augmenta l'edat, el procés de l'emmetropització es desaccelera fins a arribar a l'edat adulta on s'acostuma a establitzar en errors propers a l'emmetropia (16).

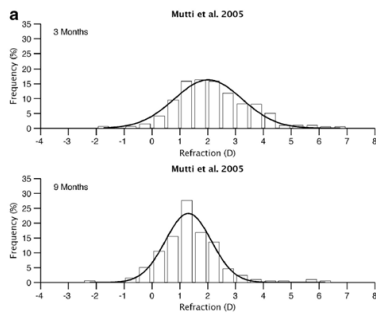


Figura 1: Canvi en la distribució de la refracció equivalent esfèrica entre els 3 i 9 mesos (17).

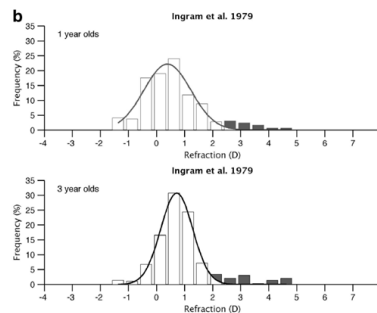


Figura 2: Canvi en la distribució de la refracció equivalent esfèrica entre els 1r i 3r anys de vida (17).

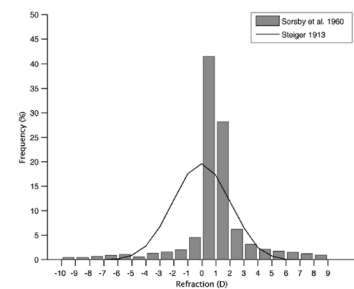


Figura 3: Corba de refracció dels adults (17).

La principal diferència entre la corba de refracció dels infants i la dels adults, és que en la primera hi ha molts més ulls hipermetròpics (18). A més a més, la distribució en la dels adults és més estreta i mostra un pic marcat sobre l'emmetropia. La desviació estàndard d'aquesta és d'aproximadament $\pm 1D$ (16). En canvi, com podem observar en les gràfiques anteriors, els nounats mostren una ampla gamma d'errors de refracció, la majoria presenten una hipermetropia mitjana de + 2,00 D amb una desviació estàndard de $\pm 2,75 D$ (16). Tanmateix, també posseeixen un astigmatisme igual o superior a 1 DC (19).

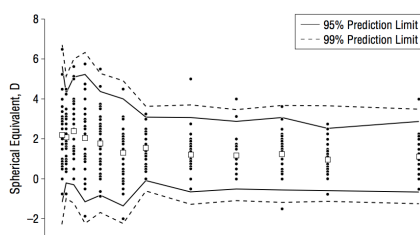


Figura 4: L'equivalent esfèric de l'UD de 12 grups d'edat. L'EE mitjà (quadrats oberts) i els límits de predicció. (21)

El procés de l'emmetropització és una tendència del sistema visual per adquirir l'emmetropia a mesura que l'ull creix independentment de l'error refractiu de l'infant al néixer (16). Aquest procés succeeix sobretot en els dos primers anys de vida durant el desenvolupament postnatal. L'emmetropització, és per

tant, una combinació tant de processos actius com passius per arribar a l'estabilització de l'error refractiu prop de l'emmetropia (20).

L'emmetropització passiva succeeix amb el creixement normal dels ulls. Durant aquest període passem de tenir un globus ocular de 16 mm de diàmetre a un d'aproximadament 20 mm, per tant, es produeix un increment de 3,8 mm (9). A mesura que augmenta la longitud axial, la potència dels components òptics disminueix proporcionalment, reduint l'error de refracció (16,20).

La potència de la còrnia i la del cristal·lí disminueix quan augmenten els seus respectius radis de curvatura. Per altra banda, l'efectivitat del cristal·lí es redueix amb l'aprofundiment de la càmera anterior (20). Per tant, el mecanisme passiu apareix amb la modulació d'aquestes dues potències (15). Quan aquests canvis no són proporcionals és quan apareix l'ametropia (20). Tot i així, cal tenir en compte que aquestes variacions es produeixen en proporció a l'error refractiu inicial de l'infant i és per aquest motiu, que l'efecte és relativament petit si ho comparem amb el del creixement axial de l'ull. Segons *Mutti et al (2005)*, la pèrdua de poder diòptric del cristal·lí i de la còrnia no és de suficient magnitud per impedir o contribuir de manera passiva en l'emmetropització.

Per altra banda, es considera que el mecanisme actiu és un procés complementari al passiu (20) i és gràcies a l'actiu que succeeix el creixement ocular (16). El mecanisme actiu descriu el paper de la retroalimentació visual en el control de l'augment de la longitud axial (16). És a dir, un cop apareix l'ametropia, i per tant, hi ha una formació d'imatges defectuoses a la retina, el desenfocament d'aquestes modula la longitud axial de l'ull per tal de reduir l'error refractiu. Sembla que és el factor més influent en l'emmetropització esfèrica (15).

Aquest tipus d'emmetropització activa es produeix quan l'infant és molt jove. L'herència determina la tendència a certes proporcions del globus ocular (procés passiu) i és l'entorn qui influeix en l'acció del mecanisme actiu. Una evidència d'aquest tipus d'emmetropització és la Figura 1, on es mostra el canvi en l'error refractiu dels 3 mesos als 9 mesos d'edat.

L'emmetropització a partir dels 3 anys i fins als 6 anys d'edat continua a un ritme molt més lent. Moment on l'error refractiu mitjà és una hipermetropia baixa de +0,75D (mirar Figura 2).

Altrament, *Ingram i Barr (1979)*, van notar una reducció important en la correcció de l'astigmatisme entre el primer any de vida i els 3 anys i mig. El percentatge inicial d'infants amb astigmatismes superiors a 1 DC és del 67%, en canvi, un cop finalitzat aquest procés només és del 4-8% de la població



infantil. Els 3 anys és una edat crítica, ja que l'astigmatisme que es manifesta en aquest moment és el que s'acostuma a mantenir per sempre, cosa que es té en compte a l'hora de la prescripció refractiva.

Els nadons amb un desenvolupament visual normal sovint mostren nivells d'hipermetropia i astigmatisme de moderats a lleus, que disminueixen ràpidament durant el primer any de vida. En alguns individus, l'emmetropització no es produeix a causa d'una estimulació visual anormal, com pot ser grans errors de refracció, estrabismes o anisometropies (16). Si es mantenen nivells significatius d'ametropia més enllà del primer any, pot significar que no es desenvolupi amb normalitat aquest procés.

Perquè es doni es requereix d'una experiència visual normal, ja que s'ha demostrat que la interrupció d'aquesta afecta en el procés d'emmetropització i provoca l'aparició d'ametropies elevades (16). L'experiència visual resulta més efectiva en l'alteració de l'estat refractiu durant les primeres etapes (10).

Habitualment, la taxa de reducció de l'error refractiu està relacionada amb el nivell inicial de l'ametropia. Com major sigui l'error refractiu inicial, major serà el canvi refractiu, sempre en absència d'estrabismes i/o ambliopia. Per tant, la reducció de la hipermetropia és major i més ràpida quan el valor de l'ametropia inicial és també més gran (10 i 13).

2.3. Error refractiu esperat segons l'edat: valors de normalitat.

Com hem comentat anteriorment, durant els dos primers anys de vida s'observa l'efecte de l'emmetropització en els nens. Aquest procés encamina l'error refractiu cap a l'emmetropia o a la baixa hipermetropia. L'estudi *Mayer et al (2001)* indica els valors mitjans de l'equivalent esfèric de refracció en infants preescolars entre 1 a 48 mesos d'edat, sans, sota cicloplegia (21).

Edat (mesos)	Equivalent esfèric (D)	Desviació estàndard (D)	Intervals de confiança del 95 % (D)		Intervals de confiança del 99 % (D)	
			Superior	Inferior	Superior	Inferior
1	+ 2,20	± 1,60	+ 5,51	- 1,12	+ 6,66	- 2,27
1,5	+ 2,08	± 1,12	+ 4,36	- 0,20	+ 5,13	- 0,98
2,5	+ 2,44	± 1,32	+ 5,13	- 0,26	+ 6,05	- 1,17
4	+ 2,03	± 1,56	+ 5,21	- 1,16	+ 6,28	- 2,23
6	+ 1,79	± 1,27	+ 4,39	- 0,81	+ 5,27	- 1,69
9	+ 1,32	± 1,13	+ 3,63	- 0,99	+ 4,41	- 1,77
12	+ 1,57	± 0,78	+ 3,16	- 0,01	+ 3,69	- 0,55
18	+ 1,23	± 0,91	+ 3,09	- 0,64	+ 3,72	- 1,27
24	+ 1,19	± 0,83	+ 2,89	- 0,50	+ 3,47	- 1,08
30	+ 1,25	± 0,89	+ 3,07	- 0,57	+ 3,68	- 1,19
36	+ 1,00	± 0,76	+ 2,56	- 0,56	+ 3,09	- 1,09
48	+ 1,13	± 0,85	+ 2,89	- 0,62	+ 3,50	- 1,23

Taula 2: Valors de l'equivalent esfèric mitjà i de la desviació estàndard segons l'edat. (21) Adaptació pròpia.

Tenint en compte anteriors estudis publicats, en general, un infant es classifica com a miop quan el seu equivalent esfèric (EE) és inferior a - 0,50 D, hipermetrop quan l'EE és major a + 0,50 D o emmetrop si el seu EE es troba entre - 0,50 D i + 0,50 D. (22) L'equivalent esfèric s'obté mitjançant la següent equació matemàtica:

$$EE = \text{esfera} + \text{cilindre}/2 \quad (22)$$

A la Taula 3 es mostra la prevalença (%) de l'error refractiu a partir dels 4 anys (23), és a dir, en la infància posterior. En aquesta etapa, a mesura que s'incrementa l'edat, el percentatge d'hipermetropia disminueix proporcionalment i apareix una tendència cap a l'aparició i progressió de la miopia.

Edat (anys)	Prevalença estimada (%) segons l'equivalent Esfèric (EE)					
	Miopia			Emmetropia	Hipermetropia	
	$> -3,75 D$	$-3,75 D a -0,50 D$	$< -0,50 D$	$-0,25 D a +0,50 D$	$+0,75 D a +1,25 D$	$> +1,25 D$
4	0,0	2,3	0,0	43,2	50,0	4,5
5	0,4	1,5	1,2	49,8	41,3	5,8
6	0,0	1,7	0,7	47,6	43,4	6,6
7	0,0	2,5	2,5	54,8	33,1	7,0
8	1,0	5,6	0,5	49,0	29,6	14,3
9	0,8	6,5	1,5	56,3	29,7	5,3
10	2,4	9,0	2,4	54,7	27,8	3,8
11	0,5	10,9	2,1	58,0	24,5	4,0
12	2,1	11,2	1,4	57,3	22,4	5,6

*Taula 3: Prevalença estimada d'error de refracció (%) per edats en nens de 4 a 12 anys.
(23) Adaptació pròpia.*

La prevalença de la hipermetropia infantil entre els 4 i 6 anys d'edat és elevada, la majoria dels infants preescolars presenten una hipermetropia d'entre + 0,75 D i + 1,25 D o una emmetropia que engloba els casos de baixa hipermetropia de fins a + 0,50 D i els de baixa miopia de $- 0,25 D$. En canvi, la prevalença de les hipermetropies moderades ($> + 1,25 D$) és inferior al 7%.

A partir dels 6 anys d'edat veiem que la variabilitat d'errors refractius és molt més ampla. A mesura que augmenta l'edat, els casos de baixa hipermetropia disminueixen i la tendència a desenvolupar miopia augmenta. Si ens fixem en la prevalença de la hipermetropia, superior a + 1,25 D, es manté força estable en tots els grups d'edat, excepte en els 8 anys, on s'ha produït un pic. Aquest percentatge no és menyspreable i sovint no es realitza una prescripció refractiva fins a edats més avançades.

L'error refractiu amb prevalença més freqüent per totes les edats és l'emmetropia, és a dir, entre $- 0,25 D$ i + 0,50 D. Aquest fet ens confirma l'efecte del procés de l'emmetropització. L'elevada prevalença de l'emmetropia va seguida de la hipermetropia baixa, d'entre + 0,75 D i + 1,25 D, que dels 4 als 6 anys d'edat la prevalença és d'entre el 40 % i 50 % i a partir dels 6 anys d'edat és d'entre el 20 % i 30 %.

Ostadimoghaddam H et al (2011) va estudiar la prevalença de la miopia i la hipermetropia en una població de Mashhad, l'Iran (24,25). Si comparem els valors de la Taula 3 amb els resultats obtinguts en aquest estudi, veiem que difereixen. Com s'observa a la Figura 4, l'error refractiu mitjà és molt més hipermetròpic, ja que fins als 12 anys d'edat la mitjana de l'error esfèric és superior a + 1,25 D i no és fins als 15 anys d'edat quan la mitjana de l'error refractiu esfèric s'aproxima a l'emmetropia.

En canvi, segons Junghans B M et al (2005), la prevalença de les hipermetropies superiors a + 1,25 D dels 4 als 12 anys d'edat és molt baixa en comparació amb les hipermetropies d'entre + 0,75 D i + 1,25 D (23).

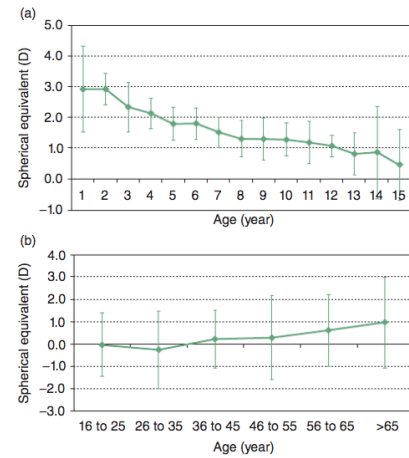


Figura 4: Distribució de l'error esfèric i la desviació estàndard basada en la refracció cicloplègica (a) i no cicloplègica (b). (24,25)

2.4. Relació entre visió binocular i l'error refractiu.

L'heterofòria és una desviació latent dels eixos visuals que en condicions normals de mirada no es manifesta. Aquesta es revela quan s'interromp la vergència fusional, és a dir, en absència del segon nivell de la visió binocular: la fusió. Permetent doncs, que els ulls adoptin la seva posició de repòs. Per tal de compensar aquesta desviació i romandre en condicions de binocularitat és imprescindible l'ús de la vergència fusional perquè s'alineïn els ulls (26,27).

L'heterofòria es classifica segons la direcció del moviment dels ulls quan es dissocien. Depenent de la mida i la direcció d'aquesta, es requerirà un grau i tipus concret de vergència fusional. En el cas de presentar una exofòria, a la posició lliure de fusió, les línies de mirada intersequen en un punt més allunyat que el punt de fixació binocular. Això correspon a una posició de divergència respecte a la posició d'ortofòria i per tant, descriu un moviment horitzontal cap al costat temporal. En realitzar la prova del Cover-uncover Test, el que observem davant aquest tipus d'heterofòria és un desplaçament cap endins, ja que la presència d'una exofòria requereix un augment de la convergència ràpida (26,27).

En canvi, amb una endofòria o esofòria, les línies de mirada intersequen en un punt més proper que el punt de fixació binocular. Per tant, correspon a una posició de convergència respecte a la posició d'ortofòria i això suposa un desplaçament horitzontal cap endins. En aquest cas, si es realitza la prova Cover-uncover Test, el que es veuria seria un moviment cap al costat temporal de l'ull examinat, això és degut al fet que es requereix un augment de divergència reflexa fusional per aconseguir una visió binocular única (26,27).

Les heterofòries verticals es donen quan en posició lliure de fusió, els dos eixos visuals no es troben al pla de mirada, és a dir, un es desvia per sobre o per sota de l'altre. Aquestes desviacions verticals no són tan freqüents i encara ho són menys les ciclofòries o també anomenades desviacions torsionals. Les darreres es donen quan en posició lliure de fusió els meridians corneals verticals no són paral·lels entre ells (28).

Però també ens podem trobar davant d'una ortofòria, condició en la qual els eixos visuals o línies de mirada, sense presència d'un estímul de fusió adequat, intersequen sobre el punt de fixació binocular i en aquest cas és quan hi ha una absència de moviment de dissociació (26).

És necessari destacar que un mal control de l'heterofòria pot provocar símptomes com la cefalea, la visió borrosa, la diplopia, la fotofòbia, l'astenopia... aquests poden afectar a l'eficiència visual i/o contribuir al baix rendiment acadèmic. Si no s'arriba a compensar la demanda amb les reserves de fusió adequades, pot derivar en un estrabisme (26,28). L'heterotropia és una situació on no es produeix fixació binocular en condicions normals de mirada i on coexisteixen un ull fixador i un ull desviat, aquest últim, en presència de l'estrabisme, és el que formarà la imatge de l'objecte de fixació fora de la fòvea.

Les heterofòries poden ser causades per alts errors de refracció no corregits, anomalies de l'acomodació i la vergència, factors anatòmics... (26).

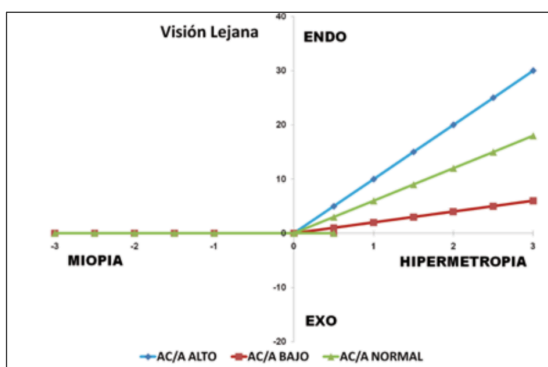


Figura 5: Representació dels valors de la fòria induïda per l'acomodació en visió llunyana respecte a l'ametropia.(21)

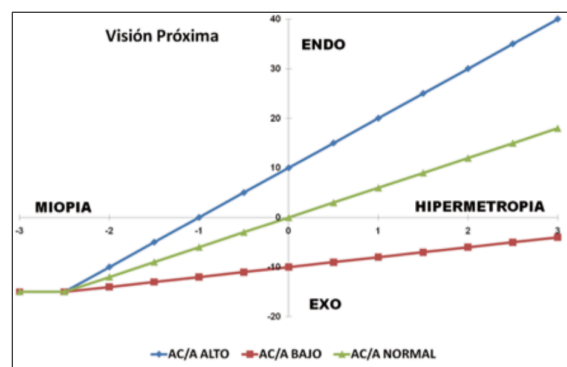


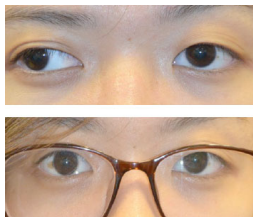
Figura 6: Representació dels valors de la fòria induïda per l'acomodació en visió propera respecte a l'ametropia.(29)

Les Figures 5 i 6 mostren les desviacions horitzontals induïdes segons el tipus d'ametropia i la relació AC/A. En el cas de presentar una hipermetropia no compensada, els subjectes han de realitzar un sobreesforç acomodatiu tant en visió llunyana com en visió propera per ser capaços de focalitzar la imatge observada sobre la retina. En visió llunyana el subjecte acomodarà el valor de la seva ametropia, provocant una major activació de la convergència acomodativa, i per tant, passarà d'una ortofòria a una endofòria en VL. En visió propera, els valors de l'endofòria acostumen a ser més elevats, ja que l'estímul de fixació és més proper i per tant haurà d'acomodar el valor de la hipermetropia més el valor en diòptries de l'estímul acomodatiu (26).

En el cas dels miops no compensats, en visió llunyana es mantindran ortofòrics, ja que en el cas que acomodessin com els hipermetrops, hi veurien més borrós, i no poden relaxar l'acomodació perquè ja la tenen totalment relaxada. En canvi, la seva situació en visió pròxima és diferent, en tenir el punt remot més proper, acomodaran menys del que seria necessari, ja que el valor de la miopia es restarà al valor en diòptries de l'estímul de fixació. És per aquest motiu, que la tendència dels miops no compensats en visió propera és una exodesviació (29).

Els estudis realitzats per *Leone et al (2009)*, van demostrar una associació significativa entre la miopia i l'exotropia (30). Aquest estrabisme divergent es dona en condicions normals de mirada quan els eixos visuals intersequen més lluny que l'objecte d'interès. El risc a desenvolupar aquest tipus de tropia és 5,23 vegades major en infants miops que en aquells que són emmetrops o tenen una ametropia no rellevant (30,31). Si observem la *Taula 4*, veiem com la probabilitat a desenvolupar una exotropia en pacients miops és major, el 5,23%, que la probabilitat a adquirir una endotropia, el 2,07%.

El control de la fusió en visió llunyana dels miops es debilita a causa de la baixa agudeses visual que provoca l'ametropia en aquesta distància. Com a conseqüència, els miops són menys sensibles al canvi de nitidesa que es produeix quan l'estímul de fixació s'apropa cap als ulls. En aquest moment és quan apareix l'acomodació, és a dir, quan es vol enfocar un objecte pròxim i a causa de la poca sensibilitat a la visió borrosa, el temps de la resposta acomodativa es veu reduït. En aquesta distància es requereix menys esforç acomodatiu per obtenir una imatge clara, la demanda acomodativa disminueix, ja que el retard acomodatiu és major i això comporta una menor estimulació de la convergència acomodativa. És aleshores quan pot haver-hi una ruptura del control de la fusió i es pot arribar a desenvolupar una exotropia. La relació entre la convergència acomodativa i l'acomodació (AC/A) és elevada (31).



Imatge 9: Exotropia acomodativa (24)

La correcció de la miopia pot ajudar a millorar el control i l'alineació de l'exotropia. Les lents negatives acostumen a millorar la convergència, i per tant, reduir l'excés d'exodesviació en visió propera (31,32).

Altrament, també es creu que la presència d'exofòries i/o exotropies pot contribuir en la progressió de la miopia, sobretot quan la desviació és gran, ja que per veure un objecte proper provocarà una convergència major per tal de controlar l'exodesviació i també hi haurà un increment directe de l'acomodació, superior a la necessària per l'estímul pròxim. Per tant, la demanda acomodativa augmentarà mentre que el retard acomodatiu es veurà disminuït (33).

Per altra banda, la presència d'hipermetropia entre els nens d'edat preescolar està associada a un major risc a adquirir estrabismes, concretament endotropies. Aquest estrabisme convergent es dona en condicions normals de mirada quan els eixos visuals intersequen més a prop que l'objecte d'interès (34). Com podem observar a la *Taula 4*, en pacients hipermetrops, és molt més probable desenvolupar una endotropia, la probabilitat és del 22,95%, que adquirir una exotropia, en aquest cas el percentatge

és només del 3,05%. Per tant, serà important corregir la hipermetropia per disminuir la probabilitat a desenvolupar una endotropia associada. El que posa en major risc a desenvolupar l'endotropia és l'esforç acomodatiu addicional associat a la hipermetropia no corregida i la convergència acomodativa resultant (33).

Els estudis basats en la població d'infants d'entre 6 mesos i 6 anys d'edat mostren una disminució de l'agudesesa visual binocular en casos d'hipermetropies bilaterals de +4,00 D (35).

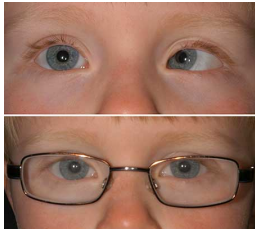
A més a més, els hipermetrops són més propensos a desenvolupar astigmatismes i anisometropies, és a dir, diferències refractives superiors a una diòptria esfèrica o cilíndrica entre ambdós ulls. Si aquestes anisometropies són majors a 3,00 – 4,00 D poden arribar a comprometre la visió binocular, ja que el cervell ignora la imatge més borrosa de l'ull més ametrop, i donat que l'infant es troba en procés de desenvolupament aquesta situació donarà lloc a una ambliopia (33,34). Per tant, com major sigui la magnitud i la gravetat de la hipermetropia també serà major la probabilitat a desenvolupar una ambliopia i/o un estrabisme (34).

L'estereòpsia és el primer grau de la visió binocular que es veu compromès quan la binocularitat s'altera. L'estereoagudesesa està disminuïda en hipermetropies elevades, i el desenfocament monocular o binocular s'ha associat a aquesta reducció. Tanmateix, la borrositat provocada per la hipermetropia no corregida es pot arribar a compensar amb l'acomodació fins a + 4,00 D. A partir d'aquest valor acostumen a aparèixer retards acomodatius més variables, normalment superiors o iguals a + 1,00 D. Si ho comparem amb els valors de normalitat, + 0,25 / + 0,75 D si es realitza la prova a 40 cm, veiem que el retard és elevat, i per tant, en els infants hipermetrops la resposta acomodativa és baixa (36).

Això es tradueix a una mancança de precisió en l'acomodació (33). En el cas que requereixin aquesta, els infants es trobaran en una situació de risc de sobreconvergència i per aconseguir una percepció única serà imprescindible divergir (33).

També han de fer ús de la divergència fusional per poder compensar el desequilibri que sorgeix entre la demanda de convergència i la d'acomodació. Els infants hipermetrops no corregits tenen una demanda de convergència inferior a la d'un adult, ja que tenen una distància interpupil·lar (DIP) més petita. En canvi, la demanda d'acomodació és major que en els no hipermetròpics. Aquesta relació creuada entre el sistema acomodatiu i de vergència, és la relació AC/A i la resposta d'aquesta és significativament menor a la d'un infant de la mateixa edat i emmetrop (33).

En conclusió, presentar hipermetropia durant l'edat preescolar s'associa a majors casos d'ambliopia, estrabisme convergent, anisometropia, astigmatisme i una pitjor estereoagudesesa (37).



imatge 10: Endotropia acomodativa (29)

La correcció òptica de la hipermetropia està indicada per prevenir o tractar l'ambliopia i/o l'endotropia associades (30). Les lents positives acostumen a millorar la divergència, i per tant, ajudarien a reduir l'excés d'endodesviació.

La presència d'astigmatisme és un risc tant per desenvolupar una exotropia com una endotropia (38). Si ens fixem en la Taula 4, veiem com la probabilitat relativa de l'associació de l'astigmatisme amb l'exotropia i l'endotropia és pràcticament idèntica, 3,2% i 2,95% respectivament.

Segons l'estudi realitzat per Lindberg L. (1999), s'han trobat un gran nombre d'ulls astigmàtics, l'error refractiu dels quals és igual o superior a 1 DC, amb alteracions severes de la binocularitat. La majoria d'aquests astigmatismes són d'origen corneal i oblics (30).

	Associació amb una exotropia	Associació amb una endotropia
	OR (95%CI)	OR (95%CI)
Miopia	5,23 (2,26 – 12,09)	2,07 (0,87 – 4,93)
Hipermetropia	3,05 (0,34 – 27,22)	22,95 (9,68 – 54,41)
Astigmatisme	3,2 (2,29 – 4,48)	2,95 (2,03 – 4,29)
Anisometropia	6,56 (3,19 – 13,49)	11,29 (4,22 – 30,23)

Taula 4: Probabilitats relatives de l'associació de l'error refractiu amb l'exotropia i l'endotropia.(30) Adaptació pròpia.

A la Taula 4 s'observa com la probabilitat relativa (odd ratio: OR) d'associació entre l'exotropia i l'error refractiu és baix. En canvi, la probabilitat relativa d'associació entre l'endotropia i la hipermetropia és gairebé del 23%, seguida de la probabilitat d'associació (OR) entre endotropia i anisometropia (11,29%), la qual cosa evidencia la importància de la seva correcció.

La relació entre l'equivalent esfèric (SE) i la prevalença d'endotropia en nens i nenes d'entre 6 i 72 mesos d'edat també s'aprecia a la Figura 7 on es demostra que aquesta augmenta a mesura que incrementa la magnitud de la hipermetropia. En canvi, la prevalença de l'endotropia en pacients miops i emmetrops és gairebé inexistent (39).

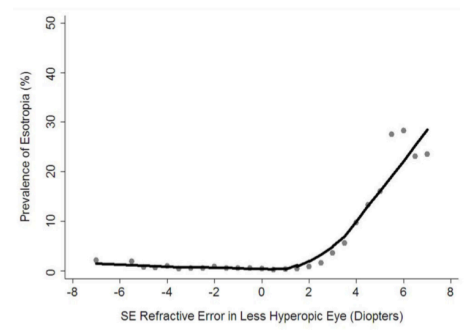


Figura 7: Relació entre l'equivalent esfèric (SE) i la prevalença d'endotropia en nens d'entre 6 i 72 mesos d'edat (39).

2.5. Criteris habituals de prescripció dels errors refractius en infants.

Una prescripció refractiva adequada en infants pot normalitzar el desenvolupament de la funció visual, millorar l'agudes visual i reduir el risc d'estrabisme (40).

Actualment, les directrius o pautes per la prescripció de la hipermetropia moderada o baixa en preescolars estan basades sobretot en l'experiència clínica, més que en l'evidència científica.

2.5.1. Recomanacions d'associacions i autors.

a. American Academy of Ophthalmology (AAO)

L'*American Academy of Ophthalmology*, per consens i basats en l'experiència professional i en les impressions clíniques, han establert unes directrius generals per a l'orientació de la prescripció refractiva en infants fins als 4 anys. En nens i nenes més grans no s'han establert aquests criteris, ja que la correcció refractiva dependrà de la gravetat de l'error de refracció, l'agudes visual i els símptomes visuals (40,41).

Condicció	Error refractiu (D) segons l'edat			
	< 1 any	1 -2 anys	2 – 3 anys	3 – 4 anys
Miopia	≥ -5,00	≥ -4,00	≥ -3,00	≥ -2,50
Hipermetropia	≥ +6,00	≥ +5,00	≥ +4,50	≥ +3,50
Hipermetropia/ET	≥ +2,50	≥ +2,00	≥ +1,50	≥ +1,50
Astigmatisme	≥ 3,00	≥ 2,50	≥ 2,00	≥ 1,50

Taula 5: Els patrons de pràctica preferits segons el consens de l'AAO alhora de prescriure la correcció refractiva (40,41)

Condicció	Error refractiu (D) segons l'edat			
	< 1 any	1 -2 anys	2 – 3 anys	3 – 4 anys
Miopia	≥ -4,00	≥ -3,00	≥ -3,00	≥ -2,50
Hipermetropia	≥ +2,50	≥ +2,00	≥ +1,50	≥ +1,50
Astigmatisme	≥ 2,50	≥ 2,00	≥ 2,00	≥ 1,50

Taula 6: Els patrons de pràctica preferits segons el consens de l'AAO alhora de prescriure la correcció refractiva en pacients amb anisometropia en absència d'estrabisme. (40)

En el cas que l'infant presenti una anisometropia i un astigmatisme, el llindar per a la correcció refractiva serà inferior als presentats (42,43).

b. American Optometric Association (AOA)

L'American Optometric Association encara no ha establert uns criteris de prescripció refractiva en infants hipermetrops. Per tant, es desconeix quina és la seva recomanació respecte a partir de quines magnituds d'error refractiu s'hauria de corregir l'ametropia, tenint en compte l'edat del pacient, i quina quantitat és l'apropiada a l'hora de prescriure (44).

En canvi, ha realitzat unes directrius pel maneig i la freqüència dels exàmens visuals segons una classificació general que es pot trobar a la Taula 7.

Tipus de pacient	Núm. de visites avaluatives	Opcions de tractament	Freqüència de les properes visites	Composició de les avaluacions de seguiment				Pla de gestió
				AV	Rx	A/V	Salut ocular	
Infant petit amb HP lleu o moderada, sense estrabisme o ambliopia	1-2	Correcció òptica. Modificar hàbits i entorn.	3-12 mesos	A cada visita			Segons necessitat	Sense tractament ni prescripció refractiva. Supervisar la visió.
Infant petit amb HP elevada sense estrabisme o ambliopia	1-2	Correcció òptica. Teràpia visual. Modificar hàbits i entorn.	2-6 mesos					Proporcionar prescripció refractiva. Tractar problema visual binocular i/o acomodatiu. Supervisar la visió.
Infant petit amb HP (lleu-elevada), amb estrabisme o ambliopia	2-3	Correcció òptica. Teràpia per l'estrabisme i/o l'ambliopia. Modificar hàbits i entorn. Productes farmacèutics.	2 setmanes – 3mesos					Proporcionar prescripció refractiva. Tractar qualsevol ambliopia i/o estrabisme. Supervisar la visió.
Infant més gran amb HP lleu o moderada	1-2	Correcció òptica. Modificar hàbits i entorn.	6-18 mesos					Sense tractament ni prescripció refractiva. Supervisar la visió.
Infant més gran amb HP elevada	1-2	Correcció òptica. Teràpia visual. Modificar hàbits i entorn.	6-12 mesos					Proporcionar prescripció refractiva. Tractar problema visual binocular i/o acomodatiu. Supervisar la visió.

Taula 7: Freqüència i composició de les visites d'avaluació i de gestió de la hipermetropia. (45) Adaptació pròpia.

AV: Test de l'agudesia visual Rx: Refracció A/V: Tests d'acomodació i vergència



c. The College of Optometrists

The *College of Optometrists* és el cos professional dels optometristes britànics. Segons aquesta institució abans de realitzar una nova prescripció és imprescindible considerar si hi ha un canvi significatiu en aquesta, si existeix una millora en la visió funcional, quina és l'actual utilitat de les seves ulleres... (46). És per aquest motiu que s'ha de fer un judici previ a la prescripció refractiva de petites ametropies en infants hipermetrops, ja que en el cas de no ser clínicament necessari s'estaria cometent un frau (46).

Segons *The College of Optometrists* les correccions binoculars inferiors a + 0,75 D no acostumen a ser beneficioses pels menors de 16 anys d'edat. Tot i així, hi ha certs casos on sí que ho són i per valorar la seva prescripció indiquen que cal considerar un seguit de factors: si l'amplitud d'acomodació és baixa, si existeixen desequilibris del sistema oculomotor en visió llunyana i/o propera, si les reserves fusional són baixes i/o hi ha mala salut general, en aquests casos pot ser convenient corregir petits errors de refracció (46).

d. *The Royal College of Ophthalmologists*

The Royal College of Ophthalmologists, considera que els nens hipermetrops de fins a + 4,00 D no necessiten ulleres, sempre que no tinguin associat un estrabisme, la seva agudesa visual i funció binocular es desenvolupin adequadament segons l'edat i no presentin una anisometropia i/o un astigmatisme significatiu (47).

En el cas de tenir una hipermetropia associada a una endotropia, el tractament escollit és la correcció completa de l'error refractiu. A la pràctica, el límit mínim raonable per la prescripció refractiva és de +1,50 D. En canvi, amb una exotropia, si l'agudesa visual és bona, no es corregirà la hipermetropia per tal de facilitar el control de l'estrabisme divergent (48).

Per altra banda, en absència de tropia, les indicacions pel tractament de l'ametropia dependran de l'edat del nen i de la magnitud de la hipermetropia. *The Royal College of Ophthalmologists* encara no ha establert uns criteris específics per la prescripció refractiva en infants hipermetrops preescolars (48). Tot i així, com hem comentat anteriorment s'aconsella corregir la hipermetropia superior a + 4,00 D, encara que l'agudesa visual no corregida sigui l'esperada. D'aquesta manera, evitaríem l'astenopia en augmentar les demandes de convergència a l'escola. Una opció de tractament són els bifocals executius per corregir l'endodesviació en visió propera i permetre la fusió amb la mínima addició necessària que pot ser de fins a + 3,00 D. S'ha d'anar reduint progressivament l'addició per evitar una dependència als bifocals a llarg termini. Aquesta opció no és adequada si no es corregeix completament l'estrabisme (47). És important que les lents escollides siguin orgàniques per reduir el risc de lesions (47).

En el cas que es faci una prescripció, es recomana un període d'adaptació fins que la visió s'estabilitzi, que pot arribar a durar fins a 18 setmanes. La freqüència de les visites de seguiment dependran de molts factors: l'edat, el canvi de tractament i l'efecte d'aquest.

The Royal College of Ophthalmologists aconsella realitzar revisions anuals. En el cas que l'agudesa visual no millori o empitjori, és convenient repetir l'examen refractiu i del fons d'ull, a part de considerar diagnòstics alternatius (49).

Condicció	Pla
Hipermetropia < + 4,00 D	No corregir
Hipermetropia ≥ + 4,00 D	Considerar prescripció
Hipermetropia + endotropia	Correcció completa
Hipermetropia + exotropia	Evitar correcció

Taula 8: Recomanacions per la prescripció refractiva de la institució *The Royal College of Ophthalmologists*.

e. The Directorate of Optometric Continuing Education and Training (DOCET)

The Directorate of Optometric Continuing Education and Training és un comitè d'educació continuada per tots els optometristes del Regne Unit. La Dra. Margaret Woodhouse del Departament d'Optometria i Ciències de la Visió de la Universitat de Cardiff, va ser l'encarregada d'elaborar unes directrius per la prescripció refractiva en infants que representen una bona orientació i pràctica (veure Taula 9) (49).

Edat	Pla									
Qualsevol edat	<p>Considerar prescriure en presència de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Errors refractius extrems per l'edat. ▪ Estrabisme i/o ambliopia. ▪ Anisometropia persistent ($> 1,00$ D, observada en dos visites consecutives de 3 mesos de diferència) 									
< 2 anys	Només supervisar l'error de refracció									
> 2 anys	<p>Considerar prescriure quan l'ametropia és significativa i no disminueix:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Miopia:</th> <th style="width: 33%;">Hipermetropia:</th> <th style="width: 33%;">Astigmatisme:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq - 0,75$ D</td> <td style="text-align: center;">$\geq + 3,00$ D</td> <td style="text-align: center;">$\geq 2,50$ D</td> </tr> <tr> <td>Prescripció total quan l'infant necessiti una visió clara en VL.</td> <td>Si no hi ha anomalies de la visió binocular: hipocorregir 1,00 D</td> <td>En absència de miopia o hipermetropia.</td> </tr> </tbody> </table>	Miopia:	Hipermetropia:	Astigmatisme:	$\geq - 0,75$ D	$\geq + 3,00$ D	$\geq 2,50$ D	Prescripció total quan l'infant necessiti una visió clara en VL.	Si no hi ha anomalies de la visió binocular: hipocorregir 1,00 D	En absència de miopia o hipermetropia.
Miopia:	Hipermetropia:	Astigmatisme:								
$\geq - 0,75$ D	$\geq + 3,00$ D	$\geq 2,50$ D								
Prescripció total quan l'infant necessiti una visió clara en VL.	Si no hi ha anomalies de la visió binocular: hipocorregir 1,00 D	En absència de miopia o hipermetropia.								

Taula 9: Directrius per la prescripció refractiva del comitè The Directorate of Optometric Continuing Education and Training (DOCET) (49) Adaptació pròpia.

Segons *Woodhouse M*, en tots aquells infants hipermetrops menors de dos anys d'edat, s'haurà de realitzar un seguiment per observar quina és l'evolució de l'error refractiu. En el cas de presentar un estrabisme i/o una ambliopia, una anisometropia superior a 1,00 D persistent com a mínim durant 3 mesos (que és la diferència entre dos exàmens visuals consecutius) o si la hipermetropia és elevada, és a dir, superior a + 6,00 D, s'haurà de considerar prescriure.

En canvi, a partir dels 2 anys d'edat, s'aconsella hipocorregir en 1,00 D totes aquelles hipermetropies superiors o iguals a + 3,00 D, sempre que no hi hagi anomalies en la visió binocular de l'infant (50).

f. Altres autors

L'any 2007 *Bobier W* va elaborar unes directrius específiques per la prescripció refractiva per edats, després d'investigar les evidències a partir de recerca bàsica en desenvolupament ocular, els resultats d'assaigs clínics i la seva relació amb els resultats d'intervencions de prescripció refractiva primerenques (51). Aquestes directrius es resumeixen a la Taula 10.

Condicció	Edat	Pla
Hipermetropia		
$\geq + 3,50$ D	> 6 mesos	Vigilar fins a 1 any o considerar prescripció refractiva, sobretot si hi ha antecedents d'estrabisme.
	> 1 any	Seguiment correcte durant 3-4 mesos.
$\geq + 5,00$ D	> 6 mesos	Seguiment correcte durant 3-4 mesos.
Astigmatisme		
< 2,00 D	< 2 anys	Supervisar durant 6-9 mesos.
> 2,00 D	< 2 anys	Supervisar durant 3-4 mesos, considerar la correcció de la meitat de l'astigmatisme.
> 2,00 D	< 2 anys	Corregir tot l'astigmatisme. Seguiment durant 3-4 mesos.
1,00 – 2,00 D	> 2 anys	Potser
	> 3 anys	Test d'AV reduïda
Miopia		
	> 6 mesos	Corregir segons les necessitats de les funcions visuals. Considerar la distància de treball propera dels infants.
Anisometropia		
1 – 2 D	> 6 mesos	Supervisar durant 6 mesos i corregir si persisteix.
>2 D	> 6 mesos	Corregir i fer un seguiment durant 3-4 mesos.

Taula 10: Directrius per a la prescripció d'errors refractius en infants (51).

Segons l'autor, les petites quantitats d'hipermetropia són normals en els primers anys de vida i no s'han de corregir. En el cas de trobar nivells corregibles, no es prescriuran totalment, per tal de no interferir en el procés de l'emmetropització, ja que les grans quantitats d'hipermetropia acostumen a disminuir amb el temps. Per hipocorregir, l'autor suggereix prescriure el meridià menys hipermetrop, quedant, aleshores, 1,00 D residual.



Tanmateix, recomana uns intervals de seguiment curts, d'aproximadament 4 mesos, per poder corroborar que els canvis produïts pel procés de l'emmetropització, s'adapten a la correcció refractiva. A més a més, donat que els alts nivells d'hipermetropia estan vinculats amb l'aparició de l'endotropia, recomana corregir les hipermetropies elevades sobretot quan hi ha antecedents familiars amb estrabisme convergent (47).

2.5.2. La prevalença i el risc a desenvolupar una ambliopia i/o una endotropia amb una hipermetropia moderada no corregida.

Segons *Ingram et al. (1998)*, l'augment de la hipermetropia està relacionat amb el desenvolupament de l'ambliopia i sovint amb aparició d'un estrabisme (52). És per aquest motiu que un dels factors més influents a l'hora de dur a terme la prescripció refractiva en infants, és si hi ha una ambliopia associada a una hipermetropia. Donat aquest cas, *Leat S J (2011)*, va indicar la prescripció immediata d'ulleres (52).

L'ambliopia acostuma a ser una conseqüència de l'anisometropia existent en molts nens i nenes. La prevalença de l'anisometropia esfèrica en els preescolars d'entre 1 i 4 anys d'edat (7-11%) és major que en els nens escolaritzats (0-5%) (52). Aquesta diferència de percentatge apareix, atès que, durant aquesta transició ens podem trobar nens que guanyin anisometropia i d'altres, la majoria, que en perdin (52).

S'ha demostrat que hi ha diferents taxes d'emmetropització entre ambdós ulls, fet que comporta una anisometropia transitòria de 2,00 D a 2,50 D de magnitud. Actualment no es pot saber amb certesa si una determinada anisometropia serà transitòria o es mantindrà amb el risc de desenvolupar una ambliopia. Tot i així, aquelles anisometropies iguals o superiors a 3,00 D, són les més propenses a produir una ambliopia. En canvi, els infants amb anisometropies de fins a 2,00 D acostumen a perdre-la amb el temps (50).

Les anisometropies hipermetròpiques i cilíndriques són més ambliogèniques que les miòpiques (53) La simptomatologia de l'ambliopia pot ser difícil de detectar. Els infants amb aquesta condició acostumen a tenir una mala percepció de la profunditat, presenten un estrabisme i/o inclinen el cap (52).

En el cas de presentar una ambliopia associada a una hipermetropia anisometròpica, s'aconsella la correcció de la hipermetropia d'acord amb l'edat. Seguint aquest tractament, s'acostuma a observar una millora en l'agudesia visual als 4 mesos posteriors de començar el tractament, tot i que pot continuar fins a l'any. La prescripció refractiva es pot combinar amb teràpia d'oclusió que acostuma a deixar de ser necessària cap als 4 mesos (52).

També existeixen ambliopies provocades per hipermetropies isometròpiques elevades. Basant-nos en proves clíniques, el tractament idoni en aquests casos, també és la correcció refractiva de la

hipermetropia, però a diferència de les anisometròpiques el pla de millora pot durar entre 1 i diversos anys (52).

Per altra banda, els infants amb una hipermetropia superior a + 4,00 D són més propensos a desenvolupar una endotropia (54), ja que la hipermetropia provoca un augment de la resposta acomodativa, que s'acompanya d'una resposta en convergència acomodativa. Per tant, al tenir una AC/A elevada, la correcció de la hipermetropia també serà eficient pel tractament de l'estrabisme convergent (55).

Un altre factor que és decisiu a l'hora de considerar si és oportú prescriure o no, és la valoració de l'angle de desviació de l'endotropia. Com major sigui aquest, la tendència a l'hora de prescriure unes ulleres entre els professionals de la salut visual s'incrementa (52), ja que la correcció de l'estrabisme convergent, optimitza l'alineació dels eixos visuals. Una possible opció com a tractament en casos d'endotropia amb excés de convergència són els bifocals (43).

La comparació d'ambos estudis realitzats per *Holmes J et al. (2019)* i *Kulp M et al. (2019)*, va suggerir que els nens més petits, és a dir d'1 i 2 anys d'edat, amb una hipermetropia moderada, ortotròpics, tenen un risc més elevat de desenvolupar una subseqüent endotropia que els infants de 3 a 5 anys d'edat (56).

Els símptomes més comuns de l'endotropia en nens són la desviació constant o intermitent d'un o ambdós ulls cap endins, la diplopia, la fatiga visual, la dificultat en la lectura i l'escriptura, la torticollis, l'ambliopia, l'alteració del desenvolupament de la visió binocular (52).

Durant el procés de l'emmetropització, s'intenta evitar la prescripció refractiva completa, i per tant, s'aconsella hipocorregir la hipermetropia sempre que no es requereixi tractar altres condicions com són l'ambliopia o l'endotropia (54).

Segons l'estudi realitzat per *Liu et al. (2006)*, l'ús d'ulleres no corregeix únicament la hipermetropia i la endodesviació, sinó que també, com hem comentat anteriorment, redueix l'ambliopia. Gràcies a la prescripció refractiva es millora l'agudesia visual i es restableix l'equilibri de la convergència acomodativa binocular. Per tant, la correcció refractiva és un tractament adequat per a l'ambliopia hipermetròpica associada amb endotropies (52).

En el cas de no ser necessària una prescripció total de la hipermetropia i mentre el procés de l'emmetropització es mantingui actiu, l'optometrista haurà de fer un seguiment freqüent de l'evolució



de l'error refractiu de l'infant i de la hipocorrecció necessària de la hipermetropia, amb l'objectiu de no interrompre el procés de l'emmetropització (57).

3. NOUS CRITERIS DE PRESCRIPCIÓ REFRACTIVA ACTUALS BASATS EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA

En els nens, les petites quantitats d'hipermetropia poden ser fàcilment superades amb l'ajuda de l'acomodació. L'amplitud d'acomodació (AA) és la màxima quantitat d'acomodació que el sistema visual pot exercir, els mètodes subjectius més utilitzats són el de Donders i el de Sheard (58).

Hofstetter (1950) va suggerir tres equacions pel càlcul màxim, mínim i mitjà de l'amplitud d'acomodació per tots els grups d'edat. A continuació tenim les equacions matemàtiques:

$$AA \text{ mínima} = 15 - 0,25 \times \text{edat}$$

$$AA \text{ mitjana} = 18,5 - 0,30 \times \text{edat}$$

$$AA \text{ màxima} = 25 - 0,40 \times \text{edat} \quad (59)$$

La Taula 11 i la Figura 8 mostren com l'amplitud d'acomodació es redueix progressivament amb l'edat. Per tant, a mesura que l'infant creixi serà més complicat compensar la hipermetropia mitjançant l'acomodació i depenent de la magnitud de la hipermetropia es requerirà una prescripció refractiva.

Edat (anys)	AA i desviació estàndard (D)	AA calculada amb les equacions de Hofstetter (D)		
		Màxima	Mitjana	Mínima
8	19,00 ± 2,11	21,80	16,10	13,08
9	18,43 ± 2,45	21,40	15,80	12,84
10	17,08 ± 2,82	21,00	15,50	12,60
11	16,08 ± 3,19	20,60	15,20	12,36
12	16,30 ± 2,77	20,20	14,90	12,12
13	16,09 ± 3,38	19,80	14,60	11,88
14	15,47 ± 2,80	19,40	14,30	11,64

Taula 11: Amplitud d'acomodació i desviació estàndard observada i esperada segons l'edat (60). Adaptació pròpia.

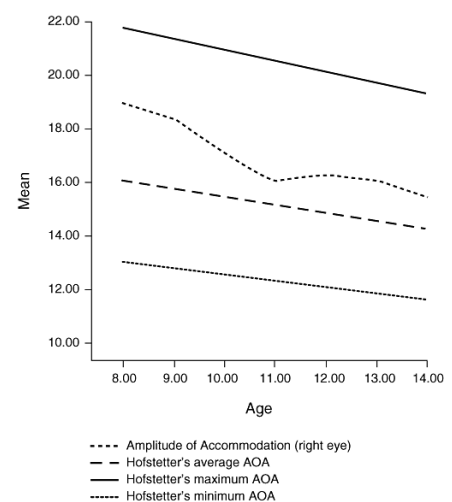


Figura 8: Disminució de l'AA amb l'edat (60)

Les hipermetropies baixes i inclòs les moderades es poden arribar a compensar amb l'esforç acomodatiu. En canvi, les hipermetropies superiors a + 5,00 D són difícils de compensar i poden desencadenar en astenopia. A més a més, si no es corregeix aquest tipus d'error refractiu, el risc a desenvolupar una endotropia i una ambliopia s'incrementa (55).

3.1. Hàbits de prescripció.

A mesura que augmenta l'edat dels infants, la presència de símptomes i/o l'astigmatisme, disminueix considerablement la magnitud de la hipermetropia que requereix prescripció refractiva (61). Això ho va corroborar l'enquesta realitzada per *Lyons S A et al. (2004)*, on la proporció de professionals de la salut visual que van confirmar realitzar una prescripció refractiva en nens hipermetrops de + 6,00 D o d'inferior magnitud, augmentava amb l'edat dels pacients. Per tant, hi ha una tendència evident en la pràctica clínica a corregir a partir de nivells inferiors d'hipermetropia els infants de major edat (61).

Al voltant del 40% dels oftalmòlegs enquestats per *Lyons S A et al. (2004)*, no realitzaven una prescripció refractiva en nens de 2 anys d'edat, a no ser, que presentin una hipermetropia igual o superior a + 5,00 D.

Per altra banda, el percentatge d'oftalmòlegs que optaven per la no correcció de la hipermetropia de magnitud inferior a + 5,00 D, en infants de 6 mesos, era molt més elevat, aproximadament el 75% (42).

En absència d'estrabismes o ambliopia, la majoria d'oftalmòlegs pediàtrics acostumen a prescriure menys quantitat d'hipermetropia de la que es troba mitjançant la refracció cicloplègica (61). El mètode per determinar la quantitat hipocorregida varia molt entre els professionals però acostuma a ser una proporció específica, per exemple dos terços de la quantitat total de la hipermetropia trobada sota cicloplegia (61).

A la Taula 12 es presenta una recopilació realitzada per *Leat S J et al. (2011)* sobre les pràctiques habituals, segons diferents professionals o associacions, per a la prescripció d'hipermetropia en infants. Si ens fixem, la tendència de la pràctica clínica dels diferents professionals de la salut visual coincideix amb el que hem comentat anteriorment. A mesura que l'infant es fa gran, tant els optometristes com els oftalmòlegs són partidaris de prescriure nivells inferiors d'hipermetropia. Això es deu al fet que els infants i joves tenen l'habilitat de compensar hipermetropies baixes i moderades, capacitat que disminueix amb l'edat (55).

Edat	Criteris de prescripció seguits en la pràctica
6 mesos	<ul style="list-style-type: none"> Oftalmòlegs alemanys (80%): $> + 5,00$ D Optometristes nord-americans (86%): $\geq + 5,00$ D Oftalmòlegs nord-americans (66%): $\geq + 5,00$ D Estudi de l'AAO (100%): $\geq + 6,00$ D (0%: $\leq + 4,00$D)
1 any	<ul style="list-style-type: none"> Optometristes britànics (50%): $\geq + 4,50$ D Estudi de l'AAO (100%): $\geq + 5,00$ D (Majoria: $\geq + 3,00$ D)
≤ 2 anys	<ul style="list-style-type: none"> Membres de l'AAPOS (75%): $\geq + 5,50$ D (50%: $\geq + 5,00$ D)
2 anys	<ul style="list-style-type: none"> Oftalmòlegs alemanys (75%): $> + 3,00$ D Optometristes nord-americans (71%): $> + 3,00$ D Oftalmòlegs nord-americans (91%): $> + 5,00$ D (25%: $> + 3,00$ D)
3 anys	<ul style="list-style-type: none"> Optometristes britànics (50%): $\geq + 3,00$ D (30%: $+ 3,50 / - 0,50 \times 180^\circ$) Estudi de l'AAO (100%): $\geq + 4,00$ D (50%: $\geq + 3,00$D)
4 anys	<ul style="list-style-type: none"> Oftalmòlegs alemanys (91%): $> + 3,00$ D Optometristes nord-americans (89%): $> + 3,00$ D Oftalmòlegs nord-americans (42%): $> + 3,00$ D Optometristes canadencs (92%): $\geq + 4,00$ D (66%: $\geq + 3,00$ D) Estudi de l'AAO (100%): $\geq + 3,00$ D
5 anys	<ul style="list-style-type: none"> Optometristes britànics (50%): $\geq + 2,50$ D
4 – 6 anys	<ul style="list-style-type: none"> Membres de l'AAPOS (50%): $\geq + 4,00$ D
4 – 7 mesos	<ul style="list-style-type: none"> Estudi de l'AAO (100%): $\geq + 3,00$ D (50%: $\geq + 1,8$ D o $\geq + 2,7$ D sense astigmatisme)

Taula 12: Recopilació dels criteris clínics per a la prescripció d'hipermetropia infantil (55). Adaptació pròpia.

Com es pot observar, durant el primer any de vida dels infants, tant els oftalmòlegs com els optometristes semblen estar d'acord a l'hora de prescriure i la majoria ho fan al voltant de les + 5,00 D d'hipermetropia (55).

Per decidir la prescripció refractiva dels infants de 2 anys d'edat, els optometristes nord-americans sembla que coincideixen amb les directrius del comitè britànic "The Directorate of Optometric Continuing Education and Training (DOCET)", ja que la gran majoria corregeixen les hipermetropies superiors a + 3,00 D (55).

Per altra banda, la probabilitat de prescriure a partir de +3,00 D o + 4,00 D, en nens d'entre 3 i 4 anys d'edat, és major en els optometristes de l'estudi de la institució "The American Academy of Ophthalmology (AAO)", ja que el 50% confirmen realitzar correccions òptiques a partir d'aquestes magnituds. En canvi, els optometristes dels hospitals del Regne Unit són la minoria, només un 30% dels enquestats ho fan (55).

En comparació amb la pràctica dels optometristes acadèmics de l'estudi de l'AAO, on per unanimitat es prescriu en nens de 4 anys d'edat a partir de les + 3,00 D, pels optometristes canadencs aquesta pràctica és menys corrent, només un 66% dels enquestats ho fa. Ara bé, el 92% coincideix en realitzar, pel mateix grup d'edat, una prescripció refractiva amb hipermetropies iguals o superiors a + 4,00 D. Dels 4 als 6 anys d'edat, els professionals semblen seguir prescrivint a un nivell molt similar al dels infants de 4 anys d'edat, és a dir, a partir d'aproximadament les + 3,00 D (55).

Tots els grups constituïts per optometristes tendeixen a prescriure a partir de nivells més baixos d'hipermetropia en la majoria d'edats que els oftalmòlegs nord-americans o els membres de l'AAPOS. Aquesta tendència s'accentua quan es tracta d'una primera recepta o el si el pacient pertany a un grup d'edat més jove. La quantitat hipocorregida de la hipermetropia també és major quan els infants són més petits (55).

S'estima que la hipocorrecció en els infants de 0 a 3 anys d'edat podria ser de fins a 1,50 D. Mentre que en el grup d'edat escolar, és a dir, tots aquells nens d'entre 7 i 19 anys, és de fins a 0,75 D. Per tant, la quantitat hipocorregida dels 4 als 6 anys d'edat variarà entre aquests dos valors (54).

3.2. Recull d'evidències actuals

Segons *Leat S J (2011)*, es poden adoptar diferents enfocaments a l'hora de decidir quina és la quantitat d'hipermetropia necessària per realitzar una prescripció refractiva.

Una opció és prescriure de tal manera que la porció no corregida es trobi dins del rang normal, un exemple és fins al límit del 95%. D'aquesta manera, quedaria un gran estímul d'hipermetropia que potenciaria el procés de l'emmetropització.

Tot i que l'experiència clínica suggereix que aquest mètode d'hipocorrecció de la hipermetropia infantil pot tenir un major risc a l'hora de desenvolupar una endotropia, actualment no s'ha confirmat la seva evidència en la investigació.

Com hem comentat anteriorment, sembla ser que l'acomodació de l'infant no pot superar les hipermetropies elevades no corregides. No obstant això, amb una correcció suficientment petita, es pot aconseguir portar la hipermetropia restant dins del rang normal, permetent doncs, l'acomodació d'aquesta.

Un altre enfocament de la hipocorrecció de la hipermetropia consisteix a fer coincidir la quantitat no corregida amb la mitjana d'hipermetropia normal per l'edat. Aquest mètode també donaria a l'infant un estímul mitjà per l'emmetropització, però aquest potser no seria l'òptim per completar el procés de l'emmetropització, ja que el nivell de la hipermetropia és més elevat dels valors esperats per l'edat.

L'enfocament suggerit per *Leat S J (2011)*, per prescriure la hipermetropia és deixar la porció no corregida just per sobre de la mitjana segons l'edat, d'aquesta manera queda un estímul hipermetròpic que contribuirà en la finalització de l'emmetropització, aquest és major que el de l'anterior mètode, és a dir, el de la mitjana.

Serà necessari programar visites de seguiment amb freqüència, inicialment cada mes, i en el cas de desenvolupar un estrabisme convergent, s'haurà de plantejar augmentar la prescripció de la hipermetropia o considerar la prescripció total per tal d'optimitzar l'alineació dels eixos visuals de l'infant.

En el grup dels 3 als 6 mesos d'edat es considerarà prescriure aquella hipermetropia determinada amb la refracció cicloplègica quan es trobi fora del rang del 95% i la seva agudesesa visual sigui inferior a 0,1, l'equivalent esfèric trobat mitjançant la refracció no cicloplègica (Mohindra) sigui igual o superior a + 3,25 D i/o presenti un astigmatisme en contra de la regla. Amb la manifestació d'aquests factors es realitzarà una prescripció parcial tant del cilindre com de l'esfera. Per la hipocorrecció de la

hipermetropia seguirem el següent mètode: deixar la hipermetropia no corregida per sobre de la mitjana segons l'edat (52).

En els infants de com a mínim 1 any d'edat i amb una hipermetropia moderada superior o igual a + 3,50 D en un o ambdós meridians, es realitzarà una prescripció parcial. El protocol d'Atkinson per aquesta edat i per determinar el valor de l'esfera, consisteix en hipocorregir 1,00 D del meridià menys hipermetròpic i prescriure aquest valor com correcció esfèrica. En el cas de presentar un astigmatisme igual o superior a 2,50 D es prescriurà la meitat (52).

Holmes J et al. (2019) i Kulp M et al. (2019) van realitzar dos estudis paral·lels en infants preescolars amb hipermetropia moderada, és a dir d'entre + 3,00 D i + 6,00 D, amb l'objectiu de conèixer quins són els beneficis o perjudicis que comporta l'elecció del seu tractament i la seva idoneïtat. Les opcions de tractament eren: la prescripció immediata d'ulleres o el seguiment de l'evolució d'aquest error refractiu i únicament, la seva prescripció, en el cas que es doni un deteriorament de l'agudesesa visual, l'estereoagudesesa o la binocularitat (42).

El primer estudi es va realitzar en infants d'1 i 2 anys d'edat per la institució *American Academy of Ophthalmology*. Els resultats obtinguts mostren que el tipus de tractament escollit no interfereix en el procés de l'emmetropització, ja que en ambdós grups de tractament es va trobar poca reducció de la hipermetropia. Això pot ser degut al fet que l'emmetropització durant el primer any de vida és ràpida i en la majoria de casos s'acaba de completar al final del primer any de vida. A més a més, tot i no ser conclouent, es va descobrir que el benefici de la prescripció refractiva immediata era pràcticament inexistent comparat amb el del seguiment acurat de l'evolució de la hipermetropia (43).

Altrament, en el segon estudi, impulsat per l'*American Journal of Ophthalmology*, es van agafar nens i nenes de 3 a 5 anys d'edat. En aquest cas es va trobar una petita i significativa diferència en la mitjana de l'emmetropització entre ambdós tipus de tractament. El valor d'aquesta diferència era d'aproximadament 0,50 D per any a favor de l'observació continuada. La proporció d'infants amb una hipermetropia reduïda en 1,00 D o superior, va ser més elevada en els infants que van seguir aquest tipus de tractament que amb la prescripció immediata de la hipermetropia. Per altra banda, no es van trobar diferències en les proporcions de deteriorament de l'agudesesa visual, l'estereogaduesesa o la binocularitat entre els dos tractaments, la qual cosa suggereix que la prescripció refractiva immediata per aquest grup d'edat preescolar no aporta cap benefici (43).

3.3. Relació de la hipocorrecció de la hipermetropia baixa o moderada amb problemes d'aprenentatge o dificultats en la lectura.

La visió juga un paper molt important en l'aprenentatge de la lectoescriptura dels infants (62). *Kulp T et al. (2016)*, va realitzar l'estudi comparatiu "Vision in Preschoolers – Hyperopia in Preschoolers, VIP-HIP" sobre les diferències obtingudes de l'avaluació de l'alfabetització primerenca entre nens emmetrops i hipermetrops no corregits de + 3,00 D a + 6,00 D, sense estrabisme ni ambliopia, durant els 4 i 5 anys d'edat. Ho va fer mitjançant el "Test of Preschool Early Literacy, TOPEL" (57), prova estandarditzada àmpliament utilitzada per determinar l'elegibilitat dels infants per a programes educatius correctius (62).



Imatge 11: Inici de l'aprenentatge de la lectoescriptura (72).

La hipermetropia no corregida, en visió pròxima, estava associada a una reducció tant de l'agudeses visual, donant lloc a valors iguals o inferiors a 20/40, com de l'estereoagudeses, on els resultats obtinguts eren de 240 segons d'arc com a màxim (62).

Segons *Kulp T et al. (2016)*, el rendiment en certes proves d'alfabetització dels infants preescolars hipermetrops no corregits es troba reduït respecte al dels nens emmetrops o amb una hipermetropia baixa de fins a + 1,00 D. Una de les tasques avaluades i que va mostrar el major dèficit, és el coneixement imprès, aquest avalua habilitats com la consciència d'impressió, la capacitat de reconèixer lletres o paraules escrites i la identificació de lletres associades a determinats sons. Per altra banda, en les proves relacionades amb el vocabulari qualificatiu, els dèficits van ser menors, aquest avalua la capacitat d'anomenar i descriure un atribut important dels objectes quotidians. En canvi, en la consciència fonològica, el rendiment pràcticament no va diferir amb la presència o absència de l'ametropia, aquesta avalua la capacitat de pronunciar i barrejar sons específics en paraules conegudes (63).

Aquests resultats coincideixen amb els obtinguts en l'estudi pilot *Shankar S et al. (2007)*, on els infants hipermetrops no corregits, d'entre 4 i 7 anys d'edat, mostraven un rendiment reduït en les proves de reconeixement de lletres i paraules, vocabulari receptiu, ortografia emergent i en els tests d'agudeses visual en visió pròxima. Anàleg a l'estudi VIP-HIP, no es van observar deficiències en les habilitats de consciència fonològica i en les habilitats cognitives visuals, aquestes si estiguessin afectades també podrien arribar a influir en l'adquisició d'habilitats de l'alfabetització (64).

Aquests dèficits que s'han esmentat anteriorment van ser significativament majors en els infants hipermetrops de com a mínim + 4,00 D en un dels meridians. Cal tenir en compte que la distància de treball típica dels preescolars és d'uns 33 cm, és a dir 3D. Els nens amb major hipermetropia no corregida van mostrar un retard acomodatiu més elevat, un altre factor que contribueix en l'increment del retard acomodatiu és la demanda de l'acomodació (64). Per tant, un infant amb un error refractiu de + 4,00 D, que és el grup que va presentar majors dèficits, tindria una amplitud d'acomodació d'aproximadament 7,00 D. Convé destacar que l'acomodació en els infants és menys precisa que en els adults (62). A més a més, és probable que els nens amb majors quantitats d'hipermetropia no puguin mantenir l'acomodació necessària per exercir correctament les proves d'agudeses visual (62). És per aquest motiu, que l'esforç necessari per superar la demanda de la hipermetropia no corregida pot portar a l'infant a una situació de fatiga visual, tensió ocular, difuminació intermitent de les lletres, cefalea, etc. Aquesta funció visual insuficient pot dificultar l'aprenentatge i la lectura de l'infant preescolar (62). És important detectar-la com abans millor, ja que s'ha demostrat que els dèficits primerencs en el rendiment de la lectura prediuen un mal rendiment d'aquesta en el futur (57).

Tot i així, actualment no disposem de proves suficients per aconsellar la prescripció refractiva a tots aquells infants que presentin una hipermetropia moderada. L'estudi VIP-HIP suggereix que els nens en edat preescolar amb una hipermetropia moderada i una agudeses visual binocular o estereoagudeses reduïda, tenen pitjors habilitats lingüístiques, però no hi ha una evidència convincent de què la prescripció d'ulleres pugui millorar el seu rendiment acadèmic (62). S'hauria de determinar si la correcció de la hipermetropia pot beneficiar els nens en edat preescolar, millorant tant la seva capacitat visual com acadèmica (64).

Malgrat això, donat el major risc d'estrabisme i ambliopia associat amb la hipermetropia moderada, les troballes de l'estudi *Suh et al (2016)* (64), recolzen la necessitat de realitzar un seguiment acurat i vigilar els possibles problemes que puguin adquirir els nens amb hipermetropia moderada no corregida, s'inclou en aquesta recomanació els infants que tenen una agudeses visual i una estereoagudeses normals per l'edat (65). Així doncs, sempre que hi hagi una manifestació d'un o més efectes de la hipermetropia no corregida, és a dir, disfuncions de la percepció visual, dificultats en la lectura o fracàs escolar, serà necessària una avaluació acurada i serà imprescindible considerar si es requereix o no un tractament (52). Segons *Leat S J (2011)*, una prescripció refractiva també pot ser beneficiosa en presència de signes i símptomes com la mala coordinació, el desenvolupament més lent de la motricitat fina, l'atenció reduïda per tasques properes, l'activitat excessiva i l'astenopia, la cefalea o les dificultats en l'aprenentatge. Tot i així, com s'ha comentat, molts autors recomanen realitzar un control de l'error



refractiu infantil abans de corregir la hipermetropia (65). En canvi, s'ha arribat a un consens en els casos associats a endotropies acomodatives o agudeses visuals reduïdes on és recomanable la prescripció refractiva.

En el cas de realitzar una prescripció refractiva pot ser convenient un canvi freqüent de les lents, i per tant, s'haurà de realitzar un seguiment de l'evolució de l'error refractiu. És habitual que es produeixi un augment significatiu de la hipermetropia a causa de la progressiva manifestació de la hipermetropia latent (66).

4. DISCUSSIÓ

L'objectiu principal que es volia assolir amb el Projecte de Final de Grau "Criteris de prescripció refractiva en hipermetropia moderada per preescolars" era identificar les evidències en la literatura científica que avalen els criteris de tractament refractiu de la hipermetropia moderada en infants preescolars, és a dir, en menors de 7 anys d'edat. També uns objectius importants eren realitzar una anàlisi dels criteris i recomanacions tradicionals i dur a terme una identificació dels nous criteris actuals basats en l'evidència científica. Incloent-hi una descripció de les diferències en els criteris de prescripció segons l'edat i una anàlisi de l'impacte de la prescripció hipermetròpica moderada o baixa en l'activitat acadèmica i/o dificultats d'aprenentatge o lectura. Tots aquests temes s'han abordat al llarg d'aquest treball.

Per començar, si ens fixem en la Taula 3, veurem com hi ha una tendència evident cap a l'emmetropia durant la infància, des del naixement. No obstant, l'error refractiu més comú per totes les edats dels infants examinats és la baixa hipermetropia d'entre +0,75 D i +1,25 D. La seva prevalença va disminuint a mesura que augmenta l'edat dels infants, entre els 4 i 6 anys d'edat és d'aproximadament el 45 %, en canvi, a partir dels 6 anys, la prevalença es redueix gairebé a la meitat: entre el 20 % i 30 %. Per altra banda, la prevalença de les hipermetropies superiors a +1,25 D és més baixa, però no menyspreable. Sovint aquestes hipermetropies no es corregeixen fins que són molt més grans i és per aquest motiu que en aquest treball hem investigat i qüestionat els criteris infantils de prescripció refractiva.

Tot i així, com hem comprovat amb la Taula 3 i la Figura 4, l'error refractiu mitjà segons l'edat pot variar entre els diferents estudis, i per tant, podem trobar més o menys magnitud d'hipermetropia mitjana per un mateix grup d'edat. Una possible causa d'aquesta diferència entre resultats pot ser l'elecció del mètode emprat per la realització de l'examen refractiu. En el segon estudi, Figura 4, fins a l'edat dels 15 anys, es va avaluar l'estat refractiu dels pacients sota l'efecte de la cicloplegia, a diferència de la Taula 3, on els resultats obtinguts es van trobar mitjançant una avaluació sense cicloplegia però controlant l'acomodació.

L'ús de fàrmacs cicloplègics posa de manifest la hipermetropia latent (67), per tant, s'espera que els resultats obtinguts tendeixin cap a un major nombre de casos d'hipermetropia i que aquesta sigui de major magnitud que en l'avaluació acomodativa. De manera paral·lela, l'avaluació no cicloplègica de l'error refractiu en nens sobreestima la miopia (68).

Per altra banda, si observem la Figura 4, als dos anys d'edat, la mitjana de l'error refractiu experimental obtingut va ser de + 3,00 D. Si ho comparem amb els valors de l'equivalent esfèric mitjà de la Taula 2, on l'error refractiu mitjà és de + 1,19 D amb una desviació estàndard $\pm 0,85$, veiem que s'ha trobat una diferència de 2,00 D. Però en aquest cas, ambdós estudis es van realitzar mitjançant un examen refractiu cicloplègic. Per tant, dos o més estudis també poden diferir a causa d'altres diferències en el mètode emprat, a part de l'ús de la cicloplegia, o bé segons l'ètnia i/o la genètica de l'infant o inclòs l'entorn, és a dir l'exposició major o menor dels petits a tasques d'alfabetització o dispositius digitals.

Els valors de l'equivalent esfèric mitjà segons l'edat recopilats a la Taula 2 es van trobar sota l'efecte de la cicloplegia. Hi ha autors que utilitzen la refracció no cicloplègica, però s'acostuma a preferir el seu ús en infants, ja que d'aquesta manera s'evita l'acomodació i per tant, el falsejament de l'error refractiu real.

Segons els estudis realitzats per *Holmes J et al. (2019)* i *Kulp M et al. (2019)*, durant l'edat preescolar la prescripció refractiva immediata no és necessària. El que es recomana pels infants d'entre 1 i 5 anys d'edat amb una hipermetropia moderada és fer un seguiment semestral de l'agudesia visual, l'estereoagudesia i la binocularitat (61). En el cas de desenvolupar una endotropia i/o una ambliopia, la prescripció refractiva immediata de la hipermetropia estarà indicada, ja que les lents positives acostumen a millorar la divergència i en aquest cas ajudarien a reduir l'excés d'endodesviació. La quantitat recomanada per la correcció òptica de la hipermetropia serà la indicada segons l'edat.

Pel que fa a la pràctica clínica actual dels diferents professionals de la salut visual, la majoria semblen estar d'acord a l'hora de prescriure en infants menors d'un any d'edat i ho fan al voltant de les + 5,00 D d'hipermetropia (55). Els optometristes nord-americans coincideixen amb les directrius del comitè britànic DOCET (veure Taula 9) per realitzar la prescripció refractiva en infants de 2 anys d'edat, ja que la majoria corregeixen aquelles hipermetropies superiors a + 3,00 D. A partir d'aquesta edat, tant els optometristes com els oftalmòlegs, segueixen prescrivint a partir d'aquesta magnitud d'hipermetropia.

Curiosament, es demostra que els optometristes acostumen a prescriure, per cada grup d'edat, a partir de nivells més baixos d'hipermetropia que els oftalmòlegs (69). Seria interessant conèixer quina pràctica és la més adient, tot i així, aquesta diferència entre ambdues pràctiques pot ser deguda al fet que els oftalmòlegs habitualment realitzen avaluacions refractives sota l'efecte de la cicloplegia mentre els òptics-optometristes no l'utilitzen sempre. L'ús de fàrmacs cicloplègics posa de manifest la hipermetropia latent, que habitualment es compensada per l'infant mitjançant l'acomodació i és per

aquest motiu que en un examen refractiu sense cicloplegia, no es trobarà. Per tant, els oftalmòlegs saben que l'error refractiu que troben és la suma de la hipermetropia manifesta i la latent i que el pacient podrà acomodar sense dificultats, en el seu dia a dia, part de la hipermetropia total. És per aquest motiu que l'infant no necessitarà la prescripció completa de la hipermetropia trobada mitjançant avaluacions amb fàrmacs cicloplègics i semblaria lògic que per compensar-ho, els oftalmòlegs prescrivissin a partir de majors magnituds d'hipermetropia que els òptics-optometristes. Aquesta tendència dels optometristes a prescriure a partir d'hipermetropies de menor magnitud, s'accentua quan es tracta d'una primera prescripció i la quantitat hipocorregida també és major quan els infants són més petits.

Altrament, és important abans de realitzar una prescripció, fer un judici previ per tal de no interferir ni en el procés de l'emmetropització ni en el de l'aprenentatge de la lectoescriptura dels infants, ja que en cas contrari, el seu futur rendiment acadèmic es podria veure compromès. Sempre que hi hagi una manifestació d'un o més efectes de la hipermetropia no corregida, és a dir, disfuncions de la percepció visual, dificultats en la lectura o fracàs escolar, serà necessària una avaluació acurada i serà imprescindible considerar si es requereix o no un tractament.

Després de realitzar aquest estudi d'investigació bibliogràfica, es pot constatar que encara no hi ha suficients evidències científiques per la recomanació específica de a partir de quins nivells d'hipermetropia s'ha de corregir segons l'edat i quina és la quantitat hipocorregida recomanada en la prescripció refractiva de la hipermetropia moderada en infants preescolars.



5. AGRAÏMENTS

Vull donar les gràcies a totes aquelles persones que m'han ajudat a l'hora de realitzar el Treball de Final de Grau: Criteris de prescripció refractiva en hipermetropia moderada per preescolars.

En especial a la meva tutora, la Sra. Mireia Pacheco. Per oferir-me un tema tan interessant, guiar-me en tot moment i administrar tots els recursos que he necessitat. També per recolzar-me i donar-me suport malgrat la distància i la situació en la que ens trobàvem.

Agraeixo a la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, després d'haver de renunciar a la meva estada de mobilitat, el donar-me la oportunitat de poder reprendre els meus estudis i realitzar el Treball de Final de Grau.

I per acabar, als meus pares, familiars i amics, per totes les molèsties i per haver-me animat en tot moment.

Moltes gràcies a tots.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Rodríguez I. Desarrollo de la Visión o Función Visual en los Niños [Internet]. [cited 2020 Jun 8]. Available from: <https://www.barraquer.com/noticias/desarrollo-la-vision-nino>
2. Visión infantil (desde el nacimiento hasta los 24 meses) [Internet]. [cited 2020 Jun 8]. Available from: [https://www.aoa.org/patients-and-public/eye-and-vision-problems/glossary-of-eye-and-vision-conditions/en-espanol/visi%C3%B3n-infantil-\(desde-el-nacimiento-hasta-los-24-meses\)](https://www.aoa.org/patients-and-public/eye-and-vision-problems/glossary-of-eye-and-vision-conditions/en-espanol/visi%C3%B3n-infantil-(desde-el-nacimiento-hasta-los-24-meses))
3. Fischer B. Percepción sensorial y aprendizaje. *Mente y cerebro Investigación y ciencia*. 2011;50.
4. Azzam D, Bordoni B. Embryology, Optic Fissure [Internet]. StatPearls. StatPearls Publishing; 2020 [cited 2020 Mar 28]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32119320>
5. Rosen D, Mahabadi N. Embryology, Optic Cup [Internet]. StatPearls. StatPearls Publishing; 2020 [cited 2020 Mar 28]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31424734>
6. Ferrés E et al. Manual de embriología y anatomía general - Elvira Ferrés, Víctor Smith Agreda, Manuel Montesinos - Google Libros [Internet]. [cited 2020 Mar 28]. Available from: <https://books.google.es/books?id=MTxGo4G1hAwC&lpg=PA268&dq=mesenquima%20periocular&hl=es&pg=PA268#v=onepage&q=mesenquima%20periocular&f=false>
7. Krstic R v. Los tejidos del hombre y de los mamíferos. Madrid: Interamericana McGraw-Hill.; 1989.
8. Bales TR, Clark J. Embryology, Eye [Internet]. StatPearls. StatPearls Publishing; 2019 [cited 2020 Mar 28]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30860715>
9. Ondategui JC, Borràs MR, Pacheco M, Varón MC, Sánchez E, Gispets J. Visión binocular. Diagnóstico y tratamiento [Internet]. 1997 [cited 2020 Mar 28].
10. Gil MA et al. Institut obert de Catalunya. Desenvolupament cognitiu i motriu. Departament d'Ensenyament [Internet]. 2010; Available from: http://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/1752_EDI/EDI_1752_M06/web/html/WebContent/u2/a4/continguts.html
11. Visión binocular [Internet]. [cited 2020 Apr 24]. Available from: <http://heidyaj.blogspot.com/2015/11/vision-binocular-introduccion-el.html>
12. Kumar Morya A, Solanki K, Bhandari S, Naidu A. Binocular Functions. In: *Eye Motility*. IntechOpen; 2019.
13. Lennie P. Visual Impairments: Determining Eligibility for Social Security Benefits Committee on Disability Determination for Individuals with Visual Impairments [Internet]. Vol. 368. 2002 [cited 2020 Apr 2]. Available from: <http://www.nap.edu/catalog/10320.html>

14. Dobson V, Teller DY. Visual acuity in human infants: A review and comparison of behavioral and electrophysiological studies. *Vision Research*. 1978 Jan 1;18(11):1469–83.
15. Mutti DO, Mitchell GL, Jones LA, Friedman NE, Frane SL, Lin WK, et al. Axial growth and changes in lenticular and corneal power during emmetropization in infants. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2005 Sep 1;46(9):3074–80.
16. Saunders KJ, Woodhouse JM, Westall CA. Emmetropisation in human infancy: Rate of change is related to initial refractive error. *Vision Research*. 1995 May 1;35(9):1325–8.
17. Ekdawi NS. Refractive Development - American Academy of Ophthalmology [Internet]. [cited 2020 Apr 7]. Available from: <https://www.aao.org/disease-review/refractive-development>
18. Sorsby A, Sheridan M, Leary GA, Benjamin B. Vision, Visual Acuity, and Ocular Refraction of Young Men. *British Medical Journal*. 1960 May 7;1(5183):1394–8.
19. Sayed KM. Analysis of components of total astigmatism in infants and young children. *International Ophthalmology*. 2017 Feb 1;37(1):125–9.
20. Brown NP, Koretz JF, Bron AJ. The development and maintenance of emmetropia. *Eye (Lond)*, 1999; 13 (Pt 1):83-92.
21. Mayer DL, Hansen RM, Moore BD, Kim S, Fulton AB. Cycloplegic refractions in healthy children aged 1 through 48 months. *Archives of Ophthalmology*. 2001 Nov 1;119(11):1625–8.
22. Álvarez C, Miguel Sánchez A, Villa C. Prevalencia de los errores refractivos en niños de 5 a 7 años. 2019.
23. Junghans BM, Crewther SG. Little evidence for an epidemic of myopia in Australian primary school children over the last 30 years. *BMC Ophthalmology*. 2005 Feb 11;5.
24. Rogers GM, Longmuir SQ. Refractive Accommodative Esotropia. *EyeRounds.org - Ophthalmology - The University of Iowa* [Internet]. [cited 2020 Apr 28]. Available from: <https://webeye.ophth.uiowa.edu/eyeforum/cases/129-Accommodative-Esotropia.htm>
25. Ostadimoghaddam H, Fotouhi A, Hashemi H, Yekta A, Heravian J, Rezvan F, et al. Prevalence of the refractive errors by age and gender: the Mashhad eye study of Iran. *Clinical & Experimental Ophthalmology* [Internet]. 2011 Nov 1 [cited 2020 May 1];39(8):743–51. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1442-9071.2011.02584.x>
26. Leone JF, Cornell E, Morgan IG, Mitchell P, Kifley A, Wang JJ, et al. Prevalence of heterophoria and associations with refractive error, heterotropia and ethnicity in Australian school children. *British Journal of Ophthalmology* [Internet]. 2010 May 1 [cited 2020 Apr 20];94(5):542–6. Available from: <http://bj.o.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjo.2009.163709>

27. Sreenivasan V, Irving EL, Bobier WR. Effect of heterophoria type and myopia on accommodative and vergence responses during sustained near activity in children. *Vision Research*. 2012 Mar 15;57:9–17.
28. Wajuihian SO. Prevalence of heterophoria and its association with near fusional vergence ranges and refractive errors. *African Vision and Eye Health*. 2018 May 31;77(1).
29. Bonet E, Alberto C, Vicent D, José M, Martí T. Influencia de la compensación de las ametropías en las heteroforias. :14–8.
30. Min Tang S, T Chan RY, bin Lin S, Song Rong S, W Lau HH, Y Lau WW, et al. Refractive Errors and Concomitant Strabismus: A Systematic Review and Meta-analysis OPEN. Nature Publishing Group [Internet]. 2016 [cited 2020 Apr 21]; Available from: www.nature.com/scientificreportshttp://www.nlm.nih.gov/bsd/licensee/medpmmenu.html
31. Kekunnaya R, Chandrasekharan A, Sachdeva V. Management of strabismus in myopes. *Middle East African Journal of Ophthalmology*. 2015 Jul 1;22(3):298–306.
32. Hinkley S, Iverson-Hill S, Haack L. The Correlation between Accommodative Lag and Refractive Error in Minors Under 18 [Internet]. [cited 2020 Apr 22]. Available from: <https://austinpublishinggroup.com/clinical-ophthalmology/fulltext/ajco-v1-id1007.php>
33. Kulp MT, Ying GS, Huang J, et al. Associations between Hyperopia and other Vision and Refractive Error Characteristics. *Optom Vis Sci*. 2014;91(4):383-389.
34. Ciner EB, Kulp MT, Maguire M, Pistilli M, Rowan Candy T, Moore B, et al. Visual Function of Moderately Hyperopic 4-and 5-Year-Old Children in the Vision In Preschoolers-Hyperopia In Preschoolers Study HHS Public Access. *Am J Ophthalmol*. 2016;170:143–52.
35. Anisometropía y aniseiconía | Clínica Baviera [Internet]. [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://www.clinicabaviera.com/anisometropia-aniseiconia>
36. Kulp T, Ciner E, Maguire M, Moore B, Pentimonti J, Pistilli M, et al. Uncorrected Hyperopia and Preschool Early Literacy: Results of the Vision In Preschoolers-Hyperopia In Preschoolers (VIP-HIP) Study The Vision In Preschoolers-Hyperopia In Preschoolers (VIP-HIP) Study Group HHS Public Access. *Ophthalmology*. 2016;123(4):681–9.
37. El estrabismo convergente - Ocularis [Internet]. [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://ocularis.es/el-estrabismo-convergente/>
38. Laatikainen PL, Lindberg L. The refractive components in binocularity disturbances. Vol. 4. 1999.
39. Cotter S, Varma R, Tarczy-Hornoch K, McKean-Cowdin R, Lin J, Wen G, et al. Risk Factors Associated with Childhood Strabismus: The Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease and Baltimore Pediatric Eye Disease Studies The Joint Writing Committee for the Multi-Ethnic Pediatric Eye

- Disease Study and the Baltimore Pediatric Eye Disease Study Groups. *Ophthalmology*. 2011;118(11):2251–61.
40. AAO PPP Pediatric Ophthalmology/Strabismus Panel. Pediatric Eye Evaluations PPP - 2017 - American Academy of Ophthalmology [Internet]. [cited 2020 May 1]. Available from: <https://www.aao.org/preferred-practice-pattern/pediatric-eye-evaluations-ppp-2017>
 41. Utz VM. Appendix 1: Prescribing Practices for Refractive Errors in Pediatric Patients.
 42. Kulp MT, Holmes JM, Dean TW, Suh DW, Kraker RT, Wallace DK, et al. A Randomized Clinical Trial of Immediate versus Delayed Glasses for Moderate Hyperopia in 1-and 2-Year-Olds. *Ophthalmology* [Internet]. 2019 [cited 2020 Mar 31];126:876–87. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.12.049>
 43. Holmes JM, Kulp MT, Dean TW, Suh DW, Kraker RT, Wallace DK, et al. A Randomized Clinical Trial of Immediate Versus Delayed Glasses for Moderate Hyperopia in Children 3 to 5 Years of Age. *American Journal of Ophthalmology*. 2019 Dec 1;208:145–59.
 44. Moore BD, Augsburger AR, Elise OD, Ciner B, David OD, Cockrell A, et al. Optometric clinical practice guideline care of the patient with hyperopia. Reference Guide for Clinicians Prepared by the American Optometric Association Consensus Panel on Care of the Patient with Hyperopia: Reviewed by the AOA Clinical Guidelines Coordinating Committee.
 45. Prescribing - The College of Optometrists [Internet]. [cited 2020 May 6]. Available from: <https://guidance.college-optometrists.org/guidance-contents/knowledge-skills-and-performance-domain/examining-patients-with-dementia/prescribing/?searchtoken=prescription>
 46. Prescribing spectacles - The College of Optometrists [Internet]. [cited 2020 May 5]. Available from: <https://guidance.college-optometrists.org/guidance-contents/knowledge-skills-and-performance-domain/prescribing-spectacles/#open:168,167,169>
 47. The Royal College of Ophthalmologists Guidelines for the Management of Strabismus in Childhood [Internet]. 2012 [cited 2020 May 12]. Available from: <https://www.rcophth.ac.uk/wp-content/uploads/2014/12/2012-SCI-250-Guidelines-for-Management-of-Strabismus-in-Childhood-2012.pdf>
 48. The royal college of ophthalmologists guidelines for the management of strabismus and amblyopia in childhood. February 2000.
 49. L. APW (Directorate of OC educations and T (DOCET)). *Examining Children*. London;
 50. Ashok A. Refraction and glass prescription in pediatric age group. *Kerala Journal of Ophthalmology* [Internet]. 2019 [cited 2020 May 17];31(1):78. Available from: <http://www.kjophthal.com/text.asp?2019/31/1/78/256270>

51. Bobier WR. Evidence-based spectacle prescribing for infants and children. *Journal of Modern Optics* [Internet]. 2007 Jun 15 [cited 2020 May 11];54(9):1367–77. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500340600855569>
52. Leat SJ. To prescribe or not to prescribe? Guidelines for spectacle prescribing in infants and children. *Clinical and Experimental Optometry* [Internet]. 2011 Nov [cited 2020 May 17];94(6):514–27. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2011.00600.x>
53. Amblyopia (Lazy Eye) | National Eye Institute [Internet]. [cited 2020 May 17]. Available from: <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/amblyopia-lazy-eye>
54. Liu X, Li Y min, Li Y. Spectacle correction of heterophoria in hyperopic amblyopic children. *Journal of Zhejiang University Science B*. 2006;7(11):884–6.
55. Leat SJ, Mittelstaedt A, McIntosh S, MacHan CM, Hrynychak PK, Irving EL. Prescribing for hyperopia in childhood and teenage by academic optometrists. *Optometry and Vision Science*. 2011 Nov;88(11):1333–42.
56. Estrabismo Restrictivo | Qué es, Síntomas y Tratamiento [Internet]. [cited 2020 May 17]. Available from: <https://www.barraquer.com/patologia/estrabismo>
57. Lambert SR, Atlanta G. Editorial Should Glasses Be Prescribed for All Children with Moderate Hyperopia? *Ophthalmology* [Internet]. 2016 [cited 2020 May 18];123:676–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.12.035>
58. González JM, Ángela L, Castillo R, Medrano SM, León A, González B, et al. Valores normales de amplitud de acomodación mediante una técnica objetiva en personas emétopes de 35 a 40 años de edad de la Clínica de Optometría de la Universidad de La Salle. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul* [Internet]. 2013 [cited 2020 Jun 3];(1):31–8. Available from: <https://doi.org/10.19052/sv.2317>
59. Ikaunieks G, Panke K, Segliņa M, Švede A, Krumiņa G. Accommodative Amplitude in School-Age Children. In: *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences*. De Gruyter Open Ltd; 2017. p. 387–91.
60. Ovenseri-Ogbomo GO, Kudjawu EP, Kio FE, Abu EK. Investigation of amplitude of accommodation among Ghanaian school children. *Clinical and Experimental Optometry* [Internet]. 2012 Mar 1 [cited 2020 Jun 3];95(2):187–91. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1444-0938.2011.00692.x>
61. Lyons SA, Lones LA, Walline JJ, Bartolone AG, Carlson NB, Kattouf V, et al. A Survey of Clinical Prescribing Philosophies for Hyperopia. *Optometry and Vision Science* [Internet]. 2004 Apr 1 [cited 2020 May 4];81(4):233–7. Available from:

<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006324-200404000-00008>

62. Kulp T, Ciner E, Maguire M, Moore B, Pentimonti J, Pistilli M, et al. Uncorrected Hyperopia and Preschool Early Literacy: Results of the Vision In Preschoolers-Hyperopia In Preschoolers (VIP-HIP) Study The Vision In Preschoolers-Hyperopia In Preschoolers (VIP-HIP) Study Group HHS Public Access. *Ophthalmology*. 2016;123(4):681–9.
63. Shankar S, Evans MA, Bobier WR. Hyperopia and emergent literacy of young children: Pilot study. In: *Optometry and Vision Science*. 2007. p. 1031–8.
64. Suh DW et al. Pediatric Eye Disease Investigator Group. Clinical factors associated with moderate hyperopia in preschool children with normal stereopsis and visual acuity. *J AAPOS*. 2016 20(5):455-457. HHS Public Access. [Internet]. [cited 2020 Mar 31]. Available from: www.pedig.net
65. Dartt, DA., Besharse JC, Dana R. *Encyclopedia of the eye*. Amsterdam, 2012. [cited 2020 May 18].
66. AGNOSIAS VISUALES | braining [Internet]. [cited 2020 Apr 28]. Available from: <https://brainingblog.wordpress.com/2014/06/27/agnosias-visuales/>
67. Mutti DO, Zadnik K, Egashiera S, Kish L, Twelker JD, Adams AJ. The effect of cycloplegia on measurement of the ocular components. | *IOVS* | ARVO Journals. 1994 [cited 2020 May 1]; Available from: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2161355>
68. Sankaridurg P, He X, Naduvilath T, Lv M, Ho A, Smith E, et al. Comparison of noncycloplegic and cycloplegic autorefraction in categorizing refractive error data in children. *Acta Ophthalmologica*. 2017 Nov 1;95(7):e633–40.
69. Beech JR, Singleton C. *The Psychological Assessment of Reading*. Psychology Press, 1997. [cited 2020 May 19].
70. Hipermetropía: Qué es , operación, cirugía, tratamiento hipermetropía [Internet]. [cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://www.visum.com/enfermedades-de-los-ojos/hipermetropia-2/>
71. Common Strabismus in Children: A Brief Overview - SingHealth [Internet]. [cited 2020 Apr 28]. Available from: <https://www.singhealth.com.sg/news/patient-care/common-strabismus-in-children>
72. Hábitos de lectura en niños de 0 a 3 años [Internet]. [cited 2020 Jun 7]. Available from: <https://www.guiainfantil.com/articulos/educacion/lectura/habitos-de-lectura-en-ninos-de-0-a-3-anos/>

