

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

Visione binoculare e insufficienza di convergenza

Relatori:

Prof. Aniello Reccia

Candidato:

Annarita Della Capa
Matricola M44000475

A.A. 2018/2019

Ai miei genitori, con amore!

*Vorrei avere infiniti cuori
che tutti ardessero del santo Amore.
Gesù è tutto mio ed io sono tutto di Gesù.
Mi basta solo Gesù, voglio amare solo Gesù
e niente più voglio.*

San Vincenzo Romano

INDICE

- INTRODUZIONE

CAPITOLO 1: Formazione delle immagini

- 1.1 Cenni di Anatomia Oculare
- 1.2 Difetti visivi: Emmetropia, Miopia, Ipermetropia, Astigmatismo, Presbiopia

CAPITOLO 2: Cos' è la visione binoculare

- 2.1 Visione binoculare
- 2.2 La corrispondenza retinica
- 2.3 La fusione sensoriale
- 2.4 Deviazioni oculari e cause
- 2.5 Valutazione delle eteroforie orizzontali

CAPITOLO 3: Insufficienza di convergenza

- 3.1 Cenni di oculomozione e convergenza
- 3.2 Cos'è l'insufficienza di convergenza
- 3.3 Incidenza
- 3.4 Sintomatologia
- 3.5 Trattamenti per l'insufficienza

CAPITOLO 4: Trattamenti optometrici \Rightarrow Correzione prismatica

4.1 Esercizi Optometrici

4.2 Cos' è la correzione prismatica

4.3 Lettura scientifica

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

RINGRAZIAMENTI

INTRODUZIONE

La visione è il processo di elaborazione delle informazioni provenienti dal mondo esterno attraverso gli occhi ed elaborate dal cervello che le traduce in informazioni più complesse. È un processo dominante dell'organismo per ottenere informazioni da tutto ciò che ci circonda. Nella quotidianità, ognuno di noi deve confrontarsi continuamente con l'ambiente che invade il nostro spazio visivo, che ha in sé un elevato bagaglio di dati.

Dunque, la visione è considerata come la sinergia di tante abilità e caratteristiche oculari e cerebrali.

Nell'attuale società, sempre in evoluzione, aumenta in modo esponenziale il tasso percentuale di soggetti che soffrono di disturbi visivi nel corso della vita. Tra i vari disturbi di questo meccanismo, quello più frequente è legato alla visione e alla funzione binoculare, che può compromettere le principali azioni del nostro quotidiano ossia la lettura, la capacità di concentrazione e apprendimento influenzando negativamente il comfort visivo dell'individuo. L'uso prolungato del computer, il continuo lavoro svolto a distanza prossimale e le ore di lettura possono incidere sulla vista creando dei disturbi e fastidi oculari.

Questo lavoro di tesi si basa principalmente su un disturbo della visione binoculare, noto come "insufficienza di convergenza" molto diffuso nella popolazione, ma al tempo stesso non del tutto noto, poiché un numero notevole di persone non ne è a conoscenza nonostante ne sia affetto. L'obiettivo di questa tesi di laurea è fornire una raccolta di informazioni e dati utili su cosa sia l'insufficienza di convergenza, quanto incide questo deficit sulla vita quotidiana e i possibili trattamenti optometrici adoperati.

Tra i vari trattamenti, l'attenzione è stata focalizzata sulla correzione prismatica, in quanto studi scientifici hanno dimostrato la sua efficacia nel caso delle eteroforie, sempre nell'ambito dell'insufficienza di convergenza, che risulta anche essere la scelta più economica tra quelle esistenti.

CAPITOLO 1: Formazione delle immagini

1.1 Cenni di anatomia oculare

Il bulbo oculare è allocato nella cavità orbitaria, che lo contiene e lo protegge. Essa è una struttura ossea a forma di piramide, con apice posteriore e base anteriore.

La parete del bulbo è formata da tre tuniche concentriche che, dall'esterno verso l'interno, sono:

Tonaca esterna (fibrosa): formata dalla sclera e dalla cornea

Tonaca media (vascolare) detta anche uvea: formata dalla coroide, dal corpo ciliare e dal cristallino.

Tonaca interna (nervosa): la retina.

La tonaca esterna funge da attacco per i muscoli estrinseci del bulbo oculare, quelli cioè che permettono la sua rotazione verso il basso e l'alto, verso destra e sinistra ed obliquamente, verso l'interno e l'esterno.

Posteriormente è formata dalla sclera, che è una membrana resistente ed opaca ai raggi luminosi, e anteriormente dalla cornea, che è una struttura trasparente priva di vasi sanguigni, e che viene perciò nutrita dai vasi sanguigni della sclera. La cornea è formata da cinque strati sovrapposti, di cui quello più esterno è formato da cellule epiteliali disposte in più strati (epitelio pluristratificato); i sottostanti tre strati sono formati da tessuto connettivo e l'ultimo, il quinto, di nuovo da cellule epiteliali ma in un unico strato, chiamato endotelio.

La tonaca media o uvea è una membrana di tessuto connettivo (collagene) ricca di vasi e di pigmento ed è interposta tra sclera e retina. Ha funzione di sostegno e nutrizione per gli strati della retina che sono a contatto con essa. È divisa, dall'avanti all'indietro, in iride, corpo ciliare e coroide.

L'iride è quella struttura che tipicamente definisce il colore dei nostri occhi. È a diretto contatto col cristallino ed ha un foro centrale, la pupilla, attraverso cui passano i raggi luminosi.

Il corpo ciliare è posteriore all'iride ed è rivestito all'interno da una porzione di retina detta "cieca" perché non contiene alcun fotorecettore e non partecipa perciò alla visione.

La coroide è un supporto per la retina ed è molto vascolarizzata, proprio per nutrire l'epitelio retinico. È di colore bruno ruggine, per la presenza di un pigmento che assorbe i raggi luminosi impedendone la riflessione sulla sclera.

La tonaca interna è formata dalla retina. Essa si estende dal punto di emergenza del nervo ottico fino al margine pupillare dell'iride. È una sottile pellicola trasparente formata da dieci strati di cellule nervose (neuroni a tutti gli effetti), tra cui, nella sua porzione non cieca - detta retina ottica – ci sono i coni ed i bastoncelli, che sono i fotorecettori deputati alla funzione visiva.

I bastoncelli sono in numero maggiore rispetto ai coni (75 milioni circa) e contengono un unico tipo di pigmento. Per questo sono deputati alla visione crepuscolare, cioè vedono solo in bianco ed in nero.

I coni sono in numero minore (3 milioni circa) e servono per la visione distinta dei colori, contenendo tre tipi diversi di pigmento. Sono concentrati quasi tutti nella fovea centrale, che è un'area a forma di ellissi e che coincide con l'estremità posteriore dell'asse ottico (la linea che passa per il centro del bulbo oculare). Essa rappresenta la sede della visione distinta.

I prolungamenti nervosi dei coni e dei bastoncelli si uniscono tutti insieme in un'altra porzione di retina molto importante, che è la papilla ottica. Essa viene definita come il punto di emergenza del nervo ottico (che porta l'informazione visiva alla corteccia cerebrale, la quale a sua volta la rielabora e ci permette di vedere le immagini), ma anche dell'arteria e della vena centrale della retina. La papilla non è ricoperta da retina, è cieca.

1.2 Difetti visivi: Emmetropia, Miopia, Ipermetropia, Astigmatismo e presbiopia

Per visus, o acutezza visiva, si intende la capacità dell'occhio di distinguere, ad una determinata distanza, un carattere o un simbolo o un disegno la cui altezza sottenda un angolo di 5° ed il cui tratto (dettaglio caratterizzante) sottenda un angolo di 1°; è questo l'angolo minimo (o del minimo separabile) al quale due punti sono ancora riconoscibili come separati tra loro.

Le ametropie (difetti visivi) si dividono in: MIOPIA, IPERMETROPIA, ASTIGMATISMO e PRESBIOPIA.

L'emmetropia è il caso in cui l'occhio è assente da ametropie. Il processo di emmetropizzazione è il processo mediante il quale avvengono tutta una serie di cambiamenti, dal punto di vista diottrico, finalizzati all'ottenimento dell'emmetropia. Questo avviene tramite reciproca compensazione tra componenti del sistema diottrico oculare e lunghezza assiale.

La miopia è la condizione refrattiva in cui 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 confusione.

L'ipermetropia è quella condizione refrattiva per la quale, con accomodazione completamente rilassata, un oggetto posto all'infinito forma un'immagine dietro la retina (la focale dell'occhio è maggiore della distanza piano principale-retina). Il soggetto ipermetrope non corretto compie costantemente un determinato sforzo accomodativo che gli occorre per mettere a fuoco gli oggetti all'infinito. Inoltre, nella visione a distanza finita, lo sforzo accomodativo risulta essere maggiore rispetto al soggetto coetaneo emmetrope della quantità dell'ametropia stessa. A causa di questa eccessiva attività, il muscolo ciliare del giovane ipermetrope acquista un determinato tono fisiologico il quale fa sì che una certa quantità di accomodazione rimanga esercitata, non potendo più essere rilasciata volontariamente.

L'astigmatismo rappresenta quindi il terzo tipo di ametropia, caratterizzato da un sistema diottrico oculare che presenta poteri diversi nei vari meridiani. Quando il sistema diottrico oculare presenta astigmatismo, le radiazioni luminose provenienti dall'esterno formano immagini sfuocate, qualunque sia la sezione del conoide che va a focalizzarsi sulla retina. Questa ametropia si associa spesso alla miopia e all'ipermetropia ed è quasi sempre di natura refrattiva.

La presbiopia è un disturbo della vista caratterizzato dalla perdita graduale, progressiva e irreversibile, della capacità di mettere a fuoco da vicino, ma non è considerata un vizio refrattivo. Si tratta di una condizione fisiologica legata all'avanzare dell'età. Infatti, dopo i 40 anni il nostro cristallino, la lente naturale che si trova all'interno dell'occhio, perde progressivamente la capacità di mettere a fuoco gli oggetti alle differenti distanze ossia si verifica una diminuzione della capacità accomodativa.

CAPITOLO 2: Cos' è la visione binoculare

2.1 Visione binoculare

Si parla di visione binoculare quando ciò che percepiamo visivamente è il risultato della composizione degli input provenienti dai due occhi. Il meccanismo visivo inizia con la formazione dell'immagine retinica e ognuno dei due occhi è in grado di inviare informazioni sufficienti per la rappresentazione visiva dello spazio esterno. Il totale delle informazioni provenienti dai due occhi, fa migliorare molti aspetti della percezione visiva, principalmente quelli relativi al "dove è". I vantaggi di una visione binoculare sono:

- Un campo visivo con estensione maggiore rispetto al monoculare;
- Eliminazione degli scotomi fisiologici;
- Una maggiore acuità visiva e una migliore sensibilità al contrasto;
- La realizzazione di un raffinato meccanismo di percezione della tridimensionalità attraverso la stereopsi.

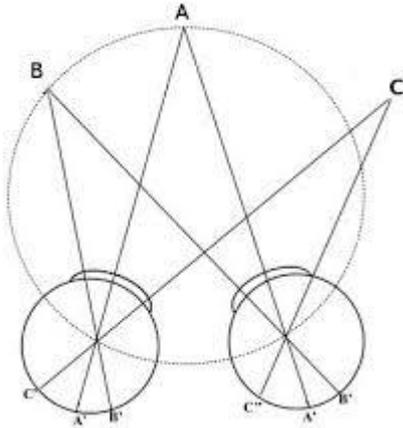
La percezione binoculare non è una somma delle capacità del singolo occhio, ma si realizzano capacità e meccanismi altrimenti non possibili.

Fino a quattro mesi di vita la visione è di tipo monoculare alternata. Significa che viene cerebralmente utilizzata solo una delle due immagini provenienti dagli occhi, in quanto una viene soppressa. Questa fase viene superata appunto intorno al 6 mese, quando tende a ridursi e pian piano a scomparire il fenomeno della soppressione. Le immagini dei due occhi vengono percepite, elaborate e quindi proiettate entrambe nel campo visivo simultaneamente, generando il fenomeno della diplopia. Da qui in poi il soggetto comincia ad imparare come le due immagini possono essere gestite per migliorarne l'utilizzo. Se una delle due fosse particolarmente carente di particolari e quindi di nitidezza rispetto all'altra, tornerebbe a primeggiare il fenomeno della soppressione a carico dell'immagine peggiore. Si ricadrebbe nella fase della monocularità bloccando irrevocabilmente lo sviluppo visivo.

L'organizzazione dello spazio visivo è un processo squisitamente soggettivo e quindi distinto dallo spazio fisico degli oggetti reali. L'ordine degli oggetti nello spazio soggettivo non coincide necessariamente con l'ordine degli oggetti nello spazio fisico. Sembra che la localizzazione spaziale, sia dovuta essenzialmente a processi che hanno due diversi sistemi di riferimento. Un primo processo ha come sistema di riferimento l'intero corpo inteso come unità. Il secondo ha come sistema di riferimento il bulbo oculare. Tale processo è detto localizzazione spaziale oculocentrica o relativa e può essere distinto in due processi secondari, monoculari o binoculari.

2.2 La corrispondenza retinica

Nel considerare la visione binoculare occorre dunque individuare un unico sistema di riferimento che integri quelli dei due occhi. E' necessario pensare ad un meccanismo di localizzazione spaziale che sia proprio della visione binoculare.



Se il soggetto fissa il punto A monocolarmente, esso verrà percepito nello spazio apparente nella direzione individuata dalla linea visuale primaria. La localizzazione in questo caso sarà oculocentrica, cioè relativa alla posizione dell'occhio fissante.

Se invece A viene fissato binocularmente, la sua localizzazione nello spazio sarà una sorta di compromesso tra le linee visuali primarie dei due occhi.

Alla base del meccanismo di localizzazione binoculare vi è il concetto di punti retinici corrispondenti. Sono detti corrispondenti quei punti retinici dei due occhi che, in visione binoculare, presentano la stessa direzione visuale, ovvero lo stesso segno di localizzazione.

Hering nel 1879, generalizzò il concetto delle identiche direzioni visuali, individuato per le due foveole, applicandolo a tutti i punti retinici. Così è possibile trovare coppie di punti retinici, detti corrispondenti, uno nell'occhio destro, l'altro nel sinistro, che hanno la medesima direzione di localizzazione in visione binoculare. Il passaggio dalla visione monoculare a quella binoculare comporta dunque una ristrutturazione percettiva dello spazio visivo, che consiste in una modifica delle coordinate di riferimento. Quando utilizziamo la visione binoculare è come se vedessimo lo spazio con un unico, occhio immaginario, detto occhio ciclopico, posizionato nella testa tra i due occhi reali. Nella visione monoculare il segno di localizzazione delle linee visuali è riferito all'asse visuale e al centro della fovea. In visione binoculare abbiamo bisogno di un nuovo, unico sistema di riferimento; quindi tutte le linee visuali dei due occhi devono avere il loro segno di localizzazione riferito ad un solo asse.

La percezione binoculare risultante è facilmente comprensibile: è come se i sistemi di riferimento monoculari dei due occhi avessero fatto un movimento a forbice intorno al punto di fissazione, portando gli assi visuali a coincidere con il piano mediano, a costruire un unico asse visuale: quello dell'occhio ciclopico.

2.3 La fusione sensoriale

Il nostro sistema visivo è strutturato in modo tale da permettere una visione binoculare singola nonostante ognuno dei due occhi invii alla corteccia informazioni proprie e spesso differenziate circa le caratteristiche del mondo esterno. L'esperienza visiva di un soggetto con normale visione binoculare difficilmente verifica la diplopia, cioè la visione doppia di un oggetto del mondo esterno. L'ottenimento di tale diplopia è comunque facilmente raggiungibile da chiunque, ad esempio, premendo lateralmente con un dito su uno dei due bulbi oculari.

Per fusione sensoriale si intende il processo di integrazione mentale dei segnali dai due occhi in una percezione singola. In condizioni normali, la fusione sensoriale si verifica quando elementi retinici corrispondenti dei due occhi vengono stimolati contemporaneamente da immagini dello stesso oggetto. Una prima considerazione è che, per realizzare la fusione, le due immagini debbano essere uguali; tuttavia la fusione si verificherà anche quando gli stimoli dei due occhi non sono identici, ma simili. La differenza può essere di forma, dimensione, colore, contrasto. Entro un certo limite, è anche possibile fondere segnali provenienti da punti retinici non corrispondenti.

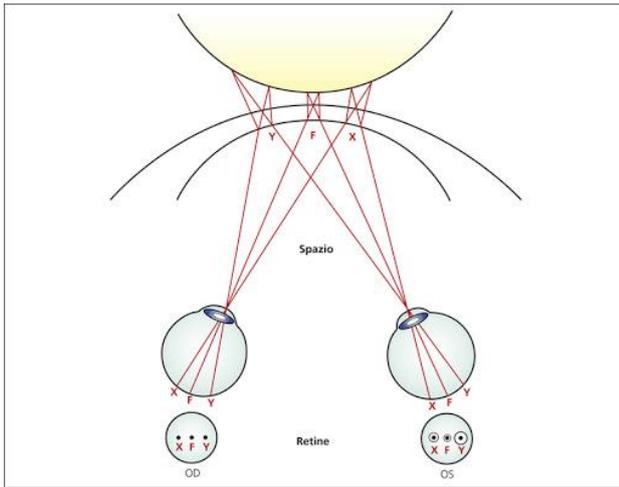
Quindi, affinché si verifichi la fusione sensoriale e si abbia la visione binoculare singola di un oggetto posto nel mondo esterno, bisogna avere due condizioni:

- Le due immagini dell'oggetto, date dai due sistemi ottici oculari, devono essere simili in forma, dimensione e colore.
- Le due immagini devono trovarsi su aree retiniche corrispondenti.

Dato che negli anni, sono state pensate varie ipotesi riguardanti la composizione fisiologica della fusione sensoriale, in contrasto con le nostre nozioni sulla sua disposizione anatomica, per comprendere meglio le caratteristiche di questo processo e del fenomeno della stereopsi dovremo prima chiarire i concetti di oroptero, area di Panum e disparità retinica.

OROPTERO:

Con questo termine si intende il luogo dei punti dello spazio visti singoli in visione binoculare, per una data distanza di fissazione. Quando i due occhi fissano un punto nello spazio, le immagini di questo punto si formano sulle due fovee e dunque su punti retinici corrispondenti. Quindi come accennato precedentemente, il punto di fissazione sarà visto singolo. Contemporaneamente, vi saranno altri punti nello spazio che danno immagini su elementi retinici corrispondenti e anche tali punti saranno dunque visti singoli. L'insieme di quei punti forma un ente geometrico che viene chiamato OROPTERO.

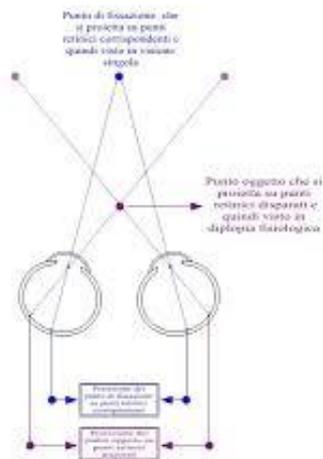


LA DIPLOPIA FISIOLÓGICA:

Partendo dalla definizione di oroptero, si deve ammettere che gli oggetti dello spazio fisico che non si trovano su di esso vengano visti doppi. Le loro immagini, verranno a trovarsi su punti retinici disparati e non potranno quindi essere fuse in una percezione singola. Questa diplopia è quindi del tutto normale, in quanto dovuta alle caratteristiche stesse del sistema visivo binoculare; per essa viene infatti usato il termine DIPLOPIA FISIOLÓGICA.

Normalmente questa diplopia non è avvertita: la stimolazione di aree retiniche disparate da parte di immagini di uno stesso oggetto fisico ha come conseguenza l'invio alla corteccia visiva di segnali incompatibili per la visione singola. Così a livello dei neuroni corticali, vi è una sorta di inibizione binoculare che permette di ignorare la diplopia.

È semplice spiegare tale diplopia. Tenendo una matita nel piano mediano della testa a circa venticinque centimetri di distanza, fissiamo un punto nello spazio distante uno o due metri. Mantenendo la fissazione sul punto distale, la matita verrà vista doppia. Chiudendo alternativamente uno dei due occhi vedremo scomparire una delle due immagini della matita, quella di sinistra per l'occhio destro, quella di destra per l'occhio sinistro. Ciò significa che l'occhio destro localizza l'immagine della matita a sinistra, mentre quello sinistro localizza la stessa immagine a destra. La diplopia, in questo caso, è detta crociata. Adesso, tenendo sempre la matita a circa 25 cm, prendiamo un'altra matita e poniamola sempre nel piano mediano alla massima distanza resa possibile dalla lunghezza del braccio. Fissiamo ora la prima matita: quella più distante apparirà doppia. Questa volta potremo verificare che l'occhio destro localizza l'immagine a destra e quello sinistro localizza a sinistra. In questo caso la diplopia è detta diretta.



AREA FUSIONALE DI PANUM:

A dispetto della definizione già data, non per tutti i punti esterni all'oroptero si ha il fenomeno della diplopia. Esiste infatti un'area che si estende al di là e al di qua dell'oroptero, nella quale gli oggetti sono visti singoli in visione binoculare, nonostante che le loro immagini si trovino su elementi retinici disparati, quest'area è chiamata regione della visione binoculare singola.

Dunque gli oggetti posizionati in tale area, anche se generano immagini su punti retinici non corrispondenti, non danno origine a diplopia e, d'altra parte, gli oggetti al di fuori di essa generano una forma di diplopia (fisiologica) che non risulta fastidiosa, in quanto è parte integrante dei meccanismi propri della visione binoculare.

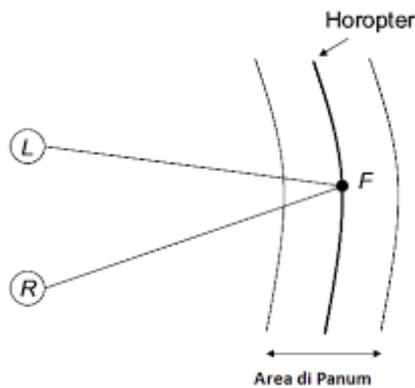
Immagini di oggetti opposti all'interno dell'area fusionale, stimolano punti retinici non corrispondenti, ma poiché la disparità di immagine è abbastanza piccola, il sistema, grazie al meccanismo sensoriale della fusione, la accetta, restituendo a livello conscio una immagine singola.

Questa accettazione della disparità di immagine non è un elemento di tolleranza come potrebbe sembrare, ma lo strumento attraverso il quale il meccanismo binoculare riconosce la tridimensionalità degli oggetti.

Le dimensioni dell'area di Panum dipendono fortemente dal tipo di stimolo utilizzato: l'ampiezza dell'area aumenta, se aumentano gli elementi che danno al sistema visivo indizi di disparità. In pratica, se il tipo di mira utilizzata è ricca di stimoli stereoscopici, si può aumentare la disparità tra le due mire prima di ottenere la diplopia.

Gli oggetti posti fuori dell'oroptero, in visione binoculare singola, danno luogo ad immagini aventi una certa disparità retinica. Per questo motivo l'oggetto viene visto più vicino o più

lontano del piano di riferimento contenente il punto di fissazione. L'immagine singola viene percepita in una direzione che sembra essere un compromesso tra le direzioni visive monoculari.



Se vengono fissate le linee sinistre delle mire, quelle destre vengono fuse, dando origine a immagini disparate, ma entro i confini dell'area di Panum, mentre non vengono fusi i segni posti in corrispondenza delle stesse. Così è possibile vedere se e come le direzioni visive binoculari differiscano da quelle individuate monocolarmente: la linea destra, fusa, indica infatti la direzione visiva binoculare, i segni indicano le direzioni visive monoculari.

Nel caso che vi sia un occhio dominante la direzione visiva binoculare sarà spostata verso quella monoculare dell'occhio dominante stesso.

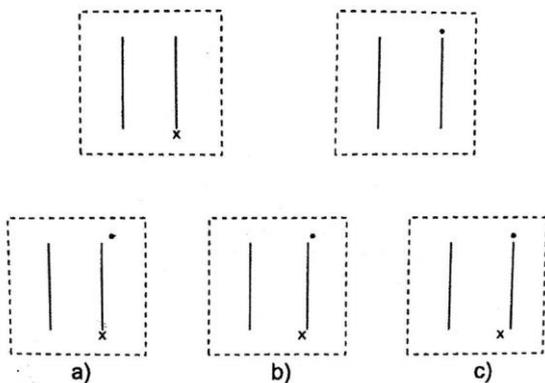


Fig. 11.16 - Esempio di mire che consentono di evidenziare il passaggio della direzione di localizzazione da monoculare a binoculare.

IL CONCETTO DI STEREOPSI:

Gli elementi disparati consentono al sistema visivo di creare un effetto di tridimensionalità, partendo da due immagini piatte. La presentazione di due immagini indipendenti, una per un occhio e una per l'altro, è chiamata aploscopica e si presta molto bene a studiare il comportamento del sistema visivo quando si voglia indagare i meccanismi di fusione. La presentazione aploscopica di immagini può essere effettuata mediante apparecchi chiamati stereoscopi.

Si immagini di osservare un oggetto tridimensionale posto ad una distanza di circa 50 cm. Se lo si osserva prima con un occhio e poi con l'altro, si può notare che l'osservazione con l'occhio destro privilegia la parte destra e viceversa per il sinistro. La percezione di profondità, dovuta alla disparità retinica di immagini di uno stesso oggetto, è evidentemente presente nella visione normale di tutti i giorni ed è causata dal fatto che i due occhi percepiscono il mondo esterno in modo lievemente differente l'uno dall'altro, provocando una naturale disparità tra le due immagini. La percezione di profondità che ne deriva e che è dunque data dalla visione binoculare è detta stereopsi e la differenza tra gli angoli visuali dei due occhi per l'oggetto considerato è detta parallasse binoculare. Per stereopsi si intende dunque la percezione della tridimensionalità, ovvero la percezione della diversa profondità degli oggetti nello spazio, per mezzo o durante la visione binoculare. Essa si realizza mediante la fusione dei segnali provenienti da elementi retinici disparati. Un oggetto che si trovi al di là o al di qua del punto di fissazione, ma comunque all'interno della regione della visione binoculare singola, sarà visto singolo nonostante le sue immagini si trovino su aree retiniche disparate. Se le immagini dissimili tra loro vengono proiettate su aree retiniche corrispondenti dei due occhi, si ha un ostacolo praticamente insormontabile alla realizzazione della visione binoculare singola. Il conflitto che si produce, fa scattare un meccanismo noto come relatività retinica. Tale condizione è un evento relativamente normale, poiché aree retiniche corrispondenti sono continuamente stimulate da immagini dissimili di oggetti che si trovano al di fuori della regione della visione binoculare singola. Il sistema visivo risponde alla rivalità retinica non riconoscendo come validi i segnali provenienti da una data area di una delle due retine, in favore di quelli provenienti dall'area corrispondente dell'altra.

LA PERCEZIONE DELLA PROFONDITA'

La percezione del posizionamento degli oggetti nello spazio non è un fenomeno unicamente binoculare: vi sono meccanismi monoculari che consentono di valutare correttamente lo spazio che ci circonda e quanto in esso presente. In maniera schematica è possibile affermare che la stereopsi è il meccanismo prevalente quando la distanza tra l'osservatore e l'osservato risulta ridotta e l'effetto parallattico connesso alla nostra distanza interpupillare si rivela significativo, quando invece la distanza è maggiore, gli elementi monoculari sono quelli più utili a fornire le informazioni sullo stato circostante.

Gli strumenti monoculari utilizzati sono:

- Conoscenza degli oggetti
- Interposizione (indicatore che consente di valutare in prospettiva la disgiunzione tra due immagini lontane tra loro)
- Colore e contrasto
- Movimento

- Prospettiva

Indicazioni sulla percezione della profondità derivano, oltre che da indicatori monoculari di natura dinamica, anche da meccanismi fisiologici. I principali sono:

- L'accomodazione
- La convergenza
- La stereopsi

Quando guardiamo un oggetto posto ad una distanza finita esso viene messo a fuoco mediante il meccanismo dell'accomodazione. Visto che l'accomodazione è funzione della distanza dell'oggetto che si sta mettendo a fuoco, il sistema visivo può stimare questa distanza sapendo, mediante un feedback retroattivo fisiologico, quanta accomodazione è stata attivata. Oltre ad accomodare, si attua un meccanismo di convergenza per consentire una fissazione bifoveale.

2.4 Deviazioni oculari e cause

La disparità di fissazione è una minima differenza nell'orientamento della visione binoculare: mentre un occhio fissa l'oggetto, l'altro non dirige esattamente verso lo stesso punto dello spazio visivo, oppure è presente una leggera deviazione per entrambi. La presenza della disparità di fissazione rappresenta uno stato di stress del sistema binoculare di vergenza: la misura della disparità di fissazione indica l'entità dello stress. In condizioni di visione binoculare, il massimo errore che si può verificare è determinato dalla soglia di disparità oltre la quale si genera la diplopia, ovvero dall'estensione dell'area di Panum. Anche il valore dell'area di Panum varia dall'ampiezza, dalla frequenza e dalla velocità di movimento dello stimolo stesso.

Una deviazione oculare rappresenta una mancanza di orientamento della fovea (la zona centrale della retina responsabile della visione distinta) verso un oggetto (l'allineamento corretto dei due occhi è detto invece ortoforico).

La disparità è causata da una differenza nel processo di fissazione dei due occhi in convergenza. Quando tale disparità è compresa nell'area di Panum, ovvero in quella porzione di spazio in cui sussiste una tolleranza nel processo di convergenza, non si presentano deviazioni degli assi visivi; quando essa è, invece, superiore si manifesta eteroforia.

Le principali deviazioni oculari o meglio dette *eteroforie*.

Quando si ottiene l'allineamento degli assi visivi sul punto di fissazione il sistema visivo è definito ortoforico. Quando l'ortoforia non si verifica, ed è la norma, gli occhi presentano una deviazione che può essere:

- Latente: quando il centro fusionale ha capacità sufficienti a ripristinare l'ortoposizione. Pertanto la deviazione viene mascherata e può essere evidenziata e misurata solo sopprimendo l'attività della fusione sensoriale. Questo tipo di deviazioni costituisce il gruppo delle eteroforie.
- Manifesta: quando le riserve fusionali non sono sufficienti a compensare l'errore di allineamento. Pertanto l'attività fusionale si interrompe, la diplopia viene contrastata dalla soppressione e uno dei due occhi si pone in evidente posizione deviata, mentre il controlaterale mantiene la fissazione. Questo tipo di deviazioni forma la famiglia delle eterotropie.

Le eteroforie si classificano nei seguenti gruppi:

- Orizzontali:
 - Esoforia: è la condizione in cui gli occhi tendono a convergere su un punto più vicino dell'oggetto fissato.
 - Exofovia: è la condizione in cui gli occhi tendono a convergere in un punto più lontano dell'oggetto fissato.
- Verticali:
 - Iperforia destra o ipoforia sinistra: condizione in cui l'occhio destro è deviato verso l'alto e il sinistro verso il basso.
 - Iperforia sinistra o ipoforia destra: condizione in cui l'occhio sinistro è ruotato verso l'alto ed il destro verso il basso
- Torsionali:
 - Incicloforia: rotazione torsionale, lungo l'asse anteroposteriore, di entrambi gli occhi verso il naso
 - Exocicloforia: torsione lungo l'asse anteroposteriore, di entrambi gli occhi verso le tempie. In optometria il gruppo di principale interesse è sicuramente quello delle forie orizzontali, perché sono quelle legate all'attività accomodativa.

ESOFORIA

In questo caso *gli occhi tendono a iperconvergere*, cioè a volgersi eccessivamente uno verso l'altro. Quando devono guardar lontano, gli occhi preferiscono orientarsi su un punto più prossimo di quello che dovrebbero mirare.

L'esoforia si riscontra spesso in presenza di *un'ipermetropia non corretta* con le lenti, o di *una miopia elevata*.

Alle volte la causa è uno *spasmo accomodativo*, cioè un permanere costante dei muscoli oculari in accomodazione, *conseguenza dell'eccessivo uso della vista da vicino*. La

situazione è tipica dello studente universitario o di attività lavorative che richiedono prolungata applicazione degli occhi su particolari piccoli.

L'eccesso di convergenza può causare l'insorgere o l'aggravarsi di miopia. Alle volte si riscontrano miopie semplicemente dovute a spasmo accomodativo che si:

- *sospettano* riscontrando la deviazione oculare
- *accertano* usando gocce (atropina o cicloplegici) per bloccare o diminuire l'influsso dell'accomodazione. Dopo le gocce la misura della miopia risulterà inferiore.

Anche stati emotivi conseguenti a *traumi o situazioni difficili* possono portare alla esoforia che rappresenta sempre un atteggiamento di introversione. Ci si chiude in se stessi restringendo il proprio spazio visivo, come a voler sparire.

La "sintomatologia" di questa deviazione oculare può manifestarsi nel caso in cui il soggetto/paziente vede che le immagini distanti tendono a sdoppiarsi, mentre guida vede la linea della strada sdoppiata, se lo schermo della tv si muove o si raddoppia, se nel caso di miopi provano fastidio con la correzione con sistemi ottici, quando si passa da uno sguardo da vicino a lontano e l'immagine risulta appannata, e se si soffre di mal di testa localizzato. Il programma di rieducazione prevede:

1. Esercizi di mobilità oculare per sciogliere i blocchi e le contratture della muscolatura oculomotora.
2. Percezione della diplopia fisiologica con esercizi di fusione in convergenza per riallineare gli occhi da vicino.
3. Espansione graduale dell'area di allineamento binoculare a una distanza sempre maggiore con esercizi di fusione in divergenza.
4. Consolidamento della condizione di ortoforia a tutte le distanze con esercizi di stereoscopia.



EXOFORIA

È la tendenza degli occhi a convergere su un punto più vicino dell'oggetto fissato.

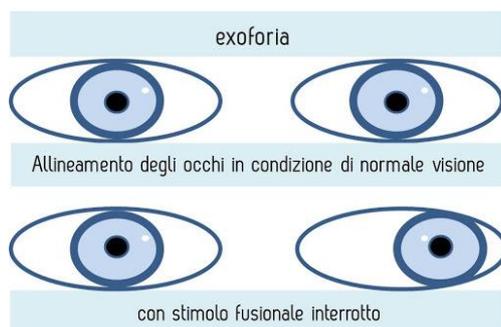
Ogni cosa viene interpretata in relazione a se stessi. L'esoforia può quindi definire soggetti che presentano attitudini a prestare molta attenzione a se stessi, spesso pignoli nella valutazione dei dettagli e dei particolari più che della generalità di ciò che viene osservato. Nella sua forma più comune la si ritrova associata ad un rapporto AC/A elevato, ove naturalmente il massimo valore lo si riscontra nella visione vicina. La si osserva principalmente nei soggetti che utilizzano maggiormente l'accomodazione. È pertanto considerata la normalità per gli ipermetropi e comunque frequente in tutti coloro che svolgono la loro abituale attività lavorativa in spazi visivi brevi.

Gli occhi tendono a deviare verso l'esterno, come se volessero scappare uno dall'altro. È come essere su una carrozza trainata da due cavalli che, anziché andare dritti, tendono entrambi a fuggire verso l'esterno della strada. Il viaggio non può essere facile e, anche se alla fine si raggiunge la meta, la fatica del conduttore sarà grande.

Esistono due tipi di exoforia:

1. da insufficienza di convergenza
2. da eccesso di divergenza.

Per diagnosticarla occorre eseguire dei test noti in ortottica: il cover test e i test con l'ala di Maddox e la croce di Maddox (la croce Maddox è dotata di due scale: scala di grandi dimensioni per distanza di 5m e scala piccola per uso a 1m - i numeri indicano l'angolo in gradi; al centro della croce è posizionata una luce di fissazione puntiforme che deve essere posizionata all'altezza degli occhi esattamente di fronte al soggetto, ad una distanza di almeno 5,50 metri, nell'occhiale di prova, si antepone all'occhio sub-dominante l'ala di Maddox con asse orizzontale al fine di rilevare un eventuale squilibrio eteroforico orizzontale, oppure con asse verticale al fine di rilevare un eventuale squilibrio eteroforico verticale).



IPERFORIA

È raro che si presenti allo stato puro. La si ritrova infatti quasi sempre associata a deviazioni orizzontali. A differenza delle orizzontali, che possono essere compensate anche per valori elevati dal sistema fusionale, nelle forme verticali la compensazione e l'insorgere della diplopia è più marcato. Infatti la capacità fusionale del sistema visivo in direzione

verticale è di circa 3Δ in totale. Pertanto sono sufficienti deviazioni di $1,5\Delta$ per occhio per creare problemi.

Il programma di rieducazione prevede:

1. Esercizi di mobilità oculare per sciogliere i blocchi e le contratture della muscolatura oculomotora.
2. Percezione della diplopia fisiologica con esercizi di fusione in convergenza per riallineare gli occhi da vicino.
3. Espansione graduale dell'area di allineamento binoculare a una distanza sempre maggiore con esercizi di fusione in divergenza.
4. Consolidamento della condizione di ortoforia a tutte le distanze con esercizi di stereoscopia.

2.5 Valutazione delle eteroforie orizzontali

I test per la valutazione delle eteroforie si basano sempre sulla dissociazione, cioè sulla rottura della fusione. La visione binoculare può essere dissociata in diversi modi: 0

-fornendo immagini differenti nei due occhi mediante l'uso di occhiali polarizzati, filtri colorati rosso/verde e setto separatore;

-escludendo un occhio dalla visione mediante l'uso dell'occlusore;

-utilizzando dei prismi dissocianti, trasferendo l'immagine retinica, in uno o in entrambi gli occhi, di una quantità superiore alle capacità di recupero del sistema motorio.

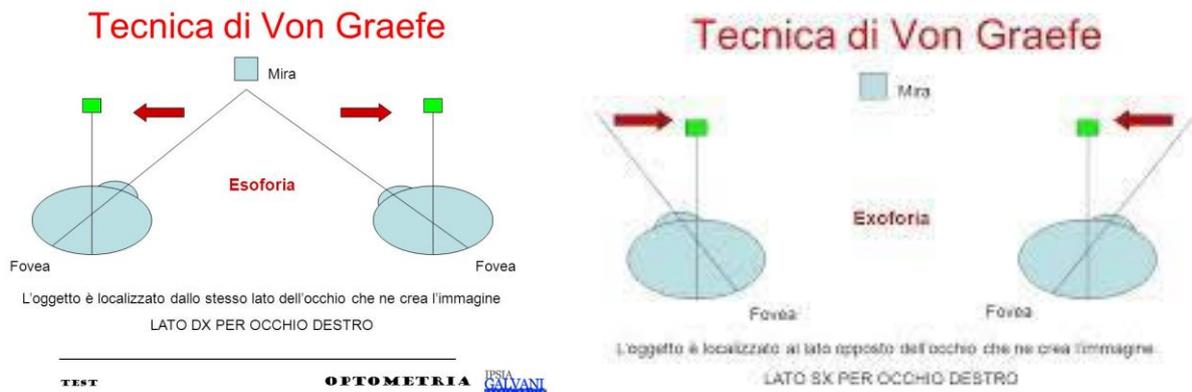
Le procedure d'esame si differenziano in soggettive e oggettive; le prime si basano sulla risposta del soggetto, mentre le seconde si basano sull'osservazione del soggetto in esame da parte dell'operatore. Tra le tecniche soggettive abbiamo:

- Tecnica di Von Graefe
- Metodo di Maddox
- Test di Schober

Tecnica di Von Graefe

Questa tecnica è un metodo semplice e funzionale; la dissociazione viene effettuata con un prisma a base verticale (alto o basso) di $5/6 \Delta$ monoculare. Il soggetto fissa una piccola

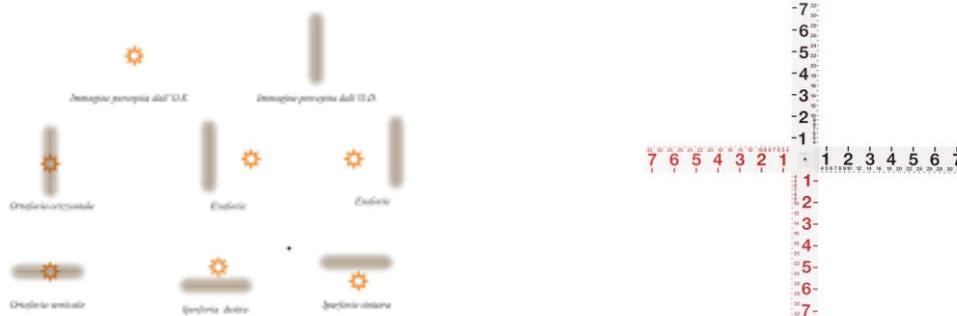
immagine che appare (a causa del prisma) duplicata in verticale. Se il prisma è base bassa, l'immagine dell'occhio con il prisma verrà localizzata verso l'alto e viceversa. Questo test risulta utile nelle deviazioni orizzontali ma è difficoltoso per quelle verticali, infatti nelle deviazioni verticali il prisma va posto con base nasale (poiché le capacità fusionali negative sono minori) con valori $\geq 10\Delta$.



Metodo di Maddox

Questo test consente la misura delle forie orizzontali e verticali. Si antepone ad uno dei due occhi una lente cilindrica di elevata potenza. In questa condizione l'occhio scoperto continua a vedere la mira luminosa, l'altro, a causa dell'enorme distorsione generata dal cilindro percepisce una stria luminosa, orientata verso l'asse del cilindro stesso. In questo modo si è ottenuta la dissociazione: ciascun occhio percepisce un'immagine totalmente differente da quella del controlaterale. A questo punto, gli occhi assumeranno la loro posizione naturale evidenziando la foria presente.

METODO DI MADDOX PER LA MISURA DELL'ETEROFORIA
Cilindro su occhio destro



Test di Schober

Il vantaggio di questo test è quello di valutare simultaneamente sia le forie orizzontali che verticali. Vengono utilizzati due filtri colorati o polarizzati, uno di colore rosso e l'altro di colore verde. Si presenta la mira con l'occhialino rosso/verde o con il polarizzato a luce ambiente bassa per favorire la dissociazione cosicché un occhio vede i cerchi e l'altro la croce. Se la persona vede la croce al centro sarà ortoforico, se è spostata presenterà una

foria. La posizione assunta dalla croce rispetto al cerchio ci permetterà di stabilire il tipo di foria presente.

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

Tra le tecniche oggettive abbiamo:

- Cover/Uncover Test
- Cover Alternato

Cover/Uncover Test

La tecnica del Cover test è rapida e semplice, non richiede l'uso particolare di strumenti ma è necessario un occlusore ed una mira di fissazione ben precisa. Si invita il 15 soggetto ad osservare una mira posta sia all'infinito sia a distanza ravvicinata di 35/40 cm. Si occlude uno dei due occhi, ottenendo così visione dissociata e l'occhio occluso assume la posizione di foria. Si scopre l'occhio occluso, si osserva il movimento di recupero, cioè quello che l'occhio precedentemente occluso deve compiere per ripristinare il corretto allineamento. In questo test il movimento di recupero serve a ripristinare il corretto meccanismo della fusione motoria per ottenere la fusione sensoriale.

Cover Alternato

Si invita il soggetto in esame a fissare la mira. Si occlude uno dei due occhi e quello occluso assume la posizione di foria. Si sposta l'occlusore sull'occhio controlaterale, ciò provoca uno scambio di fissazione e si potrà osservare il movimento di recupero dell'occhio che diventa fissante. Si inverte ancora la posizione dell'occlusore e si osserva il movimento di recupero dell'occhio scoperto. Il Cover Alternato è più dissociante rispetto all'altro quindi si evidenziano meglio le forie di bassa entità. Le differenze sostanziali tra i due test sono che nel Cover/Uncover passiamo da una fase in visione dissociata ad una in binoculare, mentre nel Cover Alternato non abbiamo mai la fase di visione binoculare, poi, il Cover/Uncover permette di evidenziare la presenza sia di foria che di tropia invece il Cover Alternato evidenzia solo forie.

CAPITOLO 3: Convergenza e insufficienza di convergenza

3.1 Cenni di oculomozione e convergenza

I movimenti degli occhi nella loro esplorazione dello spazio vengono classificati in

- Monoculari
- Binoculari

I movimenti monoculari prendono il nome di duzioni e si differenziano in

- Adduzione: movimento orizzontale verso l'interno
- Abduzione: movimento orizzontale verso l'esterno
- Supraduzione: movimento verticale verso l'alto
- Infraduzione: movimento verticale verso il basso
- Excicloduzione: movimento di rotazione sul proprio asse verso l'esterno
- Incicloduzione: movimento di rotazione sul proprio asse verso l'interno

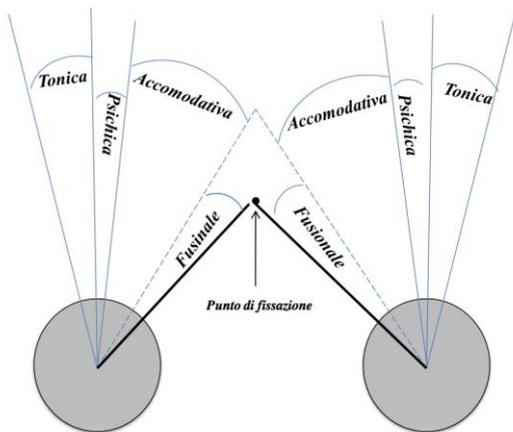
I movimenti binoculari si differenziano in:

- Versioni: movimenti degli occhi nello stesso senso. Gli assi visivi non mutano, tra di loro, l'angolazione.
- Vergenze: movimenti degli occhi in senso opposto. Gli assi visivi mutano, tra di loro, l'angolazione.

Le vergenze sono i movimenti che consentono agli assi visivi di assumere l'ortoposizione, che, come si è precedentemente visto, rappresenta la condizione fondamentale per innescare la binocularità. I movimenti di vergenza si verificano quando gli assi visivi abbandonano la loro cooperazione coniugata, tipica della visione lontana gestita dai movimenti di versione. Nelle vergenze gli assi visivi perdono il parallelismo e si portano a centrare oggetti posti nello spazio finito. Il fenomeno ora descritto prende il nome di convergenza, che viene più precisamente definita:

- Convergenza positiva, quando i due occhi ruotano verso l'interno per fissare un oggetto più vicino.
- Convergenza negativa, quando la fissazione avviene da un oggetto vicino ad uno lontano. In questo caso si parla anche di divergenza o rilassamento di convergenza.

Le componenti della convergenza



MISURA DELLA CONVERGENZA

L'unità di misura della convergenza è l'angolo metrico. Si definisce ampiezza di convergenza di 1 angolo metrico quella ottenuta dagli assi visivi quando convergono su di un punto posto a 1 metro. Ne consegue che per esprimere il valore di convergenza in Angoli Metrici è sufficiente effettuare il reciproco della distanza di fissazione espressa in metri. Ricordiamo che in modo analogo si esprime il valore dell'accomodazione. Es.: per avere visione singola e nitida osservando uno scritto posto a 50cm (0,5m) si deve accomodare di 2 D. e convergere di 2 A.M. L'ampiezza angolare dell'angolo metrico, essendo dipendente solo dalla distanza del punto fissazione, risulta essere un dato soggettivo. Infatti se due soggetti con diversa distanza interpupillare fissano un oggetto ad un metro di distanza, entrambi esercitano una convergenza di un angolo metrico, ma la reale ampiezza di questo angolo sarà maggiore per il soggetto con distanza interpupillare più grande rispetto a quello con distanza interpupillare minore. È quindi necessario attribuire un valore alla convergenza in angoli metrici tenendo conto della soggettiva distanza interpupillare; ciò si ottiene applicando la seguente: $C = dp \cdot AM$

dove, se la distanza interpupillare (dp) è espressa in cm, la convergenza (C) è in diottrie prismatiche.

PUNTI REMOTO E PROSSIMO DI CONVERGENZA

Come nell'accomodazione, anche nella valutazione delle capacità di mutare la vergenza di ogni soggetto, è possibile individuare un punto remoto e un punto prossimo di

convergenza. Nella pratica, in effetti, ha valore solo il punto prossimo di convergenza, in quanto è un formidabile indicatore della normale funzionalità della motilità oculare. Generalmente il valore del punto prossimo di convergenza rimane immutato nel tempo. Nei soggetti con buona motilità, i valori medi del p.p. di convergenza oscillano tra 2 e 5 cm di distanza dal piano principale dell'occhio ovvero dal piano delle lenti dell'occhiale in uso. Valori comunque elevati del p.p. di convergenza sono spesso causa di affaticamento visivo.

IL RAPPORTO ACCOMODAZIONE-CONVERGENZA

Valutando le varie componenti della convergenza totale, l'aspetto tonico e quello psichicoproximale rappresentano valori modesti e generalmente sempre costanti. La parte più cospicua e variabile è rappresentata dalla convergenza accomodativa, dipendente dall'esercizio dell'accomodazione.

In pratica, esiste una attività motoria involontaria tra lo stimolo nervoso che determina la variazione di potere del cristallino, per focalizzare un oggetto a distanza finita, e lo stimolo che attiva la contrazione dei retti interni, al fine di cercare l'ortoposizione degli occhi sul punto di interesse visivo. Ma in effetti ciò accade di solito molto raramente. Ogni soggetto infatti risponde all'atto accomodativo con un proprio valore di stimolazione in convergenza: a volte maggiore ed altre volte minore di ciò che è richiesto. Ma ciò che conta è la costanza del valore di tale rapporto sincinetico. In altre parole A/AC rappresenta la quantità di convergenza in diottrie prismatiche che viene usualmente trascinata per ogni diottria di accomodazione esercitata.

È opportuno chiedersi se il rapporto AC/A possa rappresentare una costante assoluta durante tutta la vita dell'individuo, ovvero possa essere soggetto a variazioni legate all'influenza di fattori esterni.

Il sistema visivo è fortunatamente capace di uscire dal vincolo del rapporto AC/A quando viene commesso un errore di centraggio .

A favore dell'ipotesi innata si possono fare le seguenti considerazioni

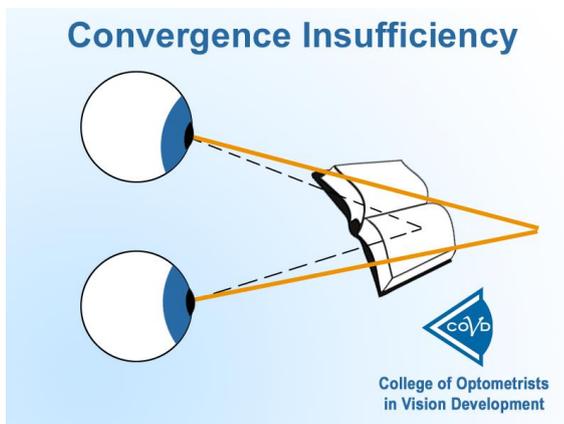
- I soggetti affetti da stress visivo presentano tutti la tendenza a chiudersi verso se stessi la centratura dell'interesse visivo. Manifestano, infatti, valori del rapporto elevati con conseguente eccesso di convergenza, che non esisteva prima del presentarsi dello stato di stress. Infatti dopo un ciclo di rieducazione visiva terminata con successo, il rapporto si riposiziona spesso su valori meno elevati.

Rifacendoci comunque alla normalità dei casi si nota che il rapporto tende a rimanere

stabile dalla prima giovinezza fino al presentarsi della presbiopia, ove sono spesso notati aumenti anche forti del suo valore.

3.2 Che cos'è l'insufficienza di convergenza

L'insufficienza di convergenza è un comune disturbo della visione binoculare dovuto all'incapacità di allineamento degli assi visivi su oggetti a distanza ravvicinata per lunghi periodi di lettura o studio. Molti, affetti da IC, non sanno di averla perché non viene scoperta con un semplice controllo visivo: ad esempio un soggetto può superare, per ciascun occhio, il test di acutezza visiva (10/10) e comunque avere un'insufficienza di convergenza.



3.3 Incidenza

Questo deficit colpisce circa 20 milioni di persone negli Stati Uniti D'America (tratto dal poster June is National Convergence Insufficiency Awareness Month).

La prevalenza di IC varia in un ampio intervallo tra 1,75-33% della popolazione, con una prevalenza media di circa il 5%. Questa vasta gamma di variazioni è dovuta a fattori come le diverse definizioni di IC adottate da autori diversi o il tipo di campione studiato. Quattro studi basati sulla popolazione hanno fornito un intervallo dal 2,25% all'8,3%, per la prevalenza di IC.

Studi precedenti hanno suggerito che la IC è meno diffusa tra i bambini perché i sintomi sono spesso riportati dopo i venti o i trenta anni. Questa affermazione si basava sul presupposto che i bambini trascorrono meno tempo a lavorare da vicino rispetto ai giovani adulti, quindi, hanno meno probabilità di lamentarsi dei sintomi.

Nei vari studi è stata riportata una prevalenza del 5,3% nei soggetti tra i 6-18 anni e il 7,7% negli studenti universitari perché gli occhi sono sempre sotto sforzo a causa del continuo lavoro al computer o uso prolungato dei libri.

Un optometrista può diagnosticare la IC ponendo domande ed esaminando il soggetto. L'esperto può chiedere sintomi come visione sfocata, mal di testa, visione doppia e affaticamento degli occhi quando si concentra vicino per lunghi periodi di tempo. Per diagnosticare IC, bisogna effettuare le seguenti misurazioni:

Punto di convergenza vicino: il punto più vicino alla faccia in cui gli occhi continuano a convergere.

Vergenza fusionale positiva: si riferisce alla capacità neuromuscolare degli occhi di convergere verso l'interno.

3.4 Sintomatologia

Chi è affetto da IC avrà più difficoltà del normale a leggere, guardare e svolgere lavori da vicino, e riferirà una serie di fastidi oculari tra cui:

- Affaticamento degli occhi;
- Stanchezza visiva (in particolare durante o dopo la lettura);
- Mal di testa;
- Incapacità di concentrazione;
- Visione offuscata;
- Possibile diplopia o visione doppia.

Per determinare se questi sintomi fossero significativi per l'insufficienza di convergenza, il gruppo CITT (Convergence Insufficiency Treatment Trial) ha sviluppato un questionario composto da 15 domande. I soggetti in esame sono sottoposti a questo questionario rispondendo alle domande, dopodiché le risposte vengono valutate e conteggiate. Un valore ≥ 16 è considerato significativo.

QUESTIONARIO SINTOMI DELL'INSUFFICIENZA DI CONVERGENZA

PROCEDURA: leggere al soggetto le domande proposte in modo chiaro senza esemplificazioni. In caso di risposta affermativa far indicare la frequenza.

ISTRUZIONI: "La prego di rispondere alle seguenti domande circa lo stato dei suoi occhi durante la lettura o il lavoro da vicino".

		Ma	Poco frequente	Qualche volta	Spesso	Sempre
1	I tuoi occhi si affaticano durante la lettura o il lavoro da vicino?					
2	I tuoi occhi sono sotto sforzo durante la lettura o il lavoro da vicino?					
3	Hai mal di testa durante la lettura o il lavoro da vicino?					
4	Avverti sonnolenza durante la lettura o il lavoro da vicino?					
5	Perdi la concentrazione durante la lettura o il lavoro da vicino?					
6	Hai difficoltà a ricordare ciò che hai letto?					
7	Hai visione doppia durante la lettura o il lavoro da vicino?					
8	Vedi le parole muoversi, saltare, ondeggiare o galleggiare sulla pagina durante la lettura o il lavoro da vicino?					
9	Hai la sensazione di essere rallentato durante la lettura?					
10	Avverti delle improvvise fitte di dolore durante la lettura o il lavoro da vicino?					
11	Hai sensazioni di dolore agli occhi durante la lettura o il lavoro da vicino?					
12	Avverti una sensazione di stiramento intorno agli occhi durante la lettura o il lavoro da vicino?					
13	Avverti un annebbiamento delle parole o la sensazione che queste non siano stabili nella messa a fuoco durante la lettura o il lavoro da vicino?					
14	Perdi il segno durante la lettura o il lavoro da vicino?					
15	Hai necessità di rileggere lo stesso rigo durante la lettura?					
	TOTALI	__x 0	__x 1	__x 2	__x 3	__x 4
	PUNTEGGIO TOTALE					
Normativa di predittività		<i>(Traduzione non standardizzata del CISS: Convergence Insufficiency Symptom Survey)</i>				
età 9* - 18 anni:	≥ punti 16	<i>1. Borsting EJ, Rouse MW, Mitchell GL, et al and the CITT group. "Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in children" Optom Vis Sc: 2003; 80(12):832-838.</i>				
età >18 anni:	≥ punti 21					

Tra i segni ricordiamo:

- Basso rapporto AC/A;
- Exoforia maggiore da vicino rispetto al lontano;
- Punto prossimo di convergenza allontanato.

Il punto prossimo di convergenza o PPC è la distanza minima, rispetto all'osservatore, in cui gli occhi riescono a convergere, mantenendo il processo di binocularità. L'astenopia più in generale può essere definita anche come qualsiasi sintomo o disagio legato all'uso dei propri occhi. Alcuni soggetti però non lamentano questi sintomi e sono definiti asintomatici, perché, anche se entrambi gli occhi sono aperti e capaci di vedere, il cervello del soggetto ignora un occhio per evitare la visione doppia. Oltre alla soppressione, il sistema visivo può reagire alla diplopia instaurando una nuova correlazione tra le due retine: gli elementi retinici corrispondenti perdono la loro direzione visiva comune, mentre viene acquistata da elementi retinici non corrispondenti.

3.5 Trattamenti per l'insufficienza

Trattamento ortottico : gli esercizi insegnati possono essere eseguiti a domicilio. Il soggetto sotto trattamento ritorna ai controlli ogni 2 o 3 settimane per verificare il miglioramento.

1) Allenamento sul Punto Prossimo: si insegna al paziente come avvicinare lentamente un oggetto (matita) da una distanza intermedia verso il naso osservandolo attentamente con gli occhi e facendo attenzione a mantenere entrambi gli occhi puntati sull'oggetto.

Si insegna al paziente come percepire quando un occhio scappa in fuori o quando sopprime l'immagine di un occhio. L'obbiettivo è di riuscire a mantenere gli occhi puntati sull'oggetto fino a distanza ravvicinata.

2) Terapia prismatica: una volta che gli occhi hanno imparato a rimanere uniti mentre fissano da vicino è necessario prolungare il tempo di convergenza. Questo obbiettivo può essere raggiunto con la terapia prismatica.

Si possono prescrivere vari esercizi che di solito consistono nel leggere a distanza ravvicinata utilizzando prismi di vario potere. La terapia prismatica può anche essere eseguita in questo modo: si usa il prisma per brevi periodi, si asporta e si legge senza il prisma e poi lo si rimette. Questa terapia insegna all'occhio a reagire velocemente alle necessità motorie per vicino.

3) Terapia chirurgica : La chirurgia è raramente necessaria in caso di insufficienza di convergenza. Tuttavia in alcuni pazienti, nei quali gli esercizi non sono stati efficaci, essa può essere di aiuto.

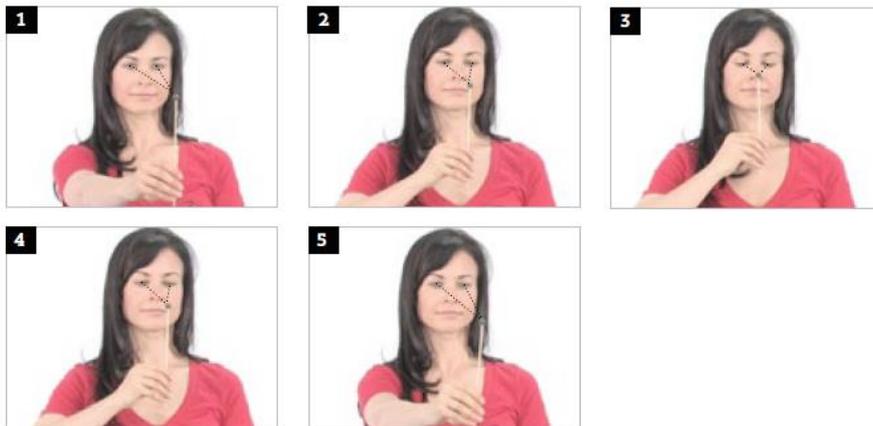
CAPITOLO 4: TRATTAMENTI OPTOMETRICI

4.1 Esercizi optometrici

Gli esercizi possono essere svolti a “base ufficio” o “base casa” ma richiedono prima di tutto un esame visivo approfondito per sviluppare un programma specifico per le problematiche relative al singolo individuo.

PENCIL PUSH-UP

Con questo esercizio Pencil Push-Up andremo a rafforzare e migliorare la coordinazione dei muscoli oculari. Per eseguire questo esercizio occorre una semplice matita o penna che rappresenta il nostro bersaglio, lo si può eseguire in piedi, seduti o sdraiati. La penna deve essere tenuta di fronte al viso con il braccio disteso in modo che il soggetto possa concentrarsi sulla punta della penna e sostenere la fusione per circa 5 secondi, e da questa posizione di partenza bisogna avvicinare la penna verso il naso.



Copyright © 2014 Z-Health® Performance Solutions, LLC

LA CORDA DI BROCK

La corda di Brock viene comunemente utilizzata durante il trattamento dell'insufficienza di convergenza e altre anomalie della visione binoculare per sviluppare abilità visive di convergenza. Questo strumento consiste in una corda lunga circa 3,5 metri con tre palline di colore diverso distanziate tra loro, la pallina rossa viene posizionata all'estremità più lontana della corda mentre quella verde più vicina al naso.

Il soggetto viene invitato ad osservare le palline, a seconda di quale sta fissando, si avranno percezioni diverse.

-Se il soggetto osserva la pallina rossa, all'estremità della corda, dovrebbe vedere due corde che formano una «V», nel caso in cui osserva una sola corda vuol dire che sta utilizzando un solo occhio e quindi bisogna occludere alternativamente gli occhi fino a quando non si percepisce la V. Una volta che il soggetto è in grado di percepire le due corde noterà la presenza di due palline verdi. .

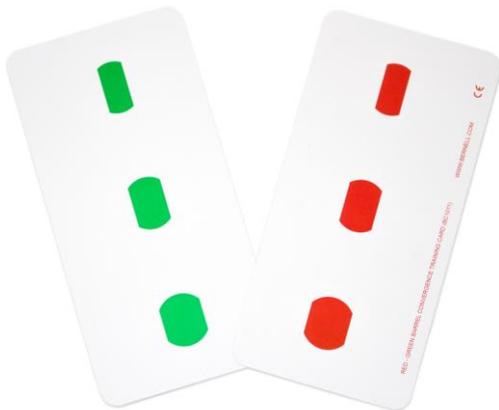
Il soggetto è invitato a spostare lo sguardo alternativamente dalla pallina rossa a quella verde per due/tre volte.



CARTA DI BARREL

La card di Barrel consiste in un cartoncino bianco con tre barili colorati, verdi da un lato e rossi dall'altro, ed ha la stessa funzionalità della corda di Brock.

Il soggetto dovrebbe riferire che l'immagine vista è una mescolanza fra il colore rosso e verde. In un secondo momento si chiede al soggetto di mettere a fuoco l'immagine al centro per 5 secondi, poi passare alla fissazione della prima immagine sempre per 5 secondi.



4.2 Correzione prismatica

Una lente può essere vista come un trasformatore di vergenza, e tale concetto può essere applicato sia al fronte d'onda che ai raggi che individuano la sua direzione di propagazione. Ricordiamo che nella pratica, i poteri prismatici sono indicati attraverso la posizione che assume la base davanti all'occhio visto di fronte, facendo riferimento all'asse del prisma posizionato in un goniometro circolare con lo zero a destro. Il prisma sarà dunque definito da un valore in diottrie prismatiche, che ne indica la potenza, e da un valore in gradi che indica appunto la posizione della base.

Gli occhiali prismatici sono un'altra forma di trattamento usato per alleviare i sintomi di IC, sono occhiali da vista con prismi a base interna o esterna che costringono il sistema a lavorare di più per convergere. Ripetiamo: il prisma è un mezzo ottico trasparente delimitato dai raggi luminosi, e l'immagine che il soggetto percepisce guardando attraverso il prisma sarà spostata verso l'apice dello stesso.

Le lenti prismatiche sono impiegate in Ottica Oftalmica nel trattamento di forie, strabismo, misurazione della vergenza e nella rieducazione visiva (Ortottica). Si tratta di lenti a facce non parallele che spostano la posizione apparente dell'oggetto, compensando la deviazione. Si adottano, in genere, i 'press-on' di Fresnel, sottili membrane di polivinile fatte aderire per capillarità alle normali lenti su occhiale, anche se prismi oftalmici sono oggi realizzabili con costi ed estetica accettabili.

Introducono una deviazione del fascio di luce in ingresso (quindi anche su lenti neutre), la cui entità si misura in diottrie prismatiche (il cui simbolo, in genere, è un triangolino: D - si usa anche la sigla Dpr). Per convenzione, un effetto prismatico di 1 diottria prismatica equivale alla deviazione di 1 cm del fascio di luce originario, misurato alla distanza di 1 m dalla lente.

Possibilità realizzative

Non è possibile stabilire a priori la realizzabilità di una lente prismatica, dato che nel calcolo ottico sono coinvolti numerosi parametri (diametro, potere diottrico, curva esterna, ecc.), quindi, a parte i casi banali (effetti prismatici inferiori a 3 Dpr), ogni richiesta deve essere valutata singolarmente.

Prismi composti

Può avvenire che, in sede di misurazione, lo Specialista applichi due lenti di prova prismatiche davanti allo stesso occhio, con le basi in posizione diversa (usualmente ortogonali tra loro). Se l'Ottico non vuole provvedere da solo al calcolo del prisma risultante, è sufficiente comunicare in fase di ordinazione entrambi i valori prismatici per ciascun occhio, provvisti delle rispettive direzioni delle basi.



4.3 Lettura scientifica

In uno studio condotto nel 2005 da Scheiman, pubblicato in Optometry and Vision Science, sono stati comparati tre tipi di trattamento su un gruppo di giovani adulti con sintomi di insufficienza di convergenza.

Il soggetto che indossava la sua correzione, fissava una scheda di lettere posizionata a una distanza di 40 cm e con un flipper sferico da +2,00 D e -2,00 D si valutava il numero di cicli di accomodazione/disaccomodazione che il soggetto poteva realizzare in 1 minuto. Si posizionavano le lenti da +2,00 per il rilascio dell'accomodazione e si chiedeva al soggetto di riferire quando riusciva a percepire nitide le lettere, subito dopo si sostituivano le lenti con quelle di potere negativo -2,00D per stimolare l'accomodazione e anche in questo caso si chiedeva al soggetto di riferire quando percepiva chiare le lettere. Trascorso il minuto veniva conteggiato il numero dei cicli realizzati: tra 11 e 13 cicli venivano considerati normali, il valore intorno ad 8 cicli indicava una possibile anomalia.

-I soggetti del secondo gruppo erano invitati a eseguire esercizi in ufficio di circa un'ora alla settimana accompagnati a esercizi eseguiti a casa sempre per 15 minuti al giorno per 5 volte alla settimana.

-I soggetti del terzo gruppo svolgevano gli stessi esercizi svolti dal secondo gruppo focalizzandosi però più sulle procedure monoculari anziché quelle binoculari.

Chi svolgeva il trattamento a casa veniva contattato telefonicamente una volta a settimana e dopo 4 settimane venivano controllati in studio. Nella prima fase del trattamento venivano eseguiti una serie di esercizi per la convergenza, stimolazione dell'accomodazione ecc.

CONCLUSIONI

La scelta di approfondire quest'argomento è dovuta alla curiosità nata durante il tirocinio, che mi ha portata a capire cause e tipologie di trattamento di questa problematica visiva, non sempre presa in considerazione dai soggetti in analisi.

Parte della popolazione non si è mai sottoposta a esami periodici della vista o visite specializzate, convinta di vedere bene e inviare al cervello immagini nitide e coerenti.

Lo stress visivo dell'insufficienza di convergenza, può essere alleviato con un tipo di allenamento visivo detto Visual Training da cui, se eseguito correttamente e con regolarità, è possibile trarre dei benefici.

Per questa disfunzione sono stati riportati alcuni esempi di esercizi optometrici adatti ad iniziare un programma specifico per le esigenze del singolo individuo. Il ruolo dell'optometrista è fondamentale, in quanto interfacciandosi con i soggetti è in grado di saper distinguere la soluzione adatta a quella tipologia di problematica del soggetto sotto trattamento.

In particolar modo la validità della correzione prismatica per la compensazione dei disturbi della visione binoculare e dello stato eteroforico, è da sempre una certezza per molti optometristi, nonostante comporti un graduale adattamento come gran parte delle correzioni prescrivibili. Anche se l'uso e il trattamento di questa, ha sempre bisogno di continui aggiornamenti e perfezionamenti affinché sia sempre attuale e positiva la sua validità.

BIBLIOGRAFIA

1. Dispense corso "Tecniche fisiche per l'optometria I, II, III" del prof. Paolo Carelli Università Federico II.
2. <http://www.vargellini.it/zaccagnini/download/privatisti%201&2/dispense%20esterne%20IBZ/5.%20LA%20VISIONE%20BINOCULARE.pdf>
3. Manuale di optometria e contattologia; A. Rossetti e P. Gheller; II edizione; 2003; Zanichelli.
4. Manuale di Ottica Visuale; F. Zeri, A. Rossetti, A. Fossetti, A. Calossi; I edizione 2012; SEU Roma.
5. Kratka, Z and Kratka, W.H. "Convergence insufficiency: its frequency and importance", American Orthoptic Journal, 6:72-73, 1956.
6. Birnbaum MH, Soden R, Cohen AH "Efficacy of vision therapy for convergence insufficiency in an adult male population" J Am Optom Assoc. 1999Apr; 70(4):225-32.
7. <https://www.sedesoi.com/occhio-vista8.php> "La visione binoculare, quando le immagini sono singole o "doppie"
8. G. BRIGIDA. Insufficienza di convergenza nell'adulto: analisi e trattamento parte una e parte due in "Professional Optometry", 2011.
9. <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/convergence-insufficiency>
10. <https://www.convergenceinsufficiency.org/>
11. <http://www.aiocitalia.com/files/Camiciottoli.-XXI-Convegno-AIOC.-Visione-binoculare.pdf>
12. Manuale Pratico per l'esecuzione di un esame visivo. Dal semplice "controllo" alla procedura dei "21 punti". Andrea Maiocchi.

13. [http://www.platform-optic.it/wp-content/uploads/2015/12/Platform disparita-di-fissazione-e-sintomatologia-associata-in-visione-prossimale Platform Optic dicembre 2015.pdf](http://www.platform-optic.it/wp-content/uploads/2015/12/Platform_disparita-di-fissazione-e-sintomatologia-associata-in-visione-prossimale_Platform_Optic_dicembre_2015.pdf)

Ringraziamenti

Giunta al termine del presente elaborato di tesi, non posso esimermi dal ricostruirne il percorso di stesura, tra i ringraziamenti di rito e il periodo insolito e inaspettato della Pandemia da Coronavirus in corso, che ne ha accompagnato gli ultimi mesi di ricerca e sviluppo bibliografico.

Ringrazio innanzitutto il mio relatore, il prof. Aniello Reccia, docente di Ottica Visuale presso il Dipartimento di Fisica, CdL di Ottica e Optometria, per aver seguito la realizzazione del mio elaborato.

Ringrazio così, in questo modo, l'intero corpo accademico del mio corso di laurea e le strutture di dipartimento: l'Università Federico II, in cui ho respirato quel sentimento di "libertà scientifica e accademica" capace di forgiare la mia mente nell'apprendimento e nella sperimentazione, unità fondamentali per la crescita intellettuale di ogni studente. Con umiltà e passione mi sono accostata al Dipartimento di Fisica nella volontà di consolidare la mia inclinazione scientifica dopo il percorso liceale di studi classici: oggi non posso che gioire della mia scelta, che mi ha allenato e formato la mia personalità, raggiungendo con lavoro tenace il più grande risultato che si possa ottenere all'Università, vale a dire la certezza di essere ciò che si desidera, nella piena prossima esplicazione professionale dell'appreso bagaglio di studi.

Ringrazio le mie colleghe Annalisa e Fortuna per la costante presenza, ma in particolare il mio cuore tiene a ringraziare la mia collega Luana, compagna di studi e ricerche: ogni esame vissuto insieme, ogni condivisione di esultanti gioie e accademiche amarezze, è stato un tassello prezioso della nostra conoscenza che ci ha portato a vivere insieme un percorso unico ed indimenticabile delle nostre congiunte vite.

A te, Luana, Grazie!

Ringrazio i miei amatissimi e preziosi genitori, Giulia ed Enzo: per i sacrifici, il sostegno, l'entusiasmo.

A te Papà, ai nostri silenzi che solo noi sappiamo essere più di mille parole, fedele compagno di ogni mia passione e inclinazione, salda roccia in ogni momento della mia vita, al tuo essere discreto, prezioso e immancabile sostenitore di questo mio traguardo, a te dedicato in ogni suo tassello, Grazie!

A te Mamma, mia fedele compagna e sostegno di ogni notte insonne passata a ripetere prima di un esame e di ogni appello atteso con ansia, gioia in qualsiasi voto e entusiasmo nei "mattoni" superati, salda roccia in ogni momento della mia vita, scudo di ogni mia preoccupazione e amarezza, nido sicuro di ogni mia sfida nella crescita, sostenitrice senza eguali di questo mio traguardo, a te dedicato in ogni sua sfaccettatura, Grazie!

Ringrazio la gioia della mia vita e della mia casa, il mio immancabile Roberto: fratello, amico, sostenitore.

Ai nostri traguardi, alle nostre passioni, al tuo talento, mio motivo di orgoglio: insieme per la vita, in amore, continuando a sperimentare sempre la bellezza di essere fratelli.

A te, amato fratello, Grazie!

Ringrazio l'amore, il mio amore: Guglielmo.

Abbiamo iniziato insieme questo percorso e sebbene abbia preferito continuare nella tua strada professionale, non è mai mancato un solo giorno in cui tu non vivessi con me le gioie, i sacrifici, i lavori estenuanti che hanno composto ogni singolo esame di questo percorso.

Ebbene ci sei sempre e ci sei sempre stato, con la dolcezza che ti caratterizza e l'infinita comprensione che hai avuto, nel condividere le mie ansie da esame e nell' accompagnarmi immancabile ad ogni prova.

Con amore, vero, infinito ed autentico, a te Guglielmo, Grazie!

Ringrazio i miei nonni, sagge colonne della mia crescita, entusiasti pilastri di questo cammino universitario volto al termine: per la gioia di ogni soddisfazione e il sostegno nelle delusioni, per il vostro infinito amore che non smette di far luce nella mia vita, per questa prima laurea vissuta in famiglia che avete atteso con ineguagliabile felicità.

A voi, amati nonni, Grazie!

Ringrazio la mia bellissima e meravigliosa famiglia, i miei zii, i miei cugini: tutti indistintamente avete costruito con me un pezzo di questo percorso che non è che una porzione di ogni aspetto di vita che ho la fortuna di condividere con voi tutti, mia preziosa e unita famiglia.

A voi tutti, famiglia, Grazie!

Ringrazio la mia "grande famiglia parrocchiale", il mio amato Don Giosuè, l'amico fraterno di una vita, Don Antonio, gli amici del coro, gli animatori, educatori e catechisti: ho avuto la fortuna di crescere sperimentando ogni giorno la meraviglia del messaggio cristiano a stretto contatto con la missione della Chiesa.

In Parrocchia ho collaudato la cura e l'investimento del " tempo mai sprecato " che nel dono al prossimo non arreca pregiudizio alle personali ambizioni, ma le forgia di rinnovato spirito.

Alla bellezza di " fare bene il Bene" nella lode canora al Signore, nel tempo trascorso prima da fanciulla e poi da educatrice in oratorio, a teatro, al coro e in ogni formula della nostra chiesa oltre le mura, spalancando le porte dell'accoglienza in Cristo, sulle orme del nostro San Vincenzo Romano.

Alla Basilica di Santa Croce, mia luminosa casa e mia parrocchia: Grazie!

Ringrazio gli amici di sempre e per sempre, per il nostro sentimento mai sciupato dal trascorrere del tempo, Pasquale e Gerardo.

Siamo cresciuti insieme, limando ogni giorno ogni sfaccettatura dei nostri caratteri, sperimentando la vera Autenticità dell'Amicizia: perché l'amico ti accetta così come sei, ti corregge in disparte e ti sostiene in pubblico.

Perché noi ogni giorno non smettiamo di essere amici, veri amici.

A voi amici miei, Grazie!

Ringrazio la mia gemella (con 10 anni di differenza), Giusy. Tu che sei presenza viva e costante da ben 15 anni nella mia vita. Tu che conosci ogni mio pensiero, ogni mio sogno, ogni mio segreto. Tu che custodisci l'essenza dei nostri cuori senza mai giudicare, con la tua dialettica aulica mi aiuti a superare, senza paura verso gli altri, ogni tipo di ostacolo che la vita mi pone.

A te auguro solo il meglio, come tu hai fatto sempre con me.

Per sempre insieme.

A te, mia sorella, Grazie!

Infine, ringrazio me stessa per la tenacia, la forza d' animo, la mai arrendevolezza che ha caratterizzato questo percorso della mia vita: le difficoltà, le sfide, le "sudate carte" che mi hanno fatto compagnia in questi quattro anni, restano capisaldi della mia forgiata personalità.

Affascinata dallo studio della fisica e matematica al liceo, ne ho voluto approfondire un ramo tecnico specifico: all'inizio era tutto talmente nuovo e complesso al punto da mettere in discussione le mie iniziali certezze.

All' Università ho imparato a sfidare i miei limiti, a non aver certezza dei risultati senza l'estenuante ricerca della perfezione.

All' Università ho imparato a lavorare senza sosta sulle mie ambizioni e capacità, a costruire la mia futura personalità professionale con grinta e fame di conoscere e apprendere.

All' Università ho sperimentato la più grande soddisfazione con cui concludo il mio lavoro di tesi: non bisogna mai smettere di credere in sé stessi.

Non ho mai smesso di farlo, e mai smetterò.

Ad Annarita, ad majora!!!!