

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

L’optometrista e l’affaticamento visivo

Relatori:

Prof. Paolo Carelli

Candidato:

Valentina Campanale
Matricola M44000464

A.A. 2018/2019

Indice

Introduzione	4
CAPITOLO I - Emmetropia ed ametropia.....	6
1.1 MIOPIA	7
1.1.1 CLASSIFICAZIONI.....	8
1.1.2 CAUSE E SINTOMATOLOGIA	11
1.2 IPERMETROPIA	12
1.2.1 CLASSIFICAZIONI.....	13
1.2.2 SINTOMATOLOGIA	14
1.3 ASTIGMATISMO.....	15
1.3.1 CLASSIFICAZIONI.....	16
1.3.2 CAUSE DELL'ASTIGMATISMO	18
1.3 PRESBIOPIA.....	20
1.4.1 CLASSIFICAZIONI E SINTOMATOLOGIA	21
CAPITOLO II – ACCOMODAZIONE	22
2.1 MECCANISMO E STRUTTURE OCULARI COINVOLTE	22
2.2 PUNTO PROSSIMO, PUNTO REMOTO ED AMPIEZZA ACCOMODATIVA.....	25
2.3 MISURA DELL'AMPIEZZA ACCOMODATIVA	26
2.3.1 DETERMINAZIONE DEL PUNTO PROSSIMO DI VISIONE NITIDA	27
2.3.2 USO DI LENTI NEGATIVE.....	27
2.4 LAG ACCOMODATIVO	27
2.5 SFORZO ACCOMODATIVO	28
CAPITOLO III – VISIONE BINOCULARE.....	29
3.1 CONVERGENZA E DIVERGENZA.....	29
3.2 I TRE GRADI DELLA BINOCULARITA'	31
3.2.1 PERCEZIONE SIMULTANEA	31
3.2.2 FUSIONE	31
3.2.3 STEREOPSI	34
3.3 DEVIAZIONI OCULARI	34
3.3.1 DEVIAZIONI LATENTI	35

3.3.2 DEVIAZIONI MANIFESTE.....	35
3.4 ESAME DELLO STATO ETEROFORICO E MANTENIMENTO DELL'ORTOFORIA	38
3.5 RAPPORTO AC/A.....	43
3.5.1 CALCOLO AC/A: METODO DELLA FORIA	43
3.5.2 METODO DEL GRADIENTE.....	44
3.6 ANISOMETROPIA ED ANISEICONIA	45
CAPITOLO IV – AFFATICAMENTO VISIVO.....	48
4.1 COSA SI INTENDE E COSA PROVOCA L'AFFATICAMENTO VISIVO	48
CAPITOLO V – CAUSE SCATENANTI CHE PROVOCANO L'AFFATICAMENTO VISIVO	51
 Conclusioni	 59
Bibliografia e sitografia.....	62

Introduzione

L'oggetto di questa tesi è l'affaticamento visivo. Con il termine astenopia si intende l'insufficienza dell'apparato visivo a rendere chiare e distinte le immagini, in ogni circostanza maggiormente nell'accomodazione volontaria, comprendendo un insieme di sintomi oculari, visivi, neurologici e psichici. L'affaticamento visivo è causato da un lavoro eccessivo a carico dei muscoli, interni ed esterni, del bulbo oculare, responsabili della messa a fuoco di oggetti. Questo disturbo si presenta maggiormente nei ragazzi ed è statisticamente associato all'ipermetropia¹. I lavoratori più a rischio sono gli operatori addetti ai videoterminali che utilizzano tali apparecchiature per più di 20 ore a settimana², ma ancora più a rischio i soggetti che iniziano tale attività in età giovanile³. I sintomi dell'astenopia sono stati così descritti da Duke Elder: « Incapacità a sostenere un uso prolungato degli occhi e sensazione più o meno accentuata di dolore o disagio. Il dolore può essere più o meno forte a giungere fino alla forte nevralgia. Certe volte non c'è alcun dolore ma, dopo lungo uso degli occhi, la visione si annebbia e la persona è obbligata a riposarsi. Se invece insisterà nel lavoro, comincerà a sviluppare segni di infiammazione, tipo fotofobia, congiuntivite, ecc. Il mal di testa è sintomo preminente dell'astenopia e assume varie forme. »⁴

L'elaborato è suddiviso in cinque capitoli, in cui:

1. Nel primo capitolo si discute di emmetropia ed ametropia in quanto tali, dando una definizione e spiegando cause ed origine di ogni ametropia;
2. Nel secondo capitolo viene spiegato il meccanismo che permette la messa a fuoco degli oggetti, ovvero l'accomodazione;

¹ Abdi S, Lennerstrand G, Pansell T, Rydberg A., Orthoptic findings and asthenopia in a population of Swedish schoolchildren aged 6 to 16 years., in *Strabismus.* , vol. 16, 2008, pp. 47-55.

² Fenga C, Di Pietro R, Fenga P, Di Nola C, Spinella R, Cacciola A, Germanò D, Aragona P., Asthenopia in VDT users: our experience, in *G Ital Med Lav Ergon.*, 1973.

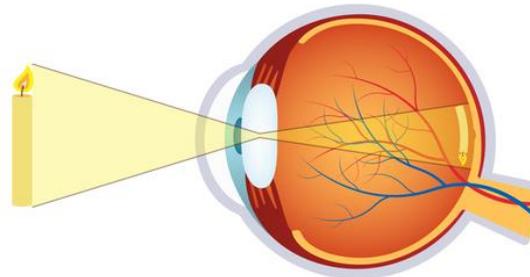
³ Bhandari DJ, Choudhary S, Doshi VG., A community-based study of asthenopia in computer operators., in *Indian J Ophthalmol.*, vol. 56, 2008, pp. 51-55.

⁴ Duke-Elder, 1930

3. Nel terzo capitolo l'argomento trattato è la visione binoculare: il corretto funzionamento del sistema visivo ed anomalie;
4. Nel quarto capitolo si parla di affaticamento visivo, oggetto principale dell'elaborato di tesi.
5. Nel quinto capitolo vengono descritte le cause che provocano l'affaticamento e le varie soluzioni da adottare per compensare tale disturbo

CAPITOLO I - Emmetropia ed ametropia

L'occhio è l'organo di senso principale dell'apparato visivo. Ottiene informazioni sull'ambiente circostante attraverso la luce, regolandone l'intensità mediante l'iride (diaframma), e attraverso un sistema regolabile di lenti (cornea e cristallino). Tutto questo per formare un'immagine retinica. Il compito della retina è quello di



VISIONE NORMALE

Figura 1

trasformare l'immagine in segnali elettrici per l'elaborazione e l'interpretazione. Viene definito occhio emmetrope, quella condizione in cui non si presentano anomalie di rifrazione ed i raggi incidenti parallelamente si riuniscano sullo strato dei coni e dei bastoncelli.⁵ Il termine emmetropia è stato coniato da Franciscus Donders nel suo trattato *“Sulle anomalie dell’accomodazione e della rifrazione degli occhi”*. Secondo Donders: «L'occhio non può essere eletto normale, perché può con tutta facilità essere anormale o malato, e cionullameno essere emmetropico. Non è giusta neppure l'espressione di occhio a struttura normale, perché la struttura di un occhio emmetropico può essere sotto vari rapporti anormale, e l'emmetropia può esistere con una differenza di struttura. [...] L'emmetropia sussiste allorché il fuoco principale dei mezzi dell'occhio in riposo cade sulla superficie anteriore dello strato più esterno della retina. Questa è la descrizione più semplice.⁶»

I parametri dell'occhio alla nascita , sono molto diversi rispetto ai parametri nell'adulto. Infatti, alla nascita, la lunghezza del bulbo oculare è attorno ai 17 – 18 mm, attorno ai 14 anni, l'occhio raggiunge i 24 mm e durante questa crescita,

⁵ Wikipedia luglio 2019

⁶ F. C. Donders *“Sulle anomalie dell’accomodazione e della rifrazione degli occhi: con un saggio preliminare sulla diottrica fisiologica”*, 1864.

avviene il processo definito di *emmetropizzazione*. In questo processo avvengono una serie di cambiamenti dal punto di vista diottrico finalizzati al raggiungimento dell'emmetropia. Tutto questo avviene mediante una compensazione reciproca tra le componenti del sistema diottrico e lunghezza assiale. Le ametropie sono i difetti del sistema ottico dell'occhio che rendono le immagini sfocate e necessitano di una correzione ottica. Queste si dividono in:

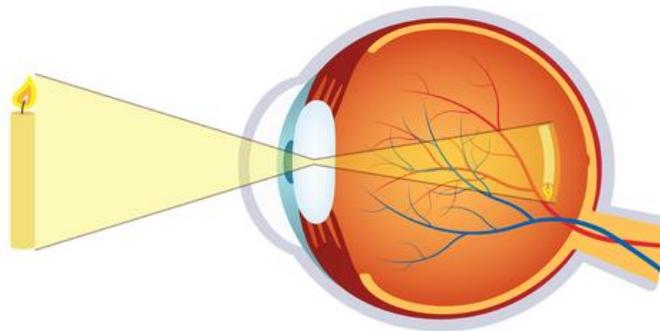
- Miopia
- Ipermetropia
- Astigmatismo
- Presbiopia

1.1 MIOPIA

Il termine miopia deriva dal greco "*myopos*" che significa socchiudere gli occhi, termine che meglio rende, effettivamente, il comportamento di un soggetto miope senza correzione.

La miopia è un'ametropia o anomalia refrattiva, causata da una lunghezza del bulbo oculare superiore al normale o da una curvatura eccessiva della cornea o del cristallino. Si definisce miopia quella condizione refrattiva in cui:

- Il punto remoto si trova a distanza finita (von Helmholtz, 1856);
- Le radiazioni provenienti dall'infinito vanno a fuoco prima della retina, ad accomodazione completamente rilassata (F. C. Donders, 1864);
- Il fuoco del sistema diottrico oculare si forma prima della retina ad accomodazione completamente rilassata, quindi l'immagine di un oggetto, posto all'infinito, si forma nel vitreo e sulla retina si forma un disco di diffusione (Atkinson, 1944).



MIopia

Figura 2

Il potere diottrico oculare, quindi, è maggiore rispetto a quello ideale necessario per ottenere la condizione di emmetropia. In quest'ultima condizione, la focale del sistema coincide, numericamente, con la distanza piano principale – retina. Ogniquale volta la focale del sistema risulta minore di tale distanza, il punto focale cade prima della retina creando, su di essa, un disco di diffusione. Il diametro di tale disco dipenderà dall'entità dell'ametropia. Un soggetto miope possiede il punto prossimo ed il punto remoto ad una distanza reale e finita, permettendo un intervallo di visione nitida e di visione confortevole. Se si osservano oggetti posti al di là del punto remoto, il soggetto avrà visione sfocata; al contrario, avrà visione nitida per oggetti collocati in zone ravvicinate.

1.1.1 CLASSIFICAZIONI

Le classificazioni sono molteplici, ma le più importanti sono:

1. In base alle modalità di progressione (F.C. Donders, 1864):
 - **miopia stazionaria:** di tipo lieve compresa tra 1.50 e 2.00 diottrie senza progredire durante il corso della vita;

- **miopia temporaneamente progressiva:** progredisce nei primi anni di vita successivamente resta costante;
 - **miopia permanentemente progressiva:** di tipo elevato che progredisce continuamente nel tempo con progressione massima tra 25 e 35 anni.
2. In base al fattore che induce la miopia (Emsley, 1953):
- **miopia assiale:** dipendente da una lunghezza anomala del bulbo oculare;
 - **miopia refrattiva:** dipendente da un potere anomalo del sistema diottrico oculare.

Questa si suddivide ulteriormente in:

- **da indice:** dovuta ad un'alterazione dell'indice di rifrazione di uno o più mezzi diottrici oculari;
- **da curvatura:** dovuta ad un'alterazione della curvatura di uno o più mezzi diottrici oculari;
- **da posizione:** dovuta dalla profondità della camera anteriore dalla quale dipende la posizione del cristallino rispetto agli altri mezzi diottrici oculari.

3. In base all'entità ed alterazioni del fondo oculare (Curtin, 1985):

- **miopia fisiologica(lieve, semplice o benigna):** dovuta ad una mancanza di correlazione tra potenza del sistema e lunghezza del bulbo e di questa categoria fanno parte miopie fino a 3.00 diottrie;
- **miopia intermedia (media o modesta):** la lunghezza del bulbo oculare è superiore al range di normalità (> 25 mm) ma non si riscontrano alterazioni del fondo oculare. In questa categoria sono comprese le miopie tra 3.00 e 5.00 diottrie;

Della suddivisione sopra riportata fanno parte, in base all'età di insorgenza, la:

- **miopia congenita:** condizione presente dalla nascita scomparendo nei primi mesi di vita;
- **miopia giovanile:** condizione che si sviluppa tra i 5 ed i 12 anni;
- **miopia tardiva:** condizione che si sviluppa dopo i 15 anni e i soggetti che sviluppano questo tipo di miopia sono coloro che svolgono, principalmente, lavori a distanza ravvicinata come studenti o operatori al videoterminale.

- **miopia patologia (elevata o maligna):** la lunghezza del bulbo oculare, in questa situazione, risulta molto diversa dai valori normali infatti supera i 32 mm. Spesso vi sono complicazioni serie del bulbo oculare, a volte glaucoma ed anche distacco di retina.
4. In base all'età di insorgenza (Grosvenor, 1987):
- **miopia congenita:** caso in cui la miopia persiste durante l'infanzia fino all'inizio della scuola;
 - **miopia ad insorgenza precoce o giovanile:** caso in cui la miopia persiste dai 6 anni per tutto il periodo adolescenziale (20 anni);
 - **miopia ad insorgenza adulta precoce:** caso in cui la miopia compare tra i 20 anni ed i 40;
 - **miopia ad insorgenza adulta tardiva:** caso in cui la miopia compare dopo o 40 anni e tende ad aumentare durante gli ultimi anni di vita.
5. Le **miopie transitorie:** causate principalmente da un aumento di indice di rifrazione. Le principali sono:
- **miopia da farmaci:** farmaci come aspirina e cortisone aumentano l'indice di rifrazione dell'umor acqueo provocando miopia passeggera che si presenta subito dopo l'assunzione del farmaco e scompare altrettanto velocemente;
 - **miopia traumatica:** dovuta a traumi contusivi del bulbo oculare;
 - **miopia da ipoglicemia:** il diabete, non controllato, produce una miopia di qualche diottria a causa di un aumento della glicemia;
 - **miopia da cataratta:** in presenza di cataratte nucleari ai primi stadi, si evidenzia un aumento di indice di rifrazione del cristallino;
 - **miopia da spasmo accomodativo:** miopia causata da uno spasmo del muscolo ciliare nel soggetto ipermetrope. Quindi un soggetto ipermetrope, dopo aver svolto, per molto tempo, un lavoro a distanza ravvicinata, può manifestare una rifrazione miopica;

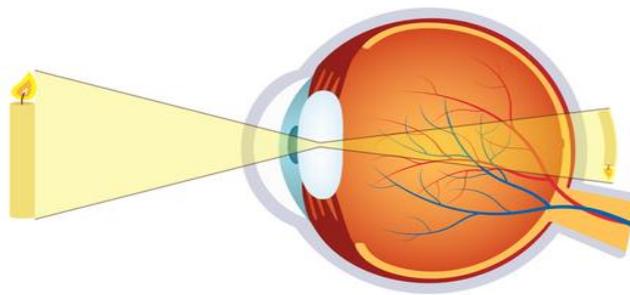
- **miopia notturna:** è simile all'accomodazione tonica e si presenta in visione scotopica. In questo caso vi è un aumento del potere oculare totale e le cause sono: midriasi che di notte è maggiore, l'assenza di un punto preciso su cui poter fissare l'accomodazione, aberrazione cromatica;
- **miopia da campo vuoto:** si presenta nel momento in cui, l'occhio non ha di fronte a se un oggetto ben definito e strutturato.
- **miopia strumentale:** si presenta, in alcuni soggetti, nel momento in cui si osserva attraverso un oculare di uno strumento, in quanto questo è costruito in modo che l'immagine sia come posta all'infinito. Da qui il nome di miopia strumentale.

1.1.2 CAUSE E SINTOMATOLOGIA

Scoprire quali sono le cause che determinano l'insorgenza della miopia non è possibile, ma la si può indurre tramite fattori ambientali, fattori esterni detti "esogeni", ma anche da fattori interni detti "endogeni". La sintomatologia si divide in parte soggettiva e parte oggettiva. Tra i sintomi soggettivi si riscontra visione sfocata da lontano ma buona visione da vicino, astenopia, fotofobia; tra i sintomi oggettivi, invece, si verifica una ridotta acuità visiva da lontano ma una buona acuità visiva da vicino, midriasi, punto prossimo più vicino (rispetto all'emmetrope), tendenza a fessurare e delle volte, ma non sempre presenti, alterazioni del fondo oculare; ma anche esoftalmo ovvero un'eccessiva sporgenza, verso l'esterno, del bulbo oculare a causa dell'allungamento del bulbo oculare. Questo difetto refrattivo può essere corretto mediante la lente negativa (di minor potere) che permette la massima acuità visiva; mediante lente a contatto (rigide, morbide); ma anche mediante approcci chirurgici.

1.2 IPERMETROPIA

L'ipermetropia, al contrario della miopia, viene definita come difetto visivo in cui il sistema diottrico oculare mostra una carenza di potere in quanto, da un punto di vista anatomico, il bulbo oculare risulta essere più "corto". Quindi, con accomodazione completamente rilassata, un oggetto, posto a distanza infinita, formerà l'immagine nitida oltre la retina poiché la focale dell'occhio è maggiore della distanza piano principale – retina.



IPERMETROPIA

Figura 3

Per permettere la messa a fuoco di oggetti a distanza infinita, il soggetto ipermetrope non corretto, esercita continuamente uno sforzo accomodativo; mentre nella visione a distanza finita, si evince uno sforzo accomodativo maggiore (rispetto ad un soggetto emmetrope) che risulta essere direttamente proporzionale all'entità dell'ametropia stessa. Nel giovane ipermetrope, l'occhio può "auto-correggersi" attraverso l'accomodazione e per questa ragione il muscolo ciliare non è mai completamente rilassato, infatti acquisisce un determinato tono fisiologico e fa sì che una certa quantità di accomodazione rimanga costantemente esercitata poiché non può essere rilasciata volontariamente.

1.2.1 CLASSIFICAZIONI

Classificare l'ipermetropia ha un'importanza pratica, in quanto su di essa si basano i criteri di correzione del difetto.

- a. Classificazione dell'ipermetropia in funzione dell'insorgenza:
 - **ipermetropia congenita**: supera le 2.00 diottrie, compare alla nascita e persiste fino all'età scolare;
 - **ipermetropia acquisita**: si manifesta in qualsiasi momento della vita e per varie ragioni;
 - **ipermetropia fisiologica**: compresa tra 0.25 e 0.50 diottrie.
- b. Classificazione secondo Borish (1970):
 - **ipermetropia assiale**
 - **ipermetropia refrattiva** che si distingue in:
 1. Ipermetropia da indice di rifrazione;
 2. Ipermetropia da curvatura;
 3. Ipermetropia da camera anteriore;
 4. Ipermetropia da afachia (mancanza di cristallino).
- c. Classificazione in base al grado di ipermetropia:
 - **ipermetropia bassa**: fino alle 3.00 diottrie;
 - **ipermetropia media**: compresa tra le 3.25 e le 5.00 diottrie;
 - **ipermetropia elevata**: maggiore delle 5.00 diottrie.

Per di più, in funzione dell'intervento dell'accomodazione a correggere questa condizione refrattiva, si riconosce **ipermetropia manifesta e latente**. La somma delle due definisce l'**ipermetropia totale**. L'ipermetropia manifesta è quella parte di ametropia che si può misurare in sede di refrazione con una lente positiva (maggiore), lente che dà il massimo dell'acuità visiva e che corregge l'ametropia. L'ipermetropia si può suddividere, a sua volta, in:

- **Facoltativa** ovvero la parte che viene corretta dall'azione dell'accomodazione
- **Assoluta** ovvero la parte che non viene corretta dalle capacità naturali dell'accomodazione, ma vi è un eccesso del valore del potere accomodativo.

In molti casi, in soggetti giovani, nei quali l'accomodazione è molto efficiente, è molto complicato determinare quanta accomodazione viene esercitata. Infatti anche dopo aver ottenuto un visus normale si possono scontrare dei cambiamenti ed instabilità del visus. L'ipermetropia latente è quella parte di ametropia totale che viene compensata dall'accomodazione, è praticamente "mascherata" sotto forma di accomodazione tonica a livello del muscolo ciliare. Ecco perché viene denominata latente. Tutti gli ipermetropi, purché non siano anziani da possedere una scarsa accomodazione, esercitano costantemente una certa quantità di accomodazione anche in visione a distanza, che pian piano non sarà possibile rilasciare completamente anche usufruendo di lenti positive. Durante il corso della vita, l'ipermetropia latente può trasformarsi, in modo progressivo, in ipermetropia manifesta grazie a fattori come:

- diminuzione del potere accomodativo con l'età;
- abitudine alla correzione;
- uso di lente positiva di potenza maggiore rispetto al necessario.

1.2.2 SINTOMATOLOGIA

Come per la miopia, la sintomatologia dell'ipermetropia si divide in parte soggettiva ed in parte oggettiva. Tra i sintomi soggettivi si riscontra una buona visione da lontano, difficoltà nella visione da vicino e, soprattutto di sera in presenza di scarsa luminosità, si avverte visione sfocata, astenopia, arrossamento, lacrimazione, bruciore e dolori oculari. L'ipermetropia viene compensata con la lente positiva maggiore che dà la massima acuità visiva (questo perché l'occhio ipermetrope è meno "potente" di quello emmetrope).

1.3 ASTIGMATISMO

L'astigmatismo è un difetto visivo che causa una distorsione delle immagini. Siamo in presenza di sistemi diottrici non assosimmetrici ovvero non hanno simmetria di rivoluzione rispetto all'asse ottico ed ogni sezione presenta una curvatura diversa. Tra le varie sezioni si distinguono una di maggior curvatura ed una di minor curvatura definiti meridiani principali, nei quali si rinviene, rispettivamente, maggior e minor potere diottrico. L'astigmatismo porta come conseguenza che l'immagine di un punto non è un punto. In presenza di astigmatismo regolare si creano due immagini lineari ed ortogonali tra loro; in presenza di astigmatismo irregolare, invece, le immagini lineari potrebbero non essere ortogonali tra loro. La distanza e la lunghezza dei due segmenti è proporzionale al grado di astigmatismo.

Questi segmenti prendono il nome di linee focali perché, se l'oggetto osservato è posto a distanza infinita, si troveranno in corrispondenza dei due piani

focali. Inoltre sono orientate in direzione perpendicolare rispetto al meridiano che le genera.

Il fascio di raggi rifratti in un occhio astigmatico, presenta delle zone che assumono diverse forme da ellissoidali a lineare (in corrispondenza delle linee focali). Allontanandosi dalla prima focale lineare ritorna ad essere

ellissoidale, circolare e poi ancora ellissoidale sino a tornare lineare e formare la seconda focale perpendicolare alla prima.

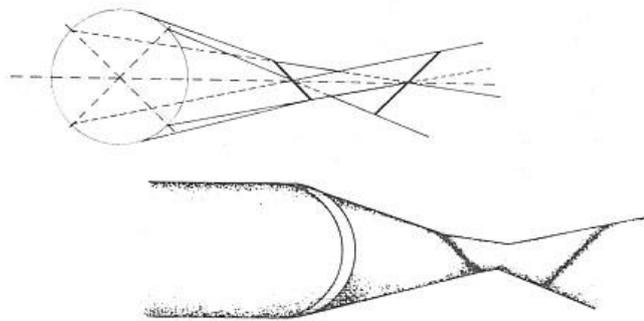


Figura 4

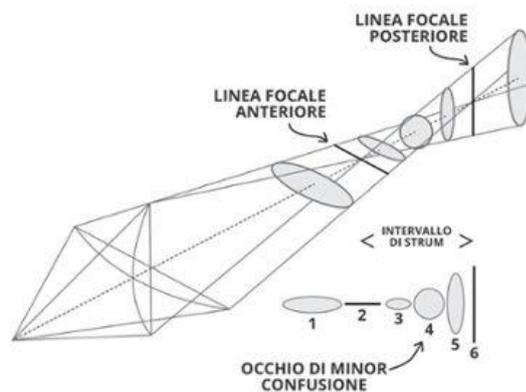


Figura 5

La zona a forma circolare, a metà strada tra le due linee focali, prende il nome di disco di minor confusione. Il fascio dei raggi rifratti, in un sistema astigmatico, assume la forma di una conoide detta conoide di Sturm; mentre l'intervallo tra le due focali viene chiamato intervallo di Sturm. Maggiore è l'entità dell'astigmatismo, maggiori saranno le dimensioni delle linee focali, il disco di minor confusione e tutte le strutture del conoide di Sturm.

1.3.1 CLASSIFICAZIONI

Spesso l'astigmatismo è associato a miopia ed ipermetropia e risulta essere un'ametropia del tutto refrattiva. Il 90% dei soggetti astigmatici, con poteri superiori a 1.25 diottrie, sono di natura congenita; mentre il restante 10% presenta astigmatismo acquisito, causato da eventuali traumi o da interventi chirurgici.

Un'altra classificazione viene effettuata in base alla regolarità dei mezzi diottrici oculari. Quindi si ha:

- **astigmatismo regolare:** stato in cui non si presentano irregolarità di curvatura o di distribuzione irregolare di indice di rifrazione. In questa circostanza, i meridiani principali sono ortogonali tra loro dando origine a due linee focali;
- **astigmatismo irregolare:** stato in cui vi sono delle irregolarità nel sistema diottrico oculare, irregolarità di curvatura e di distribuzione di indice; inoltre i due meridiani non sono ortogonali tra loro. Le radiazioni emesse o riflesse da un oggetto, incontrando queste irregolarità, non potranno formare sulla retina un'immagine regolare, ne deriva, quindi, una visione non confortevole.

La differenza tra i due tipi di astigmatismo risiede anche nel tipo di correzione. Infatti l'astigmatismo regolare può essere corretto sia con lenti oftalmiche, sia con lenti a contatto corneali; mentre quello irregolare può essere corretto solo con lenti a contatto corneali.

A seconda della conformazione dei meridiani, inoltre, è possibile distinguere astigmatismo secondo regola e astigmatismo contro regola. Nel primo caso il meridiano verticale risulta essere più potente di quello orizzontale e quindi la focale orizzontale sarà più vicina ai piani principali. Nel secondo caso, invece, il meridiano orizzontale è più potente e quindi la focale verticale sarà più vicina ai piani principali. Esiste un terzo tipo di astigmatismo quando i meridiani principali sono obliqui tra loro. In questo caso si parla di astigmatismo obliquo.

Un'altra classificazione è stata fatta basandosi sulle sezioni, infatti si distingue:

- **astigmatismo semplice** quando una sola sezione risulta essere ametrope (o miopica o ipermetropica) mentre l'altra è emmetrope;
- **astigmatismo composto** quando entrambe le sezioni sono ametrope;
- **astigmatismo misto** quando una sezione è ipermetropica e l'altra è miopica.

Ma ancora, gli astigmatismi si possono classificare in base alla posizione che le due linee focali assumono rispetto alla retina. Quindi si parla di:

- **astigmatismo ipermetropico composto** quando entrambe le focali sono posizionate oltre la retina;

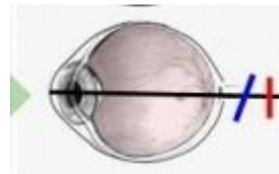


Figura 6

- **astigmatismo ipermetropico semplice** quando una focale cade sulla retina, l'altra dopo di essa;

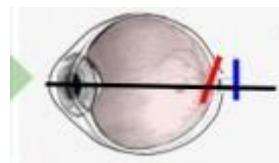


Figura 7

- **astigmatismo misto** quando una focale si posiziona prima e l'altra dopo la retina;



Figura 8

- **astigmatismo miopico composto** quando entrambe le focali si posizionano prima della retina;

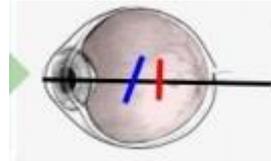


Figura 9

- **astigmatismo miopico semplice** quando una focale è sulla retina e l'altra cade prima della retina.

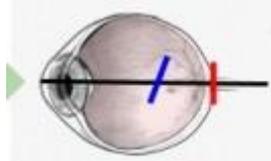


Figura 10

C'è un astigmatismo che viene definito fisiologico, di circa 0.50 diottrie, dovuto al fatto che, nel soggetto normale, la curvatura della cornea sul meridiano verticale, è leggermente maggiore rispetto a quello orizzontale, dovuto alla pressione del movimento palpebrale. Questo astigmatismo viene compensato, in modo fisiologico, da una modifica della globosità del cristallino. Quindi, in base alle irregolarità dei mezzi diottrici oculari, è possibile riconoscere:

- **Astigmatismo corneale:** derivante da una curvatura anomala della superficie corneale anteriore (misurabile tramite l'oftalmometro);
- **Astigmatismo interno:** dovuto dalla somma di tutte le componenti del sistema diottrico;
- **Astigmatismo totale o refrattivo:** dato dalla somma di tutti gli astigmatismi del sistema.

1.3.2 CAUSE DELL'ASTIGMATISMO

Le cause dell'astigmatismo sono legate alla deformazione della cornea o del cristallino. Per la cornea si parla di toricità corneale distinguendo la superficie anteriore e posteriore di quest'ultima. Per la superficie anteriore, l'astigmatismo si sviluppa a causa di un salto notevole di indice di rifrazione tra cornea e aria. Infatti l'astigmatismo corneale è quello che dà il maggior contributo a quello totale. Per la superficie posteriore della cornea si produce un astigmatismo di tipo contro regola la cui entità è compresa tra 0.25 e 0.50 diottrie. L'astigmatismo

indotto dal cristallino, invece, è dovuto sia alla toricità della superficie di questo, sia dal tilting, ovvero dall'inclinazione del cristallino. La porzione supero-nasale del cristallino è inclinata in avanti e questo produce un astigmatismo da fasci obliqui di 0.25 diottrie contro regola. Oltre a modificazioni di curvatura di conrea e cristallino, ci sono dei fattori che contribuiscono all'insorgenza dell'astigmatismo; ad esempio:

- Il decadimento dei mezzi diottrici, in quanto i diottri oculari non formano un sistema ben centrato;
- La variazione dell'indice di rifrazione;
- Toricità della retina.

L'astigmatismo oculare può derivare anche da patologie oculari come cheratocono, calazio, cicatrici corneali ecc.

Per determinare l'entità e la direzione dell'astigmatismo presente durante l'esame obiettivo viene effettuata la schiascopia che può essere *statica* (minimizzando l'intervento dell'accomodazione) o *dinamica* (che si esegue nell'esame per vicino facendo intervenire l'accomodazione), mentre durante l'esame refrattivo soggettivo, viene utilizzata una lente particolare chiamata cilindro crociato di Jackson. Questa lente è ottenuta dall'accoppiamento di due lenti cilindriche poste ortogonalmente l'una all'altra, con stesso potere ma di segno opposto. Nella zona più esterna ci sono, invece, dei riferimenti che indicano potere e la posizione degli assi.

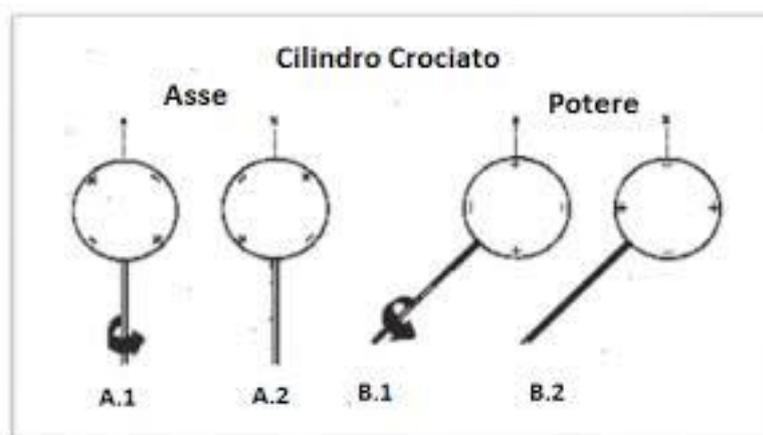


Figura 11

1.3 PRESBIOPIA

Il termine presbiopia deriva dal greco “*presbys*” e significa occhio vecchio, termine coniato da F. C. Donders nel 1864. È una condizione naturale legata all’età che non consente una visione nitida e confortevole da vicino. Si tratta di un calo del potere accomodativo.

L’organo responsabile dell’accomodazione è il cristallino che, invecchiando, riduce la capacità di modificare la propria curvatura. Questo comporta una riduzione dell’ampiezza accomodativa e, quindi, l’allontanamento del punto prossimo. Un comportamento simile è del tutto normale e fisiologico e i primi segni di affaticamento o di visione sfocata da vicino insorgono verso la quinta decade di vita.

Non vi è un’esatta definizione di presbiopia o di presbite, questo perché è necessario considerare che un soggetto non ha la stessa ampiezza accomodativa di un altro soggetto (coetaneo), bisogna anche considerare lo stile di vita e il tipo di lavoro che si svolge. Nonostante ciò, è possibile considerare un soggetto presbite come colui che presenta un’ampiezza accomodativa inferiore alle 4.00 diottrie. Scelta basata considerando che le attività da vicino si svolgono, in media, ad una distanza di 40 cm. A questa distanza occorre un’accomodazione di 2.50 diottrie in quanto:

$$ACC. = \frac{1}{X} = \frac{1}{0.40} = 0.25$$

Per avere visione confortevole a tale distanza, un soggetto utilizzerà il potere accomodativo confortevole, in quanto non è in grado di utilizzare tutto il potere accomodativo. In questo caso il potere accomodativo confortevole sarà pari a 2/3 del potere accomodativo totale.

Di conseguenza, per ottenere un potere accomodativo confortevole pari a 2.50 diottrie, quello totale sarà uguale a:

$$\frac{3}{2} P. A. conf. = \frac{3}{2} 2.50 = 3.75 D$$

Per compensare questa difficoltà nella visione da vicino, il soggetto presbite necessiterà di un'addizione per vicino. Il grado di presbiopia è misurato dal grado della lente positiva più debole che permette una visione confortevole da vicino. Nel caso fosse presente un'ametropia, la correzione va aggiunta algebricamente alla correzione di quest'ultima.

1.4.1 CLASSIFICAZIONI E SINTOMATOLOGIA

La presbiopia viene suddivisa in **incipiente, manifesta e assoluta**; questo perché si possono presentare caratteristiche diverse tra i soggetti presbinti.

In quella incipiente, cioè iniziale, vi compaiono i primi sintomi come astenopia e difficoltà nella visione a distanza ravvicinata. In questo caso, il soggetto compie uno sforzo accomodativo maggiore rispetto al potere accomodativo confortevole.

In presenza di presbiopia manifesta, il potere accomodativo del soggetto non è sufficiente a garantire una visione nitida e quindi necessita dell'addizione.

Nel momento in cui non si è più in grado di leggere i caratteri più piccoli e il potere accomodativo del soggetto è quasi assente, si parla di presbiopia assoluta.

Situazioni anomale o che si presentano in condizioni particolari sono: **presbiopia prematura e crepuscolare**. La prima si manifesta prematuramente e solitamente associata a patologie, tumori, fattori ambientali ecc.

Quella crepuscolare viene indotta dalla riduzione dell'illuminazione provocando una riduzione dell'attività accomodativa.

CAPITOLO II – ACCOMODAZIONE

L'accomodazione è il meccanismo attraverso il quale l'occhio è in grado di mettere a fuoco oggetti posti a diverse distanze di fissazione. Questo processo avviene senza che se ne abbia coscienza e si realizza attraverso modificazioni di curvatura del cristallino (per effetto del muscolo ciliare), per variazione di posizione degli occhi (convergenza e divergenza) e per il restringimento della pupilla, ovvero il fenomeno di miosi (per ridurre le aberrazioni sferiche).

Grazie a ciò, quando l'oggetto fissato si sposta tra punto prossimo e punto remoto, l'immagine cade a fuoco sulla retina. Un mal funzionamento dell'accomodazione provoca difficoltà nella messa a fuoco.

Il potere accomodativo dell'occhio, inoltre, diminuisce con l'aumentare dell'età, per la progressiva diminuzione dell'elasticità del cristallino, in tal caso si parla presbiopia.

2.1 MECCANISMO E STRUTTURE OCULARI COINVOLTE

L'aumento del potere diottrico, nell'occhio, come è stato detto precedentemente, avviene grazie alla variazione di curvatura della superficie del cristallino determinata dall'azione del muscolo ciliare. Un'altra struttura oculare che si modifica, durante l'accomodazione, è la Zonula di Zinn.

L'aumento di curvatura del cristallino dipende dalla variazione dei raggi di curvatura delle superfici del cristallino. La faccia anteriore passa da un raggio di 10 mm ad uno di 6 mm e l'aumento di curvatura non è uniforme punto per punto, ma è maggiore nella zona centrale. Questo comportamento non regolare viene definito *deformazione conoide*.

La faccia posteriore del cristallino, invece, subisce una variazione minima di 5 mm.

Nel momento in cui si modifica la curvatura del cristallino, si ha una variazione dell'indice di rifrazione dovuto al fatto che le fibre, che lo compongono, vengono schiacciate verso il suo asse centrale. Infatti 1/3 del potere accomodativo del cristallino è dovuto all'aumento dell'indice di rifrazione.

Il cristallino è avvolto da una membrana continua definita *capsula* sulla quale si inseriscono le fibre della Zonula di Zinn (un sistema di fibre tese tra cristallino e corpo ciliare).

Durante l'accomodazione, uno stimolo causa la contrazione del muscolo ciliare. Quest'ultimo si sposta in avanti, verso il centro della faccia anteriore (zona in cui la capsula è più sottile) e questo spostamento favorisce il rilassamento delle fibre della Zonula di Zinn. La compressione esercitata, quindi, fa sì che la zona centrale si deformi e il cristallino tenda ad assumere una forma più sferica, la sua curvatura aumenta e, di conseguenza, aumenta il suo potere diottrico.

Il processo accomodativo è dato dalla cooperazione di vari muscoli ad effetto opposto e sono:

- muscolo sfintere;
- muscolo ciliare;
- muscolo dilatatore

Questi muscoli hanno azione involontaria infatti, innervati dal sistema nervoso parasimpatico determinano l'accomodazione tramite la contrazione del muscolo ciliare; mentre innervati dal sistema nervoso simpatico determinano disaccomodazione tramite il rilassamento del cristallino.

Quindi gli stimoli che derivano dagli oggetti osservati, dalla loro posizione nello spazio, provocano modificazioni del cristallino e quindi l'accomodazione. In base al tipo di stimolo e della sua natura, è possibile riconoscere:

- 1. Accomodazione da sfuocamento retinico;**
- 2. Accomodazione prossimale;**
- 3. Accomodazione da vergenze orizzontali.**

1. Accomodazione da sfuocamento retinico: l'immagine non cade sulla retina, creando un'immagine sfuocata. Tutto ciò richiede una modifica del potere del cristallino, sollecitato da una innervazione accomodativa. In questo modo il cristallino ottimizza la messa a fuoco dell'immagine in modo tale da ottenere una visione nitida e distinta. La richiesta accomodativa è rappresentata dall'inverso della distanza stessa:

$$ACC_{dt} = \frac{1}{x_m}$$

Il valore ottenuto da questa equazione è un valore teorico. È possibile, però, ottenere una visione nitida grazie alla presenza della profondità di fuoco e senza esercitare il valore teorico dell'accomodazione. Utilizzando l'equazione di Campbell:

$$E = \pm \left[\left(\frac{0,75}{g} \right) + 0,08 \right]$$

dove “E” si riferisce al valore di profondità di campo, che determina la maggior o minore sensibilità allo sfuocamento; e “g” indica l'ingrandimento pupillare ed è il fattore che più influenza la profondità di campo E. Quindi l'accomodazione effettiva sarà:

$$ACC_{eff dt} = \frac{1}{x_m} - E$$

2. Accomodazione prossimale: in cui vi è una percezione illusoria di un oggetto. L'informazione che arriva, riguardo le dimensioni apparenti dell'oggetto, scatena un'accomodazione, anche se l'immagine retinica non è sfuocata e non è subentrata convergenza.

3. Accomodazione da vergenze orizzontali: a seguito di movimenti di convergenza e divergenza, è possibile attivare il meccanismo accomodativo, infatti il potere diottrico del cristallino aumenta con movimenti di convergenza e diminuisce con movimenti di divergenza.

Una corretta risposta accomodativa, quindi, si ottiene in presenza di stimoli *coerenti*, ovvero quando: l'immagine non cade sulla retina, è attiva la convergenza degli assi e non vi è differenza tra distanza reale, dell'oggetto

osservato, e distanza percepita. Diversamente si ottiene una risposta accomodativa inadeguata, con stimoli definiti *non coerenti*.

Esiste, inoltre, uno **stato di riposo dell'accomodazione**, definito **tono accomodativo, o miopia notturna**, che si presenta in assenza di stimoli visibili come, ad esempio, al buio. In questo caso, dalla contrazione del muscolo ciliare, il potere diottrico del cristallino è superiore rispetto a quello ottenuto in condizioni di massima accomodazione e realizza una condizione di “*miopizzazione*”. Quindi per ottenere una visione nitida da vicino, è necessaria l'accomodazione, ma per avere una buona qualità visiva, deve essere associata a fenomeni di miosi (per ridurre aberrazioni cromatiche e sferiche e quindi maggiore profondità di fuoco e di campo) e di convergenza (che permette il corretto posizionamento degli assi visivi sull'oggetto da fissare). Il complesso: accomodazione, miosi e convergenza è detto **triade prossimale/accomodativo**.

2.2 PUNTO PROSSIMO, PUNTO REMOTO ED AMPIEZZA ACCOMODATIVA

Si definisce *punto prossimo* di accomodazione il punto coniugato alla retina, ovvero il punto più vicino all'occhio, che può essere messo a fuoco e che, oltre il quale, l'immagine non è più nitida.

Si definisce, invece, *punto remoto* quel punto coniugato alla retina ma che, in assenza di accomodazione, individua la massima distanza a cui un oggetto, posto sull'asse ottico, viene messo a fuoco.

Chiariti i concetti di punto prossimo e punto remoto, *l'ampiezza accomodativa* rappresenta la variazione massima di potere del cristallino che l'occhio riesce ad effettuare. È, quindi, la differenza tra punto prossimo e punto remoto.

2.3 MISURA DELL'AMPIEZZA ACCOMODATIVA

L'ampiezza accomodativa, può essere calcolata utilizzando la legge di Donders:

$$AA_{dt} = \frac{1}{PP_m} - \frac{1}{PR_m}$$

Il potere accomodativo varia in base all'età e Hofstetter aveva messo a punto una formula generale per calcolare teoricamente l'ampiezza accomodativa conoscendo l'età del soggetto:

$$PA_{dt.} = 15 - \frac{età}{4}$$

ETA' (anni)	AMPIEZZA (D)	ETA' (anni)	AMPIEZZA (D)
10	14.00	45	3.50
15	12.00	50	2.50
20	10.00	55	1.75
25	8.50	60	1.00
30	7.00	65	0.50
35	5.50	70	0.25
40	5.00	75	0.00

Tabella 1. Valori indicativi dell'ampiezza accomodativa, misurata con il metodo del punto prossimo che possono essere considerati normali nelle varie età

Nella pratica clinica, l'ampiezza accomodativa, può essere misurata o:

- a. **Tramite la determinazione del punto prossimo di visione nitida**
- b. **Tramite l'utilizzo di lenti negative**

In ogni caso, per ottenere una corretta misurazione del potere accomodativo, è necessario che i vari test vengano eseguiti dopo la correzione di un'eventuale ametropia (ricordandosi che il miope corretto necessita di minor accomodazione rispetto all'ipermetrope) e soprattutto in visione monoculare, in quanto il rapporto accomodazione – convergenza influenzerebbe l'esame.

2.3.1 DETERMINAZIONE DEL PUNTO PROSSIMO DI VISIONE NITIDA

Questo test, definito anche “*push – up technique*”, viene eseguito in ambiente ben illuminato, con la correzione completa dell’ametropia e facendo uso di una mira corrispondente al valore dell’acuità visiva massima del soggetto. La mira viene posizionata a circa 50 cm dagli occhi e la si avvicina lentamente, invitando il soggetto a riferire quando la mira non appare più perfettamente nitida. La distanza corrispondente alla prima sensazione di annebbiamento, indica il punto prossimo di visione nitida. L’inverso di questa distanza (espressa in metri) fornisce l’ampiezza accomodativa:

$$AA_{dt.} = \frac{1}{PP_m}$$

2.3.2 USO DI LENTI NEGATIVE

È tecnica che viene eseguita dopo aver emmetropizzato il soggetto, il quale deve osservare un ottotipo da vicino i cui caratteri sono di un paio di decimi inferiori alla sua massima acuità visiva. A questo punto si antepongono lenti negative con un incremento, regolare, di potere di 0.25 diottrie fino a quando il soggetto non nota il primo annebbiamento. Quindi l’ampiezza accomodativa è ottenuta sommando la potenza della lente precedente all’annebbiamento con l’inverso della distanza a cui è posto l’ottotipo.

2.4 LAG ACCOMODATIVO

Si è visto come la quantità di accomodazione utilizzata da un soggetto, sia facilmente calcolabile, infatti, conoscendo la distanza alla quale viene posto il target di riferimento, l’accomodazione risulta essere uguale all’inverso della distanza stessa.

Nella realtà, però, la risposta accomodativa risulta in difetto rispetto al necessario e questo fenomeno è determinato da fattori ambientali che influenzano l’organismo. Quindi, un soggetto che fissa un oggetto posto a 40 cm, non è detto che accomodi di 2.50 diottrie.

Nel 1911, Cross definì LAG accomodativo come “la differenza diottrica fra stimolo accomodativo e risposta accomodativa esercitata dal soggetto”.

Nel 1920, invece, Sheard dimostrò che vi è una differenza diottrica di circa 0.50 / 0.75 diottrie tra il valore teorico

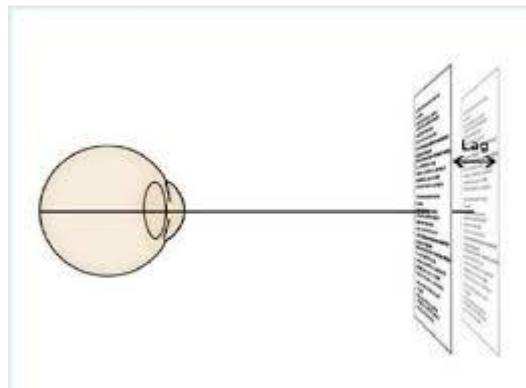


Figura 12

e valore sperimentale. Questo valore è stato definito LAG accomodativo.

Skeffington riteneva fosse importante un modesto valore di LAG accomodativo per ridurre la sovraconvergenza associata allo stress visivo.

2.5 SFORZO ACCOMODATIVO

Nella quotidianità gli occhi compiono il minimo sforzo accomodativo guardando il punto più lontano che può essere visto nitido; e il massimo sforzo accomodativo guardando il punto più vicino che possono mettere a fuoco. Ma, se si considerano due soggetti, uno miope ed uno ipermetrope, questi non accomodano della stessa quantità. L'ipermetrope corretto con lenti oftalmiche accomoderà in maggior modo rispetto ad un soggetto emmetrope; mentre il miope accomoderà di meno. Se, invece, l'ipermetrope utilizza lenti a contatto, allora, accomoderà meno rispetto ad un soggetto emmetrope e il miope di più.

Tutto questo dipende dalla distanza apice corneale – lente. Con ametropie che richiedono lenti di potere maggiore a 3.50 diottrie, lo sforzo accomodativo sarà maggiore di 0.25 diottrie e si calcola tramite la formula:

$$Sf. Acc. = \frac{1 + dP}{1 - dP \frac{1}{x}}$$

Dove “P” indica il potere della lente; “x” indica la distanza di lavoro; “d” indica la distanza apice corneale – lente.

Pertanto, è necessario modificare la correzione per vicino in modo tale da compensare la differenza di sforzo accomodativo. L'utilizzo di tale formula per potere inferiori a tale valore è superfluo.

CAPITOLO III – VISIONE BINOCULARE

Una caratteristica fondamentale del sistema visivo e il suo corretto funzionamento, dipende dalla visione binoculare.

Quando si osserva un oggetto questo viene visto come singolo anche se, sulla retina di ogni occhio, si forma un'immagine separata. Le informazioni visive, relative all'oggetto osservato, vengono "fuse" in una singola percezione visiva a livello cerebrale. Affinché le due immagini possano fondersi, è necessario che esse siano simili per grandezza, colore, luminosità e sovrapponibili.

Convergenza e divergenza, inoltre, sono molto importanti per la visione, e per studiare la qualità della visione è necessario analizzare la collaborazione binoculare.

3.1 CONVERGENZA E DIVERGENZA

I movimenti oculari vengono classificati in: **monoculari** e **binoculari**.

I **movimenti monoculari** vengono chiamati *duzioni* e si distinguono a seconda del movimento che l'occhio compie. Si parla, quindi, di:

- **adduzione** quando vi è un movimento orizzontale verso l'interno;
- **abduzione** quando vi è un movimento orizzontale verso l'esterno;
- **supradduzione** (elevazione) quando vi è un movimento verticale verso l'alto;
- **infraduzione** (abbassamento) quando vi è un movimento verticale verso il basso;
- **excicloduzione** quando vi è un movimento di rotazione sul proprio asse verso l'esterno;
- **incicloaduzione** quando vi è un movimento di rotazione sul proprio asse verso l'interno.

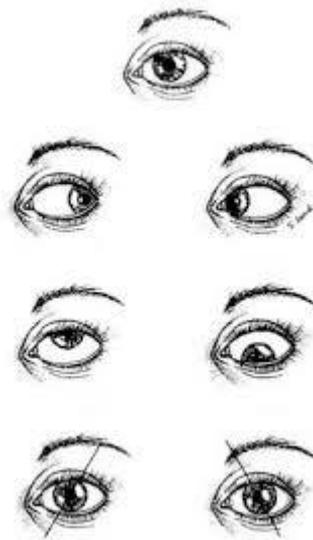


Figura 123

I **movimenti binoculari**, invece, si distinguono in:

- **versioni**: movimenti coniugati dei due occhi nello stesso senso e gli assi visivi non mutano, tra di loro, l'angolazione;

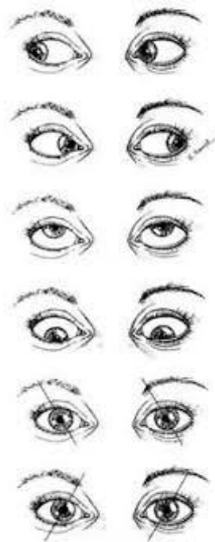


Figura 14

- **vergenze**: movimenti coordinati in direzione opposta e gli assi visivi mutano, tra di loro, l'angolazione.

I movimenti di vergenza si verificano quando gli assi visivi abbandonano la cooperazione tipica della visione da lontano (visione gestita dai movimenti di versione).

Si definisce, quindi, **convergenza** (o convergenza positiva) quando i due occhi ruotano contemporaneamente verso l'interno per fissare un oggetto più vicino.

Si definisce **divergenza** (o convergenza negativa) quando si ha la rotazione contemporanea verso l'esterno, quando la fissazione si sposta da un oggetto vicino ad uno più lontano.



Figura 15

3.2 I TRE GRADI DELLA BINOCULARITA'

La visione binoculare è un fenomeno molto complesso ottenuto da un corretto sviluppo delle strutture neuro – anatomiche, infatti la binocularità non è presente dalla nascita, la si acquisisce maggiormente nella fase da 0 a 2 anni, migliorando nella fase successiva fino agli 8 anni. Superata questa fase, lo sviluppo dell'esperienza visiva termina.

L'oftalmologo britannico Claude Worth, nel 1915, propose una classifica sugli aspetti evolutivi della visione binoculare. Worth individua tre fasi, definite *i tre gradi della binocularità*:

- **Percezione simultanea;**
- **Fusione,**
- **Stereopsi**

3.2.1 PERCEZIONE SIMULTANEA

Rappresenta il I grado della visione binoculare ed è la capacità di vedere contemporaneamente due immagini, non sovrapponibili, che si formano su ciascuna retina. Per valutare la presenza del I grado della visione binoculare, in un soggetto, è sufficiente anteporre, davanti all'occhio dominante, un prisma di 6 dpr a base up inducendo, in modo artificiale, diplopia. Si invita il soggetto a fissare una mira, se riferisce di vedere due mire sovrapposte in verticale allora, nel soggetto, è presente il I grado di binocularità. Se percepisce una sola mira non è presente visione simultanea.

3.2.2 FUSIONE

La fusione rappresenta il II grado della visione binoculare ed è la capacità di percepire come immagine unica le due immagini simili che cadono sulla retina. A livello retinico sono presenti delle aree con stessa direzionalità visiva e prendono il nome di *aree retiniche corrispondenti* i cui punti vengono chiamati *punti retinici corrispondenti* e le due fovee rappresentano i due punti retinici corrispondenti *principali*.

Tutti gli oggetti che stimolano aree retiniche corrispondenti producono stimoli che verranno fusi in un' unica immagine.

In condizioni normali, quindi, gli occhi si comportano come se fossero uniti a formare un unico occhio, definito, da Helmholtz, occhio **ciclopico**.

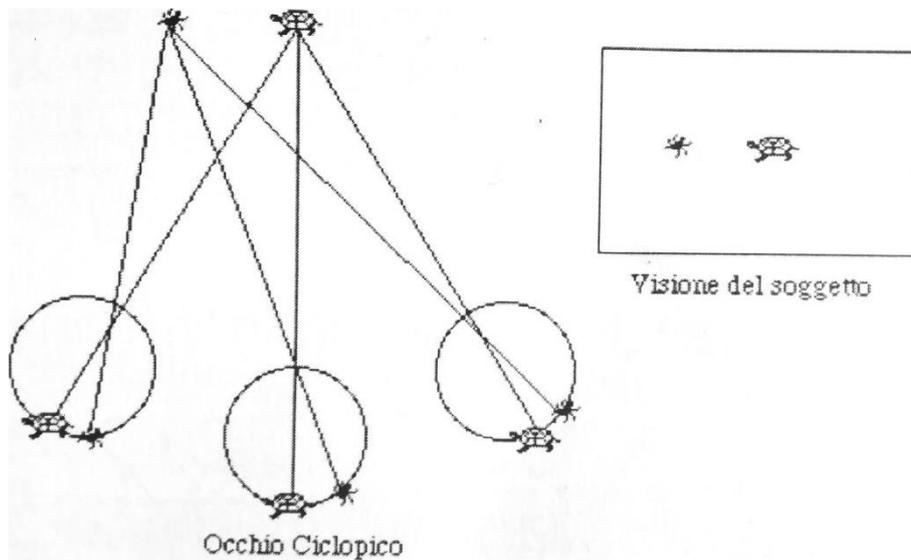


Figura 16

Contemporaneamente, vi saranno altri punti dello spazio che, pur non fissati, proietteranno le loro immagini su punti retinici corrispondenti.

Quindi, si definisce oroptero, il luogo dei punti oggetto le cui immagini cadono su elementi retinici corrispondenti. La forma dell'oroptero non è costante ma assume aspetti diversi in funzione della distanza di fissazione. Per brevi distanze assume la forma di una curva con la concavità rivolta verso l'osservatore, all'aumentare della distanza, la concavità si riduce fino a diventare una retta (alla distanza di Libermann di circa 1m), per poi riprendere una forma curva ma con la convessità rivolta verso l'osservatore. Tutti gli oggetti che non giacciono sull'oroptero sono visti doppi e la diplopia determinata, in questo caso, è detta diplopia fisiologica.

Nella realtà però, la comparsa di tale diplopia non si verifica appena un oggetto cade al di fuori dell'oroptero, in quanto vi è una regione in cui gli oggetti possono muoversi. Questa regione viene chiamata area di Panum.

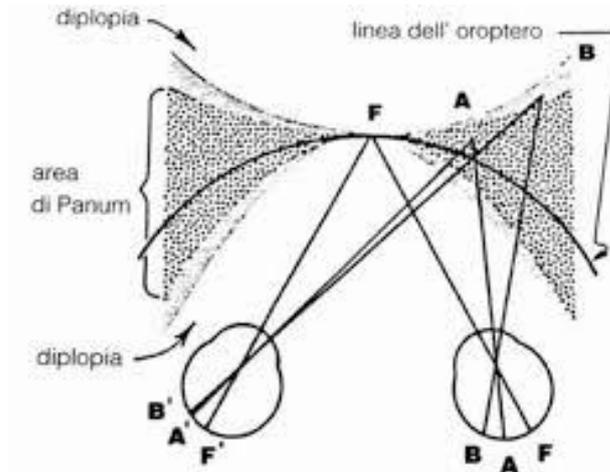


Figura 17

Come l'oroptero, l'area di Panum, ha ampiezza variabile: è più ridotta al centro e più ampia verso la periferia. Quindi, in visione binoculare, si ha fusione quando l'oggetto di osservazione stimola punti retinici corrispondenti o anche leggermente disparati (punti che possiedono direzione visiva differenti e vengono chiamati anche *punti retinici non corrispondenti*), purchè la loro localizzazione si trovi all'interno dell'area di Panum.

Tutto questo deve verificarsi in ogni momento e in qualsiasi posizione di sguardo. Il sistema motorio, composto dalla muscolatura estrinseca e dalle strutture nervose da cui riceve gli impulsi, ha il compito di portare le immagini sulle fovee e mantenerle fisse in ogni direzione di sguardo.

Si definisce fusione motoria quel meccanismo correttivo che si instaura in presenza di diplopia che, essendo fastidiosa, induce il sistema a correggere la posizione degli assi visivi fino ad ottenere visione binoculare singola.

Per valutare la presenza di una buona capacità di fusione, si effettuano vari test uno è il test di Worth

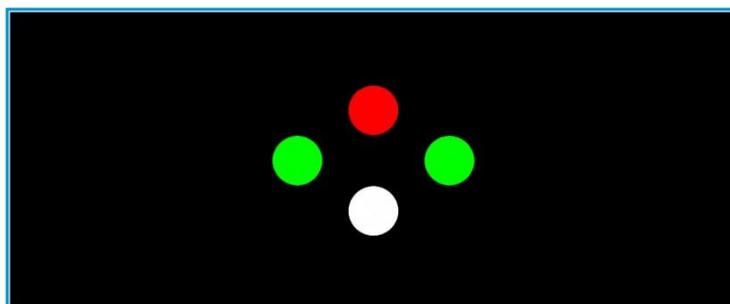


Figura 18 Test di Worth che può essere eseguito sia da lontano che da vicino.

La mira è costituita da quattro dischi colorati, due verdi, uno rosso ed uno bianco, posti a croce su uno sfondo nero come nella figura 17.

Gli occhi dell'osservatore sono coperti da filtri anaglifici e percepirà i dischi verdi attraverso la lente verde; il disco rosso attraverso il filtro rosso e il disco bianco sarà osservato da entrambe le lenti.

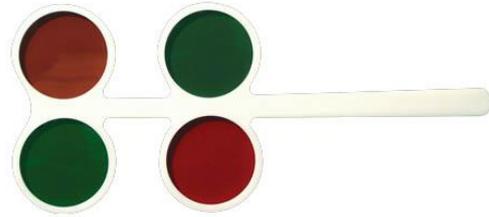


Figura 19

In condizioni di normalità, a livello cerebrale, saranno percepiti simultaneamente i dischi verdi e quello rosso, mentre saranno fuse le immagini del disco bianco poiché è percepito contemporaneamente dai due occhi.

3.2.3 STEREOPSI

La stereopsi è il III grado di visione binoculare ed è la percezione dello spazio in tre dimensioni. È la capacità di percepire la profondità purché l'immagine cada all'interno dell'area di Panum. Essa è quel tipo di fusione che si ottiene attraverso la stimolazione di elementi retinici leggermente differenti. A causa della distanza orizzontale presente tra i due occhi, un oggetto osservato sarà visto da angolazioni diverse. Per evidenziare la stereopsi si effettuano dei test che si avvalgono dell'uso di occhiali polarizzati con i quali l'occhio percepisce solo una direzione di propagazione dello stimolo luminoso, mentre l'altro occhio percepisce la direzione ortogonale. Quindi a livello cerebrale, arriveranno due immagini uguali ma con posizione diversa che stimoleranno punti retinici leggermente diversi.

3.3 DEVIAZIONI OCULARI

Quando si verifica uno spostamento dell'asse visivo, dalla normale direzione, di uno o entrambi gli occhi entrano in gioco le deviazioni oculari.

Le deviazioni oculari possono essere *latenti* o *manifeste* e si differenziano in base alla relazione che intercorre tra l'entità della deviazione e la capacità del sistema motorio di compensarla.

3.3.1 DEVIAZIONI LATENTI

Le deviazioni latenti o *forie* sono squilibri del sistema motorio che possono essere compensati dalla fusione motoria. In base alla direzione della deviazione, le forie si classificano in:

- Forie orizzontali

- **Esoforia:** quando gli assi visivi si incontrano prima del punto di fissazione e gli occhi convergono verso l'interno;
- **Exofovia:** quando gli assi visivi si incontrano dopo il punto di fissazione e gli occhi divergono verso l'esterno.

- Forie verticali

- **Iperforia destra:** quando l'occhio destro tende a posizionarsi più in alto rispetto al sinistro;
- **Iperforia sinistra** (o ipoforia destra): quando l'occhio sinistro tende a posizionarsi più in alto rispetto all'occhio destro.

- Forie torsionali

- **Incicloforia:** quando gli occhi tendono a ruotare attorno all'asse visuale verso l'interno,
- **Excicloforia:** quando gli occhi tendono a ruotare attorno all'asse visuale verso l'esterno.

3.3.2 DEVIAZIONI MANIFESTE

Le deviazioni manifeste o *tropie* sono squilibri del sistema motorio che non possono essere compensate dal meccanismo fusionale.

Le conseguenze di una tropia dipendono dall'età di insorgenza, infatti, se si manifesta in età plastica, il bambino risponde alla diplopia o attraverso un meccanismo cerebrale di soppressione di un occhio o instaurando una corrispondenza retinica anomala. Se la deviazione manifesta si presenta in età adulta, invece, il soggetto dovrà imparare a convivere con la diplopia.

La caratteristica di questo tipo di deviazione, risiede nel fatto che gli assi visivi non si incontrano mai nel punto di fissazione e il soggetto, strabico, non riesce a focalizzare contemporaneamente le due immagini sulle fovee.

Le tropie possono essere classificate:

1. In base alla direzione della deviazione:

a. **Deviazioni orrizzontali:**

- **esotropia:** quando siamo in presenza di strabismo convergente;
- **exotropia:** quando siamo in presenza di strabismo divergente.

In alcuni casi, la presenza dell'ipermetropia possa essere utile per la compensazione di eventuali exotropie. Quindi, l'ipermetropia può agire positivamente ai fini della binocularità ed è sinergica alla convergenza.

b. **Deviazioni verticali:**

- **ipertropia destra:** quando l'occhio destro è ruotato verso l'alto;
- **ipotropia destra:** quando l'occhio destro è ruotato verso il basso;
- **ipertropia sinistra:** quando l'occhio sinistro è ruotato verso l'alto;
- **ipotropia sinistra:** quando l'occhio sinistro è ruotato verso il basso.

c. **Componenti ciclorotatorie:**

- **inciclotropia:** quando la parte alta dell'occhio deviato è ruotata verso l'interno attorno all'asse anteroposteriore;
- **exciclotropia:** quando la parte alta dell'occhio deviato è ruotata verso l'esterno attorno all'asse anteroposteriore.

2. In base alla variazione dell'angolo di deviazione:

questa è una classificazione che si basa sulla variazione dell'entità dell'angolo di deviazione per una data distanza e nelle varie posizioni di sguardo. Si differenzia in:

- **Strabismi paretici:** l'angolo di deviazione cambia nelle varie posizioni di sguardo. In questo caso, lo strabismo, deriva da una paralisi di uno o più muscoli extraoculari;

- **Strabismi concomitanti:** l'angolo di deviazione rimane costante in tutte le posizioni di sguardo;
- **Strabismi incomitanti:** comprende entrambi gli strabismi precedenti, quindi: l'angolo di deviazione cambia, ma non vi sono paralisi di muscoli extraoculari.

3. In base all'occhio fissante:

è una classificazione che si basa sulla tendenza, del soggetto, ad alternare la fissazione tra i due occhi, o alla preferenza di un solo occhio

- **Strabismi monolaterali:** in questo caso la fissazione è a carico di un solo occhio mentre l'altro rimane sempre deviato;
- **Strabismi alternanti:** in questo caso, invece, la fissazione è alternata e si divide in *essenziale* quando entrambi gli occhi fissano in egual misura; e *preferenziale* quando un occhio fissa per un tempo maggiore rispetto all'altro.

Tramite il cover/uncover test è possibile stabilire se uno strabismo è alternante o monolaterale. In entrambi i tipi di strabismi, l'occlusione dell'occhio fissante provoca lo spostamento della fissazione in quello deviato. Nel momento in cui l'occlusore viene tolto, è possibile definire la presenza di: uno strabismo monolaterale se la fissazione ritorna all'occhio in precedenza occluso; uno strabismo alternante se la fissazione rimane nell'occhio deviato.

4. in base alla costanza della deviazione nel tempo:

- **Tropie costanti:** quando la deviazione è presente in ogni momento della giornata;
- **Tropie intermittenti:** quando la deviazione si presenta solo in alcuni momenti (stress o patologie).

3.4 ESAME DELLO STATO ETEROFORICO E MANTENIMENTO DELL'ORTOFORIA

Per evidenziare lo stato eteroforico, vi sono delle tecniche optometriche tramite le quali si interrompe la fusione sensoriale. Interrompendo la sua funzione si esclude il meccanismo correttivo della fusione motoria, si ottiene visione dissociata e gli occhi assumono la loro posizione di foria.

La dissociazione della visione binoculare può essere ottenuta in diverso modo:

- a. Fornendo immagini differenti nei due occhi mediante occhiali polarizzati, filtri rosso/verde, setto separatore;
- b. Escludendo un occhio dalla visione mediante occlusore;
- c. Utilizzando dei prismi dissocianti i quali spostano l'immagine retinica di una quantità superiore alle capacità di recupero del sistema motorio.

Le tecniche optometriche, utilizzate durante l'esame, si dividono in *tecniche soggettive* che si basano sulle risposte riferite dal soggetto in esame; e *tecniche oggettive* che si basano sull'osservazione, da parte dell'operatore, del soggetto in esame.

Tra le tecniche soggettive vi sono test che si differenziano tra loro per il sistema di dissociazione adottato. Infatti la dissociazione può essere ottenuta presentando, al soggetto, oggetti diversi tramite il:

- test di Schober
- test di Hering
- cilindro di Maddox

Oppure si può ottenere dissociazione tramite l'utilizzo di prismi con il metodo di von Graefe.

TEST DI SCHOBER: al soggetto viene presentata una mira, ovvero, una croce di colore rosso al centro di un cerchio verde (o viceversa), a luce ambiente bassa per favorire la dissociazione. In associazione a questa vengono utilizzati dei filtri rosso/verde attraverso i quali l'occhio con il filtro rosso vedrà la croce, mentre l'occhio con il filtro verde vedrà il cerchio. In presenza di ortoforia, il soggetto riferirà di vedere la croce al centro del cerchio. In caso contrario, la posizione

assunta dalla croce rispetto al cerchio permette di stabilire il tipo di foria presente.

Visione del soggetto	Tipo di foria
	Ortoforia
	Esoforia
	Exofovia
	Iperforia sinistra
	Iperforia destra

Figura 20 In questo caso il filtro rosso è posto davanti l'occhio destro

TEST DI HERING: questo test è simile al precedente ma si differenzia per il tipo di mira utilizzata. Viene, infatti, presentata come mira una croce i cui bracci verticali ed orizzontali sono polarizzati su piano ortogonali tra loro. Attraverso una coppia di filtri polarizzati, il soggetto in esame vede con un occhio i bracci verticali e con l'altro i bracci orizzontali. In riferimento a quanto detto dal soggetto in esame, in base alla posizione che assumono i bracci, è possibile stabilire il tipo di foria presente.

Tali test hanno il vantaggio di valutare simultaneamente forie verticali ed orizzontali; ma lo svantaggio è che, delle volte, non sono ben precisi in quanto non consentono un controllo preciso dell'accomodazione.

TECNICA CON CILINDRO DI MADDOX: questo test consente di valutare e misurare forie orizzontali e verticali. Il "cilindro di Maddox" era costituito da una lente cilindrica di elevatissimo potere (300 – 500 D), da una sezione neutra e di diametro di circa 3 mm. A causa delle ridotte dimensioni, la lente doveva essere posizionata esattamente di fronte alla pupilla del soggetto in esame e per questo motivo è stata sostituita da una grata, definita "grata di Maddox" costituita da

una serie di lenti piano cilindriche che fornisce lo stesso effetto ottico e non richiede un posizionamento ben preciso.

Il soggetto, quindi, osserva, attraverso il cilindro di Maddox, in visione binoculare una mira luminosa puntiforme. In questa condizione l'occhio scoperto continua a vedere il punto luminoso, l'altro, a causa dell'enorme distorsione generata dal cilindro, percepisce una striscia luminosa ortogonale l'asse del cilindro stesso. Si è così ottenuta una perfetta dissociazione.

Per evidenziare le forie sul piano orizzontale, si posiziona il cilindro di Maddox con asse orizzontale in modo che fornisca una striscia luminosa verticale; per evidenziare, invece, le forie sul piano verticale, si posiziona il cilindro con asse verticale in modo da fornire una striscia luminosa orizzontale.

In base alla posizione assunta dalla striscia luminosa rispetto al punto luminoso, è possibile risalire al tipo di foria presente.

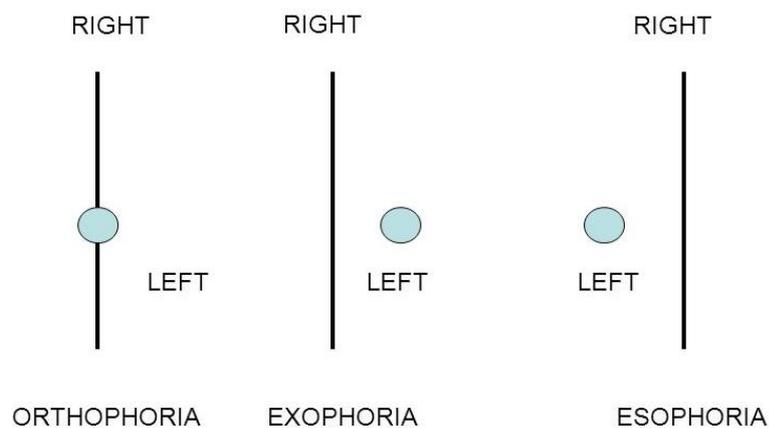


Figura 21

DISSOCIAZIONE TRAMITE PRISMI – METODO DI VON GRAEFE: in questo test il soggetto in esame è in visione binoculare e viene posto, davanti ad un occhio, un prisma (principalmente orizzontale) capace di spostare l'immagine retinica in direzione della sua base. L'occhio, a questo punto, dovrà ruotare per riportare l'immagine su punti retinici corrispondenti.

Per evidenziare le forie orizzontali, come mira, viene utilizzata la carta di Sheard verticale, successivamente viene anteposto all'occhio destro un prisma di circa 4 – 6 diottrie prismatiche a base alta. La persona riferirà di vedere due strisce di lettere, una in alto ed una in basso.

Per evidenziare, invece, forie orizzontali, viene sempre utilizzata la carta di Sheard come mira, ma si antepone un prisma base nasale di circa 10 diottrie prismatiche, sufficiente ad interrompere la fusione sensoriale. La persona, in questo caso, riferirà di vedere due strisce di lettere, una a destra ed una a sinistra.

In entrambi i casi, allo sdoppiamento, il soggetto riferirà di vedere due strisce allineate o disallineate in base al tipo di foria presente.

Tra le tecniche oggettive, per la misurazione delle eteroforie c'è il:

- cover/uncover test;
- cover test alternato.

Questi test non prevedono l'utilizzo di una strumentazione particolare, un occlusore ed una mira sono il necessario; la mira è uno stimolo preciso sia per l'accomodazione che per la fissazione.

COVER/UNCOVER TEST: il soggetto fissa la mira posta all'infinito o a 40 cm, si occlude uno dei due occhi, ottenendo in questo modo visione dissociata, con l'occhio occluso che assume la posizione di foria. Successivamente si scopre l'occhio occluso e si osserva il movimento di recupero che lo riporta a ripristinare il corretto allineamento.

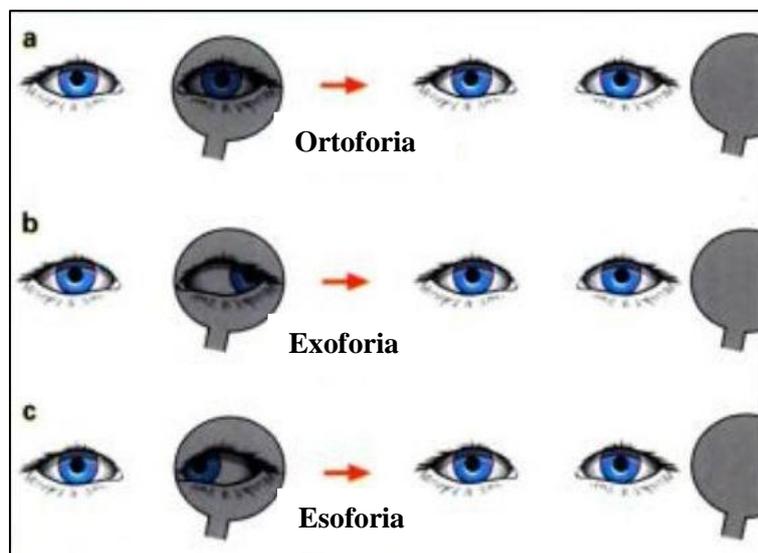


Figura 22

prisma e si effettua una media aritmetica dei due valori ottenuti. Il risultato sarà il valore del prisma da prescrivere.

3.5 RAPPORTO AC/A

Vi sono equilibri grazie ai quali è possibile sfruttare la nostra visione nel modo più idoneo e confortevole possibile. Tutto questo avviene tramite il giusto equilibrio tra forie e il rapporto AC/A, ovvero il rapporto tra convergenza accomodativa ed accomodazione.

Al fine di ottenere una visione confortevole, le forie associate sono state individuate dall'Optometric Extension Program (O.E.P) intorno ai valori di 0.5 diottrie prismatiche di exo per lontano e di 6 diottrie prismatiche di exo per vicino. Nel momento in cui ci si allontana da questi valori, il nostro organismo cerca di compensare eventuali squilibri.

La sincinesia fra accomodazione e convergenza, svolge un ruolo fondamentale nella visione binoculare in caso di visione prossimale. Ogni individuo, infatti, risponde, ad uno stimolo accomodativo, con una quantità di convergenza che può essere maggiore o minore rispetto alla richiesta. Questa risposta in convergenza, scaturita da ogni diottria di accomodazione, può essere espressa con un numero chiamato AC/A. Secondo l'O.E.P. il giusto rapporto è di 4 a 1; ad ogni diottria di accomodazione devono corrispondere 4 – 5 diottrie prismatiche di convergenza.

3.5.1 CALCOLO AC/A: METODO DELLA FORIA

Per calcolare il rapporto convergenza accomodativa su accomodazione, vi sono due metodi. Il metodo della foria è uno di questi.

Si parte con la misurazione della foria per lontano e per vicino, mentre il soggetto indossa la correzione determinata durante l'esame refrattivo. I valori riscontrati vengono inseriti in una formula, tenendo presente che le esoforie assumono segno positivo mentre le exoforie assumono segno negativo.

La formula è la seguente:

$$\frac{AC}{A} = D.A.V. + \frac{Fv - Fl}{Acc.}$$

“Fv” indica la foria per vicino;

“Fl” indica la foria per lontano;

“Acc.” rappresenta l’accomodazione in diottrie;

D.A.V. per lontano in cm.

3.5.2 METODO DEL GRADIENTE

Questo è un’ulteriore test per calcolare il rapporto AC/A.

In questo test non viene cambiata la distanza di fissazione, la variazione dello stimolo accomodativo viene misurata usando delle lenti.

Si parte misurando la foria per una data distanza (foria originaria); si antepongono lenti negative (o positive) e si valuta il rapporto AC/A tramite la seguente formula:

$$\frac{AC}{A} = \frac{Fl - Fo}{D}$$

“Fl” indica la foria con lenti;

“Fo” indica la foria originaria;

“D” rappresenta lo stimolo accomodativo indotto da lenti (di segno contrario a quello della lente utilizzata).

È opportuno effettuare entrambi i test, utilizzando mire che producano stimoli ben precisi per l’accomodazione, come la carta di Sheard utilizzata nel test di von Graefe o quello del cilindro di Maddox.

Generalmente, con il metodo della foria si ottengono valori più elevati del rapporto AC/A, soprattutto per il contributo dato dalla convergenza prossimale.

3.6 ANISOMETROPIA ED ANISEICONIA

Dal greco « *non uguale misura di vista* » , viene definita *anisometropia*, quella condizione visiva in cui vi è una differenza di stato refrattivo nei due occhi. Nella pratica clinica, si considerano anisometrici coloro il cui stato refrattivo differisce di una quantità maggiore di 1.50 – 2.00 diottrie. I fattori che causano anisometropia possono essere di natura anatomica-diottrica: data da una differenza di lunghezza assiale o di profondità della camera anteriore; oppure possono essere di origine patologica come traumi orbitali o palpebrali, cheratocono o cataratte.

L'anisometropia può essere classificata in base alla combinazione del vizio refrattivo e all'entità, si parla, quindi, di:

- **Anisoipermetropia:** quando un occhio è ipermetrope (o emmetrope) e l'altro presenta ipermetropia maggiore;
- **Anisomiopia:** quando un occhio è miope (o emmetrope) e l'altro presenta miopia maggiore;
- **Antiametropia:** quando un occhio è miope e l'altro ipermetrope.

In base all'entità, invece, si ritrova anisometropia:

- **Bassa:** quando è minore di 2.00 diottrie;
- **Media:** quando è compresa tra 2.00 e 3.50 diottrie;
- **Alta:** quando è maggiore di 3.50 diottrie.

L'*aniseiconia*, invece, è un'anomalia della visione binoculare in cui le immagini oculari differiscono nella forma e dimensione, infatti il termine aniseiconia significa, letteralmente, "*immagini non uguali*".

L'aniseiconia può essere classificata in base alla causa scatenante in:

- **Ottica inerente:** che dipende dal sistema diottrico oculare;
- **Ottica acquisita:** che si instaura attraverso i sistemi ottici utilizzati per correggere il vizio refrattivo;

- **Anatomica:** (nell'emmetrope) che deriva dalle caratteristiche delle strutture e dei meccanismi attraverso i quali si compie la percezione visiva.

Un'ulteriore classificazione, può essere fatta a seconda di come si caratterizzano le differenze delle due immagini. Quindi, si dice:

a) **Aniseiconia simmetrica:**

- **overall:** in cui le dimensioni delle immagini presentano le stesse variazioni in ogni sezione;
- **meridionale:** in cui le variazioni delle dimensioni interessano un solo meridiano;
- **composta:** quando le variazioni sono diverse nelle varie sezioni dell'immagine.

b) **Aniseiconia asimmetrica** in cui le variazioni non sono uguali nelle diverse parti del campo visivo.

Quando l'aniseiconia non supera un certo grado, il soggetto non lamenta sintomi. Al contrario, per un alto valore di aniseiconia può rendere impossibile la fusione sensoriale, di conseguenza, il sistema visivo sopprime provocando l'insorgenza di un'ambliopia monolaterale da aniseiconia.

I limiti appena descritti variano in relazione alle suscettibilità o tolleranza di ciascun soggetto, infatti i bambini tollerano maggiormente rispetto all'anziano per i quali anche per valori molto piccoli possono risultare fastidiosi. Sarebbe, inoltre, consigliabile dare la prescrizione completa gradualmente nel tempo.

Tra i metodi compensativi vi sono lenti *iseiconiche* e lenti *afocali*.

Le prime sono lenti costruite in coppia, con particolari spessori e curvature capaci di compensare ed indurre un ingrandimento o una riduzione tale da equilibrare le immagini retiniche. L'ingrandimento che si produce dipende dal potere della lente e dal fattore di forma, ovvero: dalla curvatura della superficie anteriore della lente, indice di rifrazione e spessore.

Le lenti afocali sono lenti prive di potere ma in grado di indurre visione binoculare confortevole e l'ingrandimento dipende solamente dal fattore forma.

Al fine di una corretta compensazione dell'aniseiconia, nel momento in cui si vuole modificare la dimensione della lente oftalmica, è necessario tenere in considerazione tre regole importanti:

1. Nel momento in cui si modifica la distanza apice corneale – lente, si induce un cambiamento nell'ingrandimento;
2. Se si modifica la curvatura della superficie anteriore della lente, aumentandola o aumentando lo spessore, si provoca un aumento dell'ingrandimento;

la normale grandezza delle immagini retiniche di entrambi gli occhi, segue tale formula:

$$P = \frac{1}{(1 - dF'v)}$$

dove “d” rappresenta la distanza apice corneale – lente e $F'v$ è il potere del vertice posteriore.

Quindi per ottenere una corretta compensazione di *aniseiconia* ed anisometropia, la lene a contatto è la soluzione più efficace, in quanto vengono eliminate: la distanza apice corneale – lente, la differenza di effetto prismatico e la modifica della dimensione delle immagini. Inoltre migliora l'aspetto estetico derivato da poteri elevati e soprattutto limita i costi.

CAPITOLO IV – AFFATICAMENTO VISIVO

4.1 Cosa si intende e cosa provoca l'affaticamento visivo

La sindrome da **affaticamento visivo** (o stanchezza oculare) è sempre più diffusa e frequente. Nella maggior parte dei casi all'origine del problema vi è uno **sforzo visivo troppo intenso e prolungato, legato soprattutto all'utilizzo di videotermini**.

Le nuove esigenze lavorative e le abitudini legate al tempo libero stanno infatti portando sempre più ad un aumento del tempo trascorso davanti a computer e video giochi; il sovraccarico oculare che ne deriva può condurre ad una vera «*sindrome da affaticamento visivo*», chiamata anche **astenopia** (dal greco “asthenon” – “opsis” = stanchezza visiva).

Per **astenopia** si intende infatti una “**condizione di debolezza anomala degli occhi, un disturbo visivo dovuto spesso all'eccessivo sforzo della vista**”.

L'ambito nel quale la visione deve sopportare i più intensi attacchi stressanti è quello dell'applicazione prolungata al punto prossimo. All'interno di questa sfera, infatti, si concentrano le condizioni più favorevoli all'instaurarsi delle anomalie che compromettono il normale rapporto accomodazione/ convergenza. La nostra cultura prevede un forte impegno scolastico e professionale al punto prossimo. Quando la vista è impegnata ad osservare oggetti ad una distanza ravvicinata, i muscoli ciliari che intervengono nell'accomodazione sono sollecitati. L'impegno di questi muscoli è tanto più intenso quanto più l'oggetto osservato è vicino e quanto più a lungo dura il compito. Al contrario, quando si osservano oggetti lontani questi muscoli si rilasciano.

Sul piano clinico è possibile distinguere l'astenopia in:

- Oculare
- Visiva ⁷

L'astenopia oculare è caratterizzata da sintomi riferibili a sofferenza delle strutture anatomiche del sistema oculare; l'astenopia visiva, invece, comporta

⁷ Bergqvist e Knave, 1984

l'affaticamento delle strutture neuronali (coni, bastoncelli, nervo ottico) e dell'apparato di accomodazione (muscolatura intrinseca dell'occhio).

Questa distinzione, però, ha scarso valore pratico in quanto, nella «sindrome da affaticamento», la componente oculare e la componente visiva risultano coinvolte in maniera più o meno accentuata.

I sintomi che compongono la sindrome sono stati distinti in: stanchezza e peso oculare, fenomeni irritativi della superficie oculare, visione offuscata e/o sdoppiata, sintomi extra-oculari come cervicalgia, lombalgia e mal di testa⁸.

Tra i disturbi, oltre al mal di testa, si riscontrano: fatica oculare, fotofobia ed inefficienza visiva, sintomi che possono presentarsi singolarmente o combinati tra loro.

La fatica oculare è descritta dal soggetto come una sensazione di pesantezza, sonnolenza, bruciore, prurito, lacrimazione oculare.

La fotofobia è secondaria ad una situazione anomala di tensione muscolare e non può essere attenuata con l'uso di lenti colorate.

L'inefficienza visiva compare durante la lettura, è caratterizzata da annebbiamenti transitori delle parole scritte, lacrimazione, esecuzione lenta e faticosa.

Sarti, Camiciottoli e Stolfa, 1995, scrivono:

« l'affaticamento visivo può essere prodotto da difetti ottici, da deficienze muscolari o funzionali dell'apparato visivo, con effetti circa costanti o temporanei secondo la costituzione del soggetto, del suo stato di salute, delle circostanze emozionali o delle condizioni psichiche, dal grado di ametropia o di eteroforia e dall'esattezza della correzione, dello stato dell'ampiezza fusionale, dell'illuminazione dell'ambiente in cui si svolge il lavoro, lo studio o la lettura nella natura dell'oggetto della visione cioè della semplicità o complessità dei suoi dettagli, dell'ampiezza del contrasto con lo sfondo.

Tutti e ciascuno di tali fattori è in grado di provocare:

⁸ Arif e Alam, 2015

- Un annebbiamento visivo o una sensazione di diplopia più o meno fugace, ricorrente e periodica nella lettura o nell'esecuzione di lavori minuziosi
- Una congestione dei vasi propri degli annessi oculari e delle strutture interne ed esterne dell'occhio, con arrossamento più o meno permanente del margine palpebrale e della congiuntiva
- Una sensazione dolorosa a carattere di fatica muscolare sia localizzata al bulbo oculare sia diffusa all'orbita, alla tempia e alla fronte con caratteri di cefalea più o meno diffusa
- Una facile lacrimazione e uno stato d'irritabilità degli annessi oculari, che, se trascurati, possono favorire l'insorgere di piccole infezioni sub-acute, specialmente del margine palpebrale.

L'astenopia può infine dar luogo a sintomi riflessi di carattere neurologico: cefalee, vertigini, nausea, spasmi muscolari facciali. È il sintomo di una riorganizzazione dell'apparato visivo nel tentativo di difendersi dal fattore stressante capace di cambiare radicalmente l'atteggiamento visuomotorio e posturale del soggetto interessato.»

CAPITOLO V – CAUSE SCATENANTI CHE PROVOCANO L’AFFATICAMENTO VISIVO

Il sistema nervoso autonomo e volontario sono sistemi che agiscono in modo indipendente per quanto riguarda attività funzionali e muscolari dell’organismo, ma, nell’attività visiva, vi è una collaborazione esclusiva tra i due sistemi.

Affinché questa collaborazione sia efficace, è necessario che i due sistemi agiscano sempre in perfetto equilibrio al fine di garantire una funzionalità adeguata e, per difendere questo equilibrio, esistono dei meccanismi di protezione nonostante la presenza di eventi destabilizzanti. Infatti, nella vita di tutti i giorni, situazioni di varia natura come malattie, forti emozioni, sforzi fisici, stress, possono indurre iperstimolazione di uno dei due sistemi, mettendo a repentaglio la collaborazione tra sistema autonomo e volontario e quindi la **visione chiara, singola e confortevole**.

È necessario, dunque, capire come il sistema visivo reagisce a sollecitazioni stressanti. Una prima reazione, ad un lavoro particolarmente faticoso, importante ma non indispensabile, potrebbe essere quella di evitarlo. Il risultato può essere il totale o parziale abbandono di qualsiasi attività a distanza ravvicinata e quindi un aumento delle problematiche scolastiche o lavorative.

Al contrario, un soggetto costretto ad impegnarsi a distanza ravvicinata, svolgerà le mansioni applicative in maniera molto faticosa e con frequente perdita della concentrazione, questo perché non è in grado di adattare le proprie abilità all’impegno visivo richiesto.

Un’altra reazione in risposta alle condizioni stressanti, può essere un allontanamento del piano di messa a fuoco con conseguente diminuzione della quantità accomodativa utilizzata. Questo “metodo” reattivo permette di sostenere per lungo tempo e più confortevole lo sforzo di applicazione, in quanto viene a crearsi un “*cuscinetto ipermetropico*” da vicino, non tanto accentuato da inibire la convergenza coinvolgendo negativamente il rapporto AC/A.

Un tipo di reazione allo stress opposto a quello appena citato, potrebbe essere il coinvolgimento del meccanismo delle vergenze senza, però, influenzare

negativamente il meccanismo accomodativo. In questo caso vi è un aumento dell'exoforia come effetto “tampono” più efficace e in grado di assorbire l'aumento della convergenza stimolata, associata al prolungarsi dell'impegno visivo a distanza ravvicinata.

È possibile che i due modi di adattamento, appena descritti, possano manifestarsi contemporaneamente, in questo caso si parla di *ipermetropia associata ad exoforia*. Non tutti gli individui sono in grado di ampliare la propria abilità ipermetropica ed exoforica per rispondere in modo efficace allo stress, per cui si abbandonano al problema visivo permettendo ai meccanismi di accomodazione/convergenza e interpretazione di strutturarsi in modo anomalo andando ad invalidare il complesso del meccanismo visivo.

Quando il tentativo di aumentare la componente exoforica fallisce, entra in gioco, prendendo il sopravvento, l'azione dell'iperconvergenza scatenata dal prolungato ed esigente impegno visivo. Quindi, una volta terminata l'intera riserva fisiologica di exo, si evidenzierà un comportamento esoforico al punto prossimo. Si assiste ad una riorganizzazione del rapporto AC/A (per evitare il coinvolgimento di una iperconvergenza indesiderata) in cui si darà maggior quantità di convergenza per ogni unità accomodativa. In tal caso il rapporto AC/A risulta un valore elevato.

Nel caso contrario in cui fosse il tentativo di cuscinetto ipermetropico ad andare fallito, si attestano valori eccessivi di accomodazione rispetto a quelli usati normalmente nelle condizioni visive. Si riscontra, quindi, un atteggiamento miopico al punto prossimo che scatenerà enormi ed incontrollabili variazioni nella messa a fuoco. In tal caso, il rapporto AC/A verrà modificato dando minor quantità di convergenza per ogni unità accomodativa e risulterà un valore basso. Molto spesso le due situazioni si manifestano contemporaneamente dando origine ad un quadro miopico esoforico spesso senza mutamenti del rapporto AC/A.

Nel meccanismo accomodativo, il cuscinetto di protezione è fornito da una leggera ipermetropia. Un'iperstimolazione temporanea del sistema somatico,

avrà, come conseguenza, un'attività accomodativa in eccesso che sarà ammortizzata con l'opportuno rilascio dell'accomodazione già usata per compensare l'ipermetropia "cuscinetto". Tramite questo meccanismo, l'organismo evita di danneggiare il processo di integrazione visiva, conseguenza altrimenti inevitabile se, per la mancanza del cuscinetto ipermetropico, fosse costretto a modificare definitivamente il rapporto accomodazione/convergenza in presenza di un qualsiasi stimolo stressante.

Un ruolo analogo lo svolge l'exoforia, che funge da cuscinetto nel meccanismo della convergenza. Anche in questo caso, una iperstimolazione temporanea del sistema parasimpatico, potrebbe provocare uno stimolo a iperconvergere scatenando, quindi, una visione doppia. Attraverso il rilascio modulato della convergenza già in atto per compensare l'exoforia, si evita l'insorgenza della visione doppia "assorbendo" questa iperconvergenza.

In questo modo, quindi, si mantiene una visione singola senza costringere l'organismo a danneggiare definitivamente il rapporto accomodazione/convergenza, ma solo modificarlo provvisoriamente.

L'ipermetropia rappresenta la riserva di protezione del sistema accomodativo, l'exoforia quella del meccanismo della convergenza.

Tutti i tipi di adattamento fin ora descritti, se protratti nel tempo, possono influenzare anche la sfera della visione a distanza perché le anomalie accumulate nella visione prossimale si trasferiscono nella visione a distanza. La sintomatologia nasce dalle problematiche della visione ravvicinata e sarà quindi riscontrare un aumento dell'ipermetropia e/o dell'exoforia, oppure un progresso miopico con o senza esoforia.

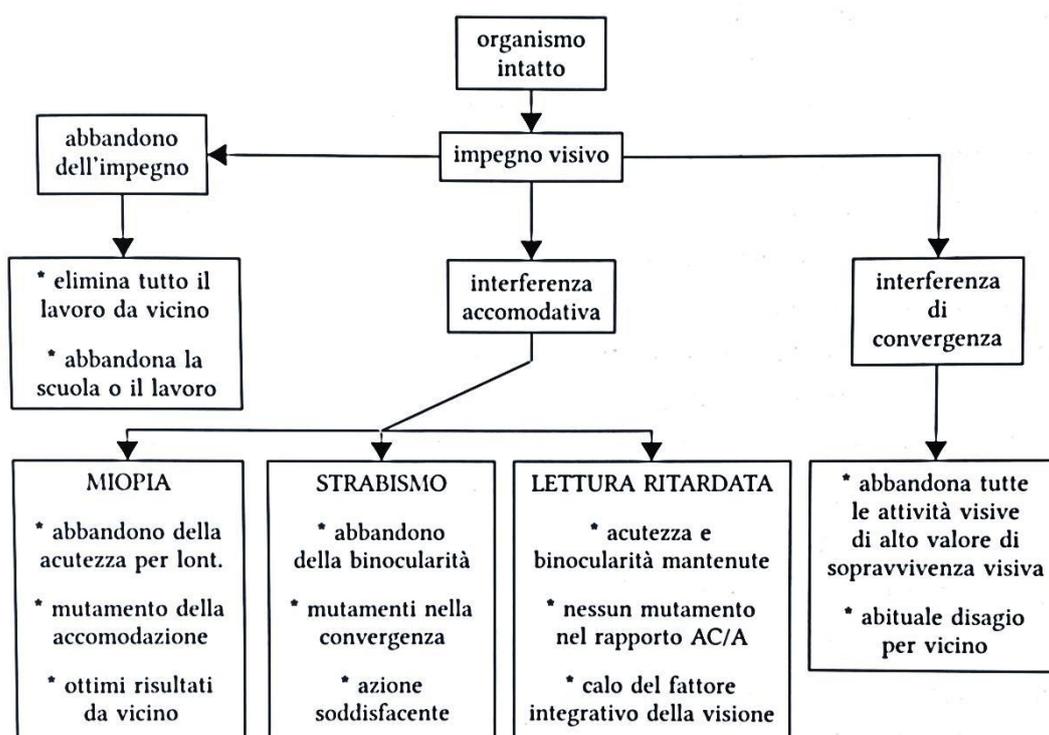


Figura 24: schema esplicativo su deterioramento visivo. Illustrazione tratta da Manas, 1976

Altre problematiche, come ad esempio la postura, possono essere attribuite ai problemi visivi e all'affaticamento visivo.

La visione funziona come un propriocettore fornendo informazioni sulla posizione del corpo. Esiste una relazione bidirezionale tra funzione visiva e postura, infatti un'alterazione della funzione visiva comporta una modifica della postura e viceversa. Visione e postura sono quindi due meccanismi all'interno di un unico processo percettivo.

Da un punto di vista meccanico, i muscoli estrinseci oculari fanno parte della **catena propriocettiva posturale** (catena muscolo – connettivale) ed ogni modifica della loro tensione induce una conseguente variazione di tensione della catena muscolo – connettivale fino all'appoggio podalico.

Alterazioni della funzione visiva determinano alterazioni posturali; d'altro canto, alterazioni posturali possono essere, a loro volta, causa di problemi visivi. Quindi le alterazioni posturali di qualsiasi origine, possono modificare il meccanismo della visione che è il risultato sinergico tra vari muscoli e di reazioni

neurologiche. Pertanto ogni volta che gli occhi si muovono, generano un input di contrazione dei muscoli della nuca per consentire alla testa di cambiare posizione al fine di fissare l'oggetto di interesse.

Quindi lo scopo principale della relazione visione – postura è quello di assicurare un funzionamento binoculare perfetto della percezione visiva, in quanto la funzione dei movimenti oculari è quella di spostare e stabilizzare lo sguardo.

Ad esempio, quando esiste una foria accentuata, un'anisometropia o uno strabismo in età pediatrica, è evidente che esiste un problema oculomotorio che ha come conseguenza la trasmissione al cervello di informazioni sbagliate sul mondo esterno e che vengono compensate dalla postura: testa inclinata, ruotata da un lato, una spalla più alta dell'altra, alterazione di tutta la postura, torcicollo oculare ecc. Una postura scorretta indotta e mantenuta per periodi prolungati ha effetti sulla coordinazione binoculare e di conseguenza sulla coordinazione occhio – mano.

Il rendimento accomodativo diventa diverso nei due occhi quando: aumentano le forie, si accentuano strabismi e anche anisometropie. Con l'applicazione di valori prismatici di basso potere (2-3 dtp) monoculare si altera la percezione binoculare dello spazio, si modifica l'atteggiamento posturale della testa, del collo e di tutto il corpo⁹.

Il prisma monoculare modifica l'immagine che l'occhio vede dell'oggetto, i muscoli oculari si posizionano di conseguenza modificando l'angolo fra i due occhi. Si innesca il riflesso vestibolo-oculomotore, che fa cambiare il tono degli estensori del collo, si aggiusta la PAC (posizione anomala del capo) con vantaggio su tutta la postura. Quindi, l'occhio è il recettore posturale più alto.

⁹ Sarti, 2002

Posizioni errate del corpo unite a scarsa illuminazione mandano in tilt il corretto funzionamento della visione binoculare.

Matthew Luckiesh e F. K. Moss hanno denunciato il fatto che: sino ad ora la Scienza dell'Illuminazione e la Scienza della Visione non si sono quasi mai incontrate in laboratorio e tanto meno nell'abito dell'applicazione pratica. Hanno, quindi, definito “*seeing*” come la *combinazione dell'illuminazione (lighting) e della visione (vision)*.

La “fatica visiva” è uno degli argomenti più importanti e tratto nel programma dei due autori. Nel linguaggio della fisiologia generale, la fatica si può considerare come l'handicap temporaneo di una determinata funzione, in seguito al prolungarsi di un certo tipo di attività. Lo studio della fatica è complicato perché l'uomo ha la capacità di adattarsi anche alle più disparate situazioni.

Per quanto riguarda l'affaticamento visivo legato all'illuminazione non adeguata per lo svolgimento di certo compito, la sua determinazione risulta problematica in quanto questo tipo di fatica non è legata all'incapacità di vedere, ma al fatto che la visione non è “facile”.

Non solo, in molti casi l'illuminazione non è adeguata per un compito specifico, in una data situazione, ma non si tiene conto della presenza di ombre, del colore ecc. Luckiesh e Moss hanno considerato l'influenza dell'ambiente ed è stato accertato che se l'ambiente è troppo buio rispetto al piano di lavoro, a causa dei ripetuti adattamenti e disadattamenti, a seguito di movimenti oculari, si può avere una sensazione di fastidio. Invece, se l'ambiente è luminoso al livello giusto (generalmente non superiore a quello del piano di lavoro), si può rendere più confortevole il lavoro stesso. Luckiesh e Moss considerano anche il colore dell'ambiente e la sua illuminazione, sottolineando che, oltre alla prestazione visiva, esso può influire, sia pure in maniere indiretta e secondaria, sulle emozioni, la soddisfazione, il sentirsi utile da parte del lavoratore. Quando il coinvolgimento emotivo del lavoratore non è adeguato interviene l'affaticamento che sfocia in un calo produttivo.

Si deve, quindi, considerare la possibilità di utilizzare i benefici dell'illuminazione, ricorrendo a tutti i possibili accorgimenti, come: sfondo opportuno, appropriata colorazione delle pareti, posizionamento del compito visivo e sua sistemazione, ottimizzazione della postura dei lavoratori, corretta distribuzione delle ombre, ottimizzare la distribuzione di luce sul compito, eliminare riflessioni ecc. In pratica, però, gli ambienti di lavoro continuano ad essere progettati secondo due soli schemi: economia degli spazi e aspetto estetico.

Per un'aula scolastica si devono tener presenti alcune considerazioni "speciali". Queste considerazioni sono legate alla condizione propria del fanciullo che deve crescere, formarsi e prepararsi a diventare adulto in piena completezza fisica e psichica. Pertanto, si richiede un ambiente confortevole dal punto di vista fisico, percettivo ed emotivo; ma è necessario tenere in considerazione i fattori che connotano lo spazio come il colore e l'arredamento. I parametri ambientali, quindi, vengono approfonditi dopo aver analizzato con molta precisione tutti i problemi legati

alla luce naturale, al cromatismo, alla postura e quindi alla conformazione del banco. Per quanto riguarda la luce naturale, sin dal 1931 si ipotizzarono schemi da applicare alle finestre o vetri



Figura 25 . Aula di Ispra (Varese) con la vista delle finestre sottoposte al controllo della luce naturale. Si notano: lo spazio libero che permette di vedere all'esterno e in alto il piano speciale che riflette la luce del sole verso il soffitto. Il sole può illuminare direttamente solo la zona immediatamente antistante alla finestra, zona che non viene occupata dai banchi.

speciali che in parte deviavano la luce naturale verso il soffitto e in parte consentivano di farla entrare direttamente nell'aula senza però coinvolgere i banchi. In effetti la luce naturale deviata verso il soffitto, produce una situazione di luce diffusa uniforme e confortevole. Per quanto riguarda il cromatismo delle pareti, è consigliabile indirizzarsi verso colori molto tenui, tenendo conto dell'orientamento delle finestre dell'aula, e caldi e adottare molto raramente colori freddi.

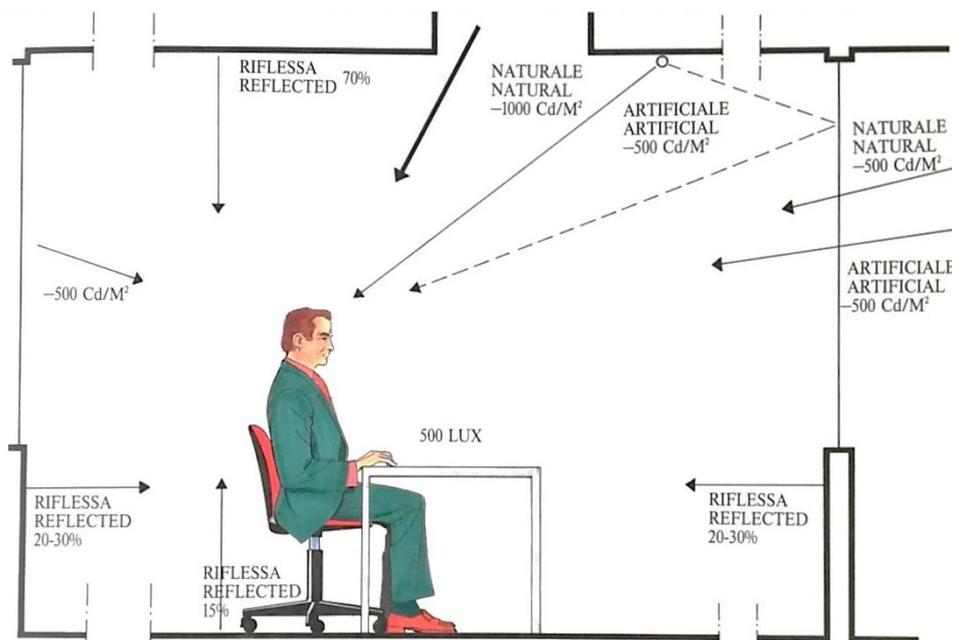
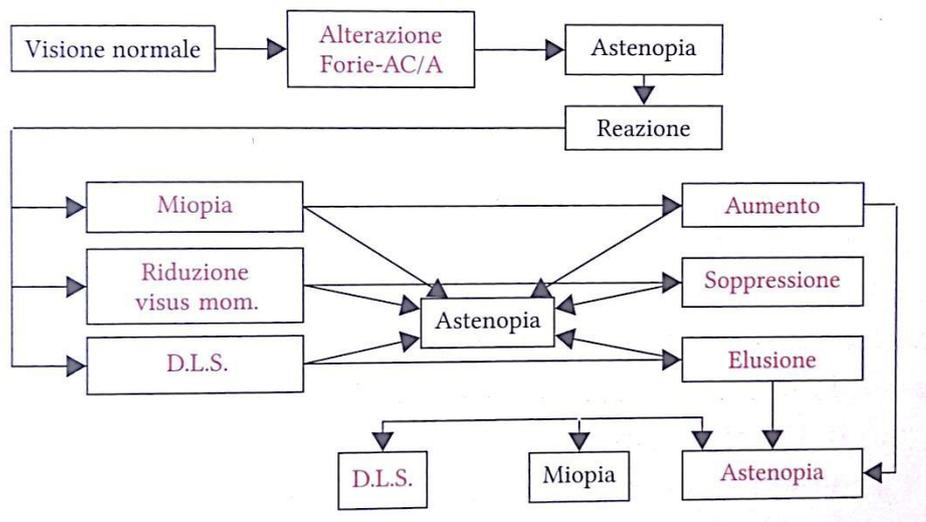


Figura 26. Livelli di luminanza consigliati per un posto di lavoro con normale difficoltà percettiva.

CONCLUSIONI



Schema 1: Alterazione della visione causata dallo stress.

In questo elaborato di tesi si è visto, quindi, che, il termine *ASTENOPIA* indica di per sé, l'insufficienza dell'apparato visivo a rendere le immagini adeguatamente chiare in ogni circostanza e specificamente nell'accomodazione volontaria; ma comprende anche un complesso di sintomi oculari, visivi, neurologici e psichici. L'affaticamento è stato oggetto di molte ricerche condotte da numerosi studiosi secondo vari punti di vista, ma nessuna di esse è riuscita a fornire una definizione chiara e coincisa del termine "*AFFATICAMENTO VISIVO*".

Bartley, Chute e Ivy, nel 1947, in « *Fatigue and Impairment in Man* », hanno rivisto molte definizioni sull'argomento e hanno identificato l'affaticamento in modo generale:

1. *Affaticamento e indebolimento non sono la stessa cosa. Se coesistono possono essere separati.*
2. *L'affaticamento non si valuta attraverso l'indebolimento.*
3. *L'affaticamento, diversamente dall'indebolimento, si prova direttamente; ciò significa che è un'esperienza vera.*
4. *L'affaticamento è un atteggiamento della persona in relazione ad un'attività.*

5. *L'affaticamento ha una durata soggettiva.*
6. *L'affaticamento è soggettivo.*
7. *L'affaticamento è la conseguenza di un conflitto.*
8. *L'affaticamento non deve essere confuso con la noia.*
9. *L'affaticamento si accumula.*
10. *L'affaticamento può comparire e sparire in modo subitaneo.*
11. *Il concetto di affaticamento è collegato all'organizzazione.*
12. *L'affaticamento non dipende necessariamente dal dispendio energetico.*
13. *L'affaticamento non è mai di una sola parte specifica del corpo.*
14. *Non si deve definire o analizzare l'affaticamento rifacendosi alle sue possibili cause o a seconda della funzione visiva.*

Come si può constatare, una determinazione di affaticamento che si basi sul lavoro svolto, o su situazioni esterne al soggetto, non può essere completa, diventa, quindi, impossibile elaborare una semplice definizione di affaticamento. Tuttavia, l'affaticamento non è inevitabile: basta adottare alcune buone abitudini quotidiane come cercare di adattare l'illuminazione della stanza in base all'attività che si svolge in questo modo è possibile eliminare l'abbagliamento; oppure, eseguire le attività da vicino alla distanza di Harmon (lunghezza avambraccio). È necessario tenere sempre presente che gli occhi hanno bisogno di riposo per funzionare al meglio, quindi, consigliabile concedersi una pausa. Se nonostante questi accorgimenti il fastidio persiste, forse potrebbe esserci un'anomalia visiva da correggere e quindi è necessario consultare un "professionista della visione", che attraverso un attento esame personalizzato, vengono analizzate le abilità visive, le effettive modalità di utilizzo dei dispositivi digitali, la distanza di lavoro e l'eventuale correzione ottica già in uso.

Lenti a profondità di campo o lenti con protezione dalla luce blu definite "blue block" possono essere delle soluzioni. Le prime sono le più consigliate per l'uso "da ufficio" o "da riposo" e il loro vantaggio è che la vista può spaziare dai 30 centimetri ai 2 metri con il massimo comfort visivo, utili per le moderne

tecnologie, ma anche per attività tradizionali ed hobby. Le lenti blue block, invece, sono delle classiche lenti dotate di specifici trattamenti *blue block* che permettono di proteggere gli occhi dai possibili effetti dannosi della luce blu emessa dai VDT, inoltre rappresentano un valido strumento di prevenzione. In conclusione, viene quindi studiata la soluzione più idonea per il singolo soggetto per ridurre efficacemente l'affaticamento visivo.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. P. Carelli, *Dispense lezioni di tecniche fisiche per l'optometria*
2. M. Casini, S. Esente, F. Panzera, R. Saggini, G. Sarti, *Visione e Postura*, Fabiano Editore, 2010
3. L. Manzoni, *La luce: progetto scienza e filosofia*, Reggiani Editore, 1992
4. M. Scheiman, B. Wick, *Clinical Management of Binocular Vision*, 2002
5. <https://boa.unimib.it/retrieve/handle/10281/105697/155149/Pomare%20Cantu%20Facchin%202016%20comparazione%20forie%20opt%20n13.pdf>
6. <https://www.iapb.it/astenopia-affaticamento-oculare/>
7. <https://www.essiloritalia.it/la-tua-vista/curiosita/focus-sull-affaticamento-visivo>