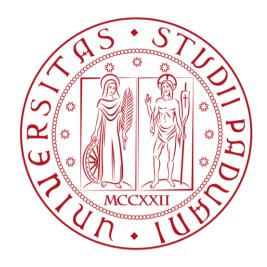
Università degli Studi di Padova



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA "GALILEO GALILEI"

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN OTTICA E OPTOMETRIA

TESI DI LAUREA

La Retinoscopia: l'influenza dei processi cognitivi e dello stress

Relatore: Prof.ssa Dominga Ortolan

Laureando:

Zecca Gabriele

Matricola: 1056514

ANNO ACCADEMICO: 2015/2016

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: LA RETINOSCOPIA E I SUOI PRINCIPI	5
1.1: Cenni storici sulla tecnica	5
1.2: Che cos'è la Retinoscopia	8
1.3: Perché eseguire la Retinoscopia?	8
1.4: Lo Strumento	9
1.4.1: Sistema Di Proiezione.	10
1.4.2: Sistema Di Osservazione.	12
1.5: Principi Base	13
1.5.1: Impugnare lo strumento.	14
1.5.2: Scelta del sistema di illuminazione: Retinoscopio a Striscia oppure a Spot	14
1.5.3: Occhio Come Sistema Chiuso.	16
1.5.4: Il Movimento del Riflesso e l'immagine Neutra	18
1.5.5: La Distanza di Lavoro e Lente di Compensazione.	20
1.6: Retinoscopia Statica.	21
1.6.1: Scelta dello strumento.	22
1.6.2: La Mira	23
1.6.3: Illuminazione ambientale	23
1.6.4: Distanza di esecuzione.	24
1.6.5: Scelta del sistema di lenti	25
1.6.6: Lo Scopo: La Neutralizzazione del Riflesso.	25
1.6.6.1: La Procedura per la quantificazione del valore sferico	26
1.6.6.2: Procedura per la quantificazione del valore astigmatico	27
1.6.9: Ciò Che Il Soggetto Deve Sapere.	31
1.6.10: Gli Aspetti da Valutare nel Riflesso.	31
1.6.11: Possibili Errori nella Schiascopia a distanza.	34
1.6.12: Punto di Partenza per L'analisi Soggettiva	36
CAPITOLO 2: RETINOSCOPIA DINAMICA E ASPETTI COGNITIVI	39
2.1: Lo sviluppo delle tecniche dinamiche.	39
2.2: L'utilizzo delle retinosconie dinamiche	43

2.3: I processi cognitivi.	46
2.3.1: Lo sviluppo dei concetti cognitivistici.	46
2.3.2: Sensazione e percezione	49
2.3.3: Elaborazione bottom-up e top-down	50
2.3.4: Percezione e attenzione	50
2.3.5: Il Problem solving.	53
2.3.6: La relazione tra processi cognitivi e accomodazione	58
2.3.7: I processi cognitivi e la risposta pupillare.	60
2.4: La Book Retinoscopy	62
2.4.1: Sviluppo della Book Retinoscopy.	62
2.4.2: Esecuzione della Book Retinsocopy	67
2.4.3: Risultati della Book Retinoscopy.	70
2.4.4: Utilizzo della Book Retinoscopy:	74
2.5: Il riflesso retinico.	76
2.5.1: Origine del riflesso retinico.	76
2.5.2: I cambiamenti nel riflesso retinoscopico: Book Retinoscopy	82
CAPITOLO 3: RETINOSCOPIA DINAMICA E STRESS	85
3.1: Lo stress	85
3.1.1: L'origine del concetto di stress	85
3.1.2: L'idea di Selye.	85
3.2: Lo stress visivo	88
3.2.1: Lo sforzo nei modelli di stress visivo.	92
3.3: La Stress-point Retinoscopy.	93
3.3.1: Sviluppo della Stress-point Retinoscopy	93
3.3.2: Esecuzione della Stress-point Retinoscopy	95
3.3.3: Utilizzo della Stress-point Retinoscopy	98
CONCLUSIONE	101
BIBLIOGRAFIA	103

INTRODUZIONE

L'idea di questa tesi è nata dalla personale curiosità verso l'origine e la natura del *riflesso retinico* visibile durante l'esecuzione della tecnica detta *Retinoscopia*. Il fascino unico di questa tecnica di indagine visiva è alimentato da quei cambiamenti cromatici e di luminosità visibili nel riflesso in specifiche circostanze. In un'odierna realtà caratterizzata dallo sviluppo tecnologico di strumenti automatici sempre più rapidi e efficienti, molti optometristi potrebbero essere tentati dall'abbandonare la "classica" tecnica di Retinoscopia dalla loro procedura di Analisi Visiva; l'obiettivo di questa tesi è quello di presentare *l'esame retinoscopico* sotto la luce di quegli aspetti forse più affascinanti della tecnica, capaci di esaltarne l'importanza e che consentono a ogni professionista di indagare "in vivo" nella fisiologia di un individuo e soprattutto di poter osservare direttamente la risposta del sistema visivo alle influenze di tipo cognitivo e di stress.

La retinoscopia è un test optometrico oggettivo nato nella seconda metà del 1800, che consiste nell'illuminare la pupilla dell'esaminato con un apposito strumento e di analizzare, in base alle condizioni di lavorazione, il riflesso proveniente dalla riflessione dei raggi emessi dallo strumento sul fondo oculare, traendone indicazioni specifiche sullo stato refrattivo e non solo. Per conoscere al meglio questo test sarà necessario conoscerne le origini e quali sono le tappe che hanno portato alla moderna Retinoscopia; perciò il primo capitolo di questa tesi riporterà le osservazioni storiche che hanno permesso lo sviluppo dello strumento necessario all'esecuzione, il Retinoscopio. Verranno descritti i principi che stanno alla base della tecnica detta Retinoscopia o Schiascopia, quelli necessari a compiere in modo corretto la metodologia raffinatasi negli anni e per comprendere al meglio gli aspetti fondamentali del "protagonista assoluto" di ogni esame retinoscopico: il riflesso retinico.

Nel capitolo iniziale saranno presenti le nozioni necessarie per trarre dal riflesso retinoscopico le informazioni sullo *stato refrattivo del soggetto*, necessarie ad assolvere lo scopo principale della tecnica chiamata Retinoscopia statica o a distanza: in cui il soggetto in esame osserva un target visivo (mira) posto a una distanza adeguata a minimizzare gli effetti del cristallino nel sistema visivo (*accomodazione*), mentre il professionista analizza il *riflesso* proveniente dal fondo dell'occhio posizionandosi tra l'esaminato e la mira.

Appresi i principi alla base della tecnica, nel secondo capitolo viene introdotta l'importante variante esecutiva detta Retinoscopia dinamica: dove il soggetto fissa target posto a distanza prossimale corrispondente alla posizione dell'optometrista. Contrariamente all'esecuzione "Statica" della retinoscopia, quella "Dinamica", rende possibile l'analisi del comportamento del sistema visivo in situazioni di dinamicità refrattiva (accomodazione attiva). Verranno inoltre esposte le tecniche di Retinoscopia dinamica nate durante gli anni del suo sviluppo, a partire dal 1900. Nel capitolo sono riassunte le situazioni cliniche adatte all'utilizzo delle diverse tecniche esistenti, tra cui la valutazione dello stato accomodativo in modo oggettivo e la determinazione della correzione prossimale più appropriata per l'individuo. Le numerose procedure esecutive sviluppatasi nel corso degli anni portarono alla formazione di due tecniche in particolare, dette Book Retinoscopy e Stress-point Retinoscopy: la tesi esporrà dettagliatamente le evidenze cliniche riscontrate mediante l'utilizzo di queste procedure, poiché ritenute fonte di informazioni uniche nel loro genere e ottenibili con il solo uso del retinoscopio a distanza prossimale. Nella parte centrale del capitolo saranno presentate le origini dei processi cognitivi, dalle basi del pensiero della Gestalt fino alla corrente del Cognitivismo; la descrizione dei concetti come sensazione, percezione, attenzione e problem solving servirà, a introdurre l'influenza di questi aspetti di tipo intrinseco-cognitivo con il sistema accomodativo e pupillare, i quali effetti saranno riscontrabili durante l'esecuzione della tecnica già citata, chiamata Book Retinoscopy. Il capitolo secondo tratterà la Book Retinoscopy, in cui al soggetto viene chiesto di leggere e comprendere un testo posto alla distanza di lettura abituale, alla quale l'optometrista esegue l'osservazione del riflesso retinico. Le evidenze rilevate con questa speciale tecnica furono sorprendenti, poiché fu riscontrato un cambiamento della brillantezza e del colore del riflesso retinico in base al grado di attività cognitiva, di comprensione del testo e attenzione del soggetto; cambiamenti che permisero, a illustri professionisti, di condurre studi che rivelarono l'importanza della tecnica esaltandone l'efficacia clinica nel determinare in modo oggettivo il livello di performance cognitiva individuale durante un compito visivo, annotandone le variazioni causate dall'anteposizione di lenti oftalmiche.

L'ultimo paragrafo di questo capitolo servirà a riconciliare le informazioni acquisite sugli aspetti caratterizzanti il riflesso retinico; delineando le origini anatomiche del riflesso e sottolineando come le strutture che compongono il fondo oculare

concorrano simultaneamente alla formazione di un riflesso capace di mutare con il variare dell'attività cognitiva e emozionale.

Il terzo e ultimo capitolo è stato dedicato all'analisi del concetto generale di stress, definito con un percorso storico tra alcune ipotesi proposte da noti professionisti; giungendo alla definizione del concetto di stress localizzato al sistema visivo, inteso negli anni come risposta a uno sforzo di varia natura. Alcuni concetti inerenti al tipo di risposta-stress, come l'adattamento dell'organismo e la reazione del tipo "combattimento o fuga", saranno necessari per comprendere la tecnica di retinoscopia dinamica detta Stress-point Retinoscopy. In seguito verranno trattate le osservazioni e i modelli teorici dello stress che hanno suggerito lo sviluppo di questa tecnica retinoscopica: in cui il soggetto osserva un particolare target (sfera di Wolff) che si avvicina lentamente al suo viso; l'optometrista gestendo il retinoscopio e il movimento del target, osserva gli aspetti cromatici e di luminosità, annotandone un punto di brusca diminuzione e opacità, detto punto di stress. La distanza del punto di stress rappresenta una posizione spaziale dove sono state rilevate variazioni elettrofisiologiche concepite come una risposta-stress dell'intero organismo; questa posizione nello spazio prossimale del soggetto è stata relazionata da alcuni autori anche alla qualità della performance visiva, indicando un comfort e rendimento maggiore nel caso in cui essa fosse più vicina di 10 alla distanza ideale di lettura.

Al termine della lettura di questa trattazione, il lettore-optometrista potrà intendere al meglio il raro contributo che può fornire la retinoscopia a un esame visivo e, se gli studi riportati fossero stati una nuova scoperta, potrà conoscere come poter sfruttare clinicamente a suo favore l'influenza degli aspetti cognitivi e di stress, sul riflesso retinico da lui osservato.

CAPITOLO 1: LA RETINOSCOPIA E I SUOI PRINCIPI.

1.1: Cenni storici sulla tecnica.

Al giorno d'oggi la schiascopia o retinoscopia è un test fondamentale per l'analisi visiva. La nascita di guesta tecnica avvenne nel 1859, quando Bowman fu il primo a prendere nota e descrivere quelle ombre che si vennero a formare nella pupilla dei suoi pazienti mentre erano sottoposti all'oftalmoscopia (con oftalmoscopio di Helmoltz) per la valutazione del fondo oculare¹. Lo stesso Bowman descrisse le nuove osservazioni come un modo per diagnosticare l'astigmatismo in una cornea affetta da cheratocono¹. Nel 1873, un oftalmologo francese, Cuginet, fu il primo ad accorgersi, con il suo semplice oftalmoscopio a specchio, di come il riflesso visto puntando il fascio luminoso nella pupilla, sia variabile da individuo a individuo in base all'errore rifrattivo. Cuginet scoprì più tardi come questo riflesso cambi di brillantezza e dimensione; si accorse che a seconda del movimento fatto con il suo oftalmoscopio, il riflesso poteva muoversi in senso concorde oppure nel verso opposto al suo movimento (discorde), in base all'errore refrattivo dell'occhio in esame, notando per di più come la direzione del movimento possa non essere correlata per entrambi i meridiani oculari¹. Lo stesso Cuginet però fece un errore perché credette che il riflesso notato fosse proveniente dalla cornea, per questo nominò il tutto come keratoscopie¹, ma riuscì con il suo specchio a valutare qualitativamente vizi refrattivi come miopia, ipermetropia e astigmatismo; per questo motivo è considerato da tutti il padre della schiascopia¹. Fu solo uno studente nel 1878, su suggerimento di Landolt, a riconoscere l'errore; Mengin riconobbe il fondo retinico come fonte del riflesso osservato e pubblicò la spiegazione così diffondendo la tecnica¹. Fu poi un altro francese, Parent a diffondere nel 1880, dopo aver studiato a fondo la tecnica, la spiegazione per la quantificazione dell'errore refrattivo, attribuendo alla tecnica il termine "Retinoscopia", alquanto improprio poiché la retina è in sé stessa trasparente¹. Ad Helmoltz viene attribuito il merito di aver introdotto la retinoscopia nella diagnosi clinica dello stato refrattivo. Un ulteriore progresso avvenne grazie agli studi di Duane nel 1903, il quale sostenne l'uso di lenti cilindriche per i casi di astigmatismo rilevati in retinoscopia¹.

Il primo obiettivo fu lo sviluppo di un sistema efficiente che potesse produrre un intenso e costante fascio luminoso che doveva poi essere deviato da uno specchio nel foro pupillare. Agli inizi la fonte del raggio luminoso fu una lampada a gas che poi fu sostituita da una lampada a incandescenza¹.

Nell'immagine sottostante si riporta il sistema usato da Lockwood per la sorgente luminosa con una lampada a gas, con una rappresentazione dell'uso che esso ne faceva³.

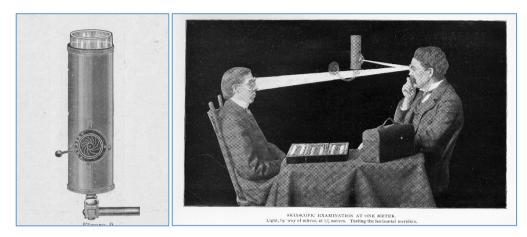


Figura 1: A sinistra: sorgente luminosa (lampada a gas) impiegata da Lockwood; a destra: esempio di impiego della lampada a gas durante un esame di refrazione. (da Robert M. Lockwood and George A. Rogers, Early Twentieth Century Optometry Authors)

Il funzionamento dei primi schiascopi è piuttosto semplice: di norma la sorgente luminosa era posta sulla parete davanti all'operatore: lo specchio forato tenuto in mano dall'esaminatore rifletteva la luce della sorgente in modo da essere direzionata verso la pupilla dell'occhio del soggetto⁴.



Figura 2: Esempio di esecuzione di una retinoscopia con uno specchio forato, riflettente la luce di una sorgente esterna e direzionandola verso la pupilla dell'esaminato. (da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

In un secondo tempo si sviluppò un retinoscopio che potesse contenere una lampadina al suo interno, quindi senza dover riflettere il raggio da una sorgente

esterna a esso: nacque così il primo 'retinoscopio luminoso' capace di proiettare una macchia di luce molto simile agli oftalmoscopi moderni¹.

Nel 1901 Wolff usò la prima sorgente elettrica incorporata allo stesso retinoscopio a specchio, ma un promettente retinoscopio elettrico fu quello di De Zeng nel 1903, capace di proiettare uno spot luminoso simile a un oftalmoscopio moderno.

I retinoscopi detti a "spot", per il loro tipo di illuminazione, non sono cambiati molto in 100 anni ma fin dalla fine del 1800 Jackson, Wolff e altri hanno sottolineato l'importanza di poter quantificare al meglio il riflesso in caso di astigmatismo e così cominciarono a usare specchi a forma di fessura per creare un riflesso lineare, come una striscia di luce. Da qui nacque l'idea del retinoscopio a striscia che oggi tutti conosciamo, che semplifica notevolmente la rifrazione in caso di astigmatismo. Intorno al 1920, un "genio" dell'ottica come J.C. Copeland fu protagonista di un fortuito evento che cambio l'intero corso della retinoscopia 1.

Da questa originale esperienza nacque il retinoscopio a striscia che ancora usiamo oggi, l'incidente o colpo di fortuna che accadde a Copeland fu raccontato direttamente Walter E.Gager¹: "Jack stava usando il suo retinoscopio europeo di Wolff, quando lo strumento cadde a terra sul pavimento, danneggiando così il filamento della lampadina. Quando tornò a riesaminare l'occhio schematico con cui stava lavorando, notò una differenza nei riflessi e si mise a risolvere ciò che era successo"¹.

Jack Copeland dal suo studio con il riflesso lineare prodotto dal filamento piegato, ideò una lampadina che potesse produrre un fascio di luce lineare; il tutto in uno strumento in cui la stessa potesse essere rotata per poter orientare il fascio su ogni meridiano oculare. Incorporò nel suo nuovo strumento anche un sistema che producesse convergenza variabile e uno specchio con apertura ovale in modo da poter correggere le aberrazioni derivanti dal riflesso.

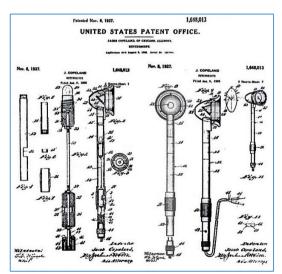


Figura 3: Originale retiniscopio a striscia ideato da Copeland. (da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

Il suo modello originale nato nel 1927 rese popolare la tecnica a striscia, rivoluzionando completamente il modo di eseguire la retinoscopia¹.

1.2: Che cos'è la Retinoscopia.

Il termine schiascopia, coniato da Chiribet¹ prende origine dai termini greci "schia" (ombra) e "scope" (visione o osservazione) per definire questa tecnica, la quale consiste nella valutazione del movimento apparente del *riflesso* che si viene a creare illuminando il fondo retinico oculare con un fascio di luce passante attraverso il foro pupillare; utilizzando uno strumento fondamentale che è lo schiascopio. Per la natura del riflesso osservato, Parent propose il termine retinoscopia (osservazione della retina) anche se forse meno corretto⁵. La retinoscopia è considerata una sorta di "mostro sacro" da parte degli optometristi, molti professionisti cominciano ad apprendere le basi con la retinoscopia su un occhio schematico. La retinoscopia principalmente è un metodo oggettivo per la misurazione dello stato refrattivo dell'occhio, richiedendo una partecipazione minima da parte dell'esaminato. La nostra valutazione soggettiva dell'aspetto del riflesso per dare un risultato oggettivo, fa sì che la retinoscopia si possa vedere come una forma d'arte, in cui risulta essere di vitale importanza la pratica di essa per poter prendere fiducia delle proprie abilità di misurazione e riuscire a sfruttare al meglio le potenzialità di investigazione che offre il test. Affinare le proprie abilità può far risparmiare tempo e frustrazione nella refrazione e diventare soddisfacente per l'optometrista e per il suo osservato¹.

1.3: Perché eseguire la Retinoscopia?

Il vantaggio maggiore risiede nella oggettività della tecnica, che permette di valutare quantitativamente lo stato refrattivo dell'utente senza dover dipendere dalle sue risposte e controllando inoltre lo stato di salute di quelle strutture oculari che sono attraversate dal fascio di luce. La retinoscopia diventa preziosa in quei casi in cui la comunicazione con l'utente risulti difficile o impossibile: per i bambini piccoli con scarsa visione, per gli anziani o per un soggetto disabile o con ritardi mentali, per non udenti o stranieri. Nonostante siano passati molti anni dalla sua scoperta, questo test rimane la scelta migliore per gestire i problemi visivi, che se eseguito nel modo corretto e con fiducia nelle osservazioni può darci molte informazioni utili sullo stato refrattivo e sull'efficienza visiva del soggetto. Valutando il riflesso possiamo inoltre stimare le aberrazioni date dalla cornea e dal cristallino, nonché le opacità dei mezzi oculari.

1.4: Lo Strumento.

Lo strumento utilizzato è proprio il retinoscopio, uno strumento che si è sviluppato nel corso della storia grazie alla volontà di illustri pionieri della materia che cercarono soluzioni per riuscire a eseguire al meglio la rifrazione dei loro pazienti.

Il primo retinoscopio era costituito con uno specchio piano che potesse riflettere il fascio di luce emesso da una sorgente esterna diritta nel foro pupillare dell'occhio in esame. Con i successivi studi e le importanti pubblicazioni di Copeland, insieme allo strumento da lui ideato e poi migliorato negli anni successivi, arrivarono a un ottimo retinoscopio 'a striscia' che prese il nome di Optec 360¹ (vedi figura). Da qui altre aziende produttrici hanno modificato costruendo progetto base altri retinoscopi con diversi vantaggi.

Capire il funzionamento dello strumento e comprendere al meglio la funzione dei vari componenti che lo caratterizzano è piuttosto semplice:

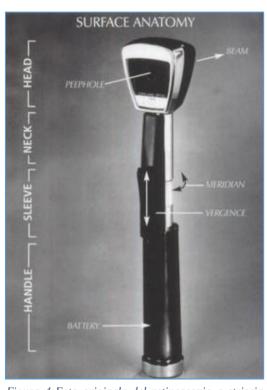


Figura 4:Foto originale del retinoscopio a striscia Optec 360, con descrizione delle componenti. (da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

dall'esterno si possono distinguere la "testa", che è la sede per i componenti ottici del sistema e il "manicotto" o "manico", in cui risiede la fonte di energia per l'alimentazione. Per capire il percorso che compie la luce all'interno dello strumento, possiamo suddividerlo in due sistemi fondamentali: un sistema di proiezione e un sistema di osservazione.

1.4.1: Sistema Di Projezione.

Questo sistema comprende le seguenti strutture ed è quello che sostanzialmente illumina il fondo retinico¹:

- Sorgente di Luce: la sorgente è una lampadina che in base al suo filamento interno può formare un fascio luminoso circolare detto anche spot, oppure un fascio a striscia (streak).
- Lente Condensatrice: Nel percorso ottico, questa lente funge da condensatore dei raggi luminosi prodotti dalla lampadina in modo da variare la vergenza del fascio in uscita.
- lente è lo specchio piano situato nella testa dello strumento; può essere uno specchio forato o traslucido. Lo specchio devia il percorso della luce (che condensata dalla lente arriva a fasci paralleli) ad angolo retto rispetto al manico, in modo da far uscire il fascio dalla testa dello strumento.

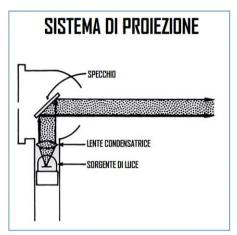


Figura 5: Rappresentazione grafica del sistema di proiezione. (modificata da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

- Ghiera di Rotazione: la ghiera è una struttura presente negli odierni retinoscopi che permette di modificare la distanza tra la lente condensatrice e la lampadina. Variando la distanza tra essi, varia anche la vergenza dalla lente verso lo specchio e così dallo specchio all'occhio in esame. Nei moderni strumenti la ghiera coincide con la lente condensatrice, per esempio, spostando la ghiera verso l'alto, cioè aumentando la distanza tra lampadina e lente, è possibile rendere il fascio in uscita convergente, formando un fuoco tra soggetto ed esaminatore e dando un significato contrario ai movimenti che verranno esposti in seguito. La rotazione della ghiera permette di inclinare il fascio di luce a 360°.
- Generatore di Corrente: il generatore è contenuto nel "manicotto" o "manico", il quale funge da supporto per la testa dello strumento e da punto di sostegno. Gli strumenti moderni forniscono inoltre un pratico regolatore dell'intensità di corrente. Esistono manicotti ricaricabili oppure a batterie intercambiabili.

Nei primi strumenti con il design progettato da Copeland, per variare la vergenza dei raggi in uscita, era necessario muovere la ghiera in alto o in basso: in questo modo la lampadina si allontanava o avvicinava dalla lente ottica¹.

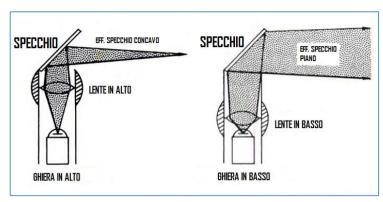


Figura 6: Rappresentazione grafica del cambiamento di vergenza tramite il movimento della lente condensatrice. (modificata da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

Negli schiascopi di ultima costruzione come in quelli precedenti vi è una ghiera che si può spostare in alto o in basso, che contrariamente ai primi strumenti, corrisponde al movimento della lente condensatrice che si allontana e si avvicina alla sorgente luminosa. Lo spostamento della ghiera lungo l'asse del manicotto, fa sì che possa cambiare la vergenza dei raggi in uscita: producendo l'effetto di uno specchio *concavo* (ghiera in alto) oppure *piano* (ghiera in basso).

Negli schiascopi a striscia, la ghiera può anche ruotare per variare l'orientazione della striscia luminosa e così posizionarla secondo l'inclinazione dei meridiani principali nei casi in cui sia presente astigmatismo.

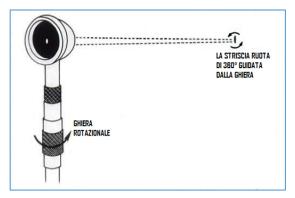


Figura 7: Rappresentazione grafica della rotazione della striscia luminosa tramite l'uso della ghiera. (modificata da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

1.4.2: Sistema Di Osservazione.

Il sistema di osservazione è essenzialmente quello che consente di poter osservare il riflesso proveniente dalla retina eseguendo la retinoscopia¹. I raggi emessi dallo strumento entrano nella pupilla e passando attraverso i componenti ottici oculari si riflettono sul fondo dell'occhio; i raggi riflessi che tornano indietro riattraversano le superfici e rientrano nello strumento, passando in una apertura presente nello specchio e infine dallo spioncino sul retro della testa. Guardando nell'apposito spioncino, l'optometrista può analizzare il movimento della striscia che si proietta sul fondo retinico e, valutando la luce di ritorno, avere un riscontro sulla trasparenza dei mezzi ottici dell'esaminato.

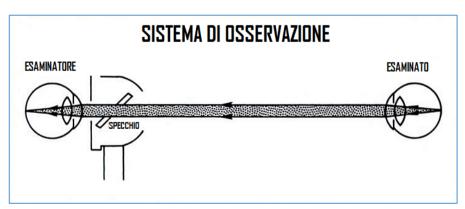


Figura 8: Rappresentazione grafica del sistema di osservazione. (modificata da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

Come si è precedentemente discusso, lo strumento ha subito sviluppi nelle sue componenti e miglioramenti per aumentarne le prestazioni. Si riporta la rappresentazione di uno degli schiascopi più usati negli ultimi anni, precisamente il modello "Beta 200" dell'azienda Heine:



Figura 9: Rappresentazione del retinoscopio "BETA 200", prodotto da Heine.

1.5: Principi Base.

Prima di iniziare l'esecuzione di questa tecnica e sfruttare tutte le potenzialità di cui ogni professionista dovrebbe giovare nelle proprie analisi visive, bisogna comprendere alcuni concetti che sono alla base per ottenere un buon risultato. La conoscenza dettagliata e la padronanza dello strumento di questo test optometrico oggettivo risulta fondamentale per attribuire ai risultati una validità e attendibilità. L'esame deve essere eseguito con una precisa metodologia per poter ottenere da essa informazioni preziose sul problema visivo del soggetto e non solo. È comunque necessario conoscere tutti i possibili errori nei quali si può incorrere per essere molto efficienti nel rilevare misurazioni ed efficaci nelle scelte compensative che ne possono seguire.

1.5.1: Impugnare lo strumento.

Per chi decide di intraprendere gli studi nell'ambito dell'optometria, la retinoscopia è una delle prime tecniche con cui l'inesperto optometrista deve cimentarsi. Per convenienza e aumentare l'efficienza nello svolgimento della tecnica, importante è saper gestire con una mano sola e soprattutto con entrambe.

La cosiddetta tecnica "one-handed method", sostiene che lo strumento debba essere tenuto da una sola mano, capace di muovere (solitamente con il pollice) la ghiera in alto o in basso e di ruotarla per l'esplorazione dei meridiani. Il professionista deve tenere in mano il retinoscopio con la mano destra in caso esamini un occhio destro e sinistra per un occhio sinistro, osservando nello spioncino con l'occhio omologo alla mano usata; in questo modo si permette alla persona esaminata, una seppur parziale, vista del target. All'inizio risulterà più semplice usare la mano dominante e l'occhio dominante per l'osservazione ma è necessario acquisire la padronanza dello schiascopio con entrambe le mani e soprattutto tenendo entrambi gli occhi aperti, senza "strizzare" l'occhio che non osserva nello strumento; in questo modo eviteremo il formarsi di inutili ombre nel momento in cui apriamo l'altro occhio per cambiare posizione. La mano libera potrà essere utilizzata per il controllo della distanza di lavoro e per la manipolazione di lenti di prova o del forottero durante il test.



Figura 10: Rappresentazione della "One Handed Method". (da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

1.5.2: Scelta del sistema di illuminazione: Retinoscopio a Striscia oppure a Spot.

Durante lo sviluppo del retinoscopio, di fondamentale importanza è stata proprio l'introduzione di una lampada alogena che garantisse una maggiore facilità di

diagnosi per l'intensità e la stabilità dell'illuminazione. Il grande contributo di Copeland nel costruire un retinoscopio a striscia è stato un importantissimo salto in avanti per quanto riguarda la precisione nei risultati finali (neutralizzazione).

Fin da subito, nelle scuole di optometria americane vi è stato un impatto fortissimo della tecnica a striscia (*streak retinoscopy*) grazie alla "propaganda" fatta per questa ingegnosa scoperta, tanto che gli studenti non sono più stati messi in condizione di poter esercitarsi con un retinoscopio che si servisse di un sistema di illuminazione a spot⁷. Valenti⁷ nel suo libro sostiene che l'idea che l'illuminazione a striscia sia 'migliore' di quella spot sia solo una credenza popolare, perché esistono due diversi retinoscopi con dei vantaggi reciproci per determinati usi.

Gli schiascopi che producono un'immagine a striscia hanno il vantaggio di consentire una precisa determinazione dell'asse e del potere della componente cilindrica dello stato refrattivo, grazie alla possibilità di assottigliare il fascio di luce incidente fino a che risulti una linea luminosa rendendo più precise le misurazioni. Jack Copeland, definito il "virtuoso della retinoscopia a striscia", divulgò la tecnica con corsi di retinoscopia in tutto lo stato americano (possibile foto), dove lo scopo finale era quello di neutralizzare il riflesso e diagnosticare una precisa misurazione del cilindro; così la scelta di questo tipo di illuminazione si adatta meglio allo scopo della retinoscopia "classica" per lo stato refrattivo da lontano ma risulta un po' limitativa per un'esecuzione da vicino.

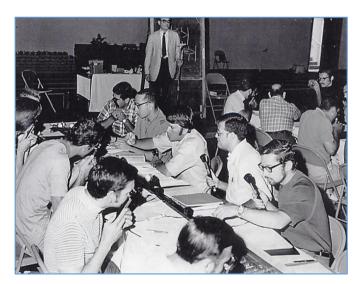


Figura 11: Fotografia delle lezioni di retinoscopia svolte da Jack Copeland. (da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

Nella retinoscopia eseguita da vicino, una perfetta situazione di neutralizzazione (scopo principale della retinoscopia da lontano), non è l'obiettivo primario. Skeffington⁸ già nel 1928 fu uno dei primi a sottolineare come il colore del riflesso retinico fosse qualitativamente importante ai fini di una prescrizione di lenti, sottolineando come un riflesso "rosso lucente" delinei la necessità di lenti positive (convesse) e un riflesso "argenteo metallico", contrariamente, di lenti negative (concave). A tale proposito, Getman⁷ negli anni 50' sviluppo l'uso della retinoscopia a distanza ridotta nei bambini, misurando i cambiamenti a livello di interesse, attenzione e problem solving. Aspetti come il colore e la luminosità del riflesso retinico, diventarono indici dello stato di attenzione dell'arousal nei bambini. Al fine di tale valutazione l'optometrista osserva il colore, la brillantezza e la relazione tra il riflesso periferico con quello centrale; questo è possibile solo con lo spot che occupa tutto il diametro pupillare, al contrario della striscia. Più è la luce proveniente dal riflesso retinico del soggetto che arriva all'optometrista, più facile è valutare l'aspetto del riflesso; questo implica che lo spot sia più adeguato per quest'uso del retinoscopio⁷.

1.5.3: Occhio Come Sistema Chiuso.

L'occhio deve essere percepito come se fosse un *sistema chiuso* in cui la luce entra ed esce solo attraverso la pupilla⁹.

Naturalmente per misurare le caratteristiche di un sistema ottico chiuso, la luce deve attraversare il percorso due volte, la prima quando lo strumento la proietta in esso, quando puntato nel foro pupillare, la seconda invece si manifesta se esiste una struttura che funge da specchio e che possa così invertire il senso di marcia, in questo caso è il fondo oculare; in seguito verrà discussa nel dettaglio la funzione speculare del fondo retinico. La condizione refrattiva dell'occhio è determinata localizzando il suo fuoco immagine nello spazio, ad accomodazione rilassata perché non possa così influire sulla vergenza dei raggi⁹. La sorgente del riflesso è la retina e il punto collegato con essa nello spazio è il suo punto remoto, che equivale al fuoco immagine dell'occhio stesso. L'inverso della distanza del punto remoto dai piani principali dell'occhio rappresenta la condizione refrattiva. Per gli ipermetropi, il punto remoto risulta essere quindi virtuale trovandosi nello spazio dietro l'occhio e inversamente per i miopi il punto remoto è reale situandosi davanti l'occhio⁹. Gli emmetropi hanno il punto remoto situato all'infinito. È importante avere chiari questi concetti e sapere che cosa accade ai raggi che compongono il fascio luminoso

uscente dallo strumento: quando questi entrano nel sistema ottico oculare (raggi afferenti) e come questi vengono riflessi dal fondo retinico (raggi efferenti) nei casi in cui ci sia un'ametropia¹.

Il diagramma sopra riportato, elenca in modo chiaro in termini di punto remoto, ciò che avviene durante la proiezione del fascio luminoso nel foro pupillare, che attraversando le strutture ottiche oculari ritorna a fuoriuscirne deviato dal riflesso speculare del fondo.

Avendo chiari questi semplici concetti ottici, il professionista può essere in grado di intendere ciò che osserva quando esegue una retinoscopia su un occhio di potere sconosciuto e di differenziare lo stato refrattivo in base all'osservazione del movimento del riflesso proveniente dal fondo oculare.

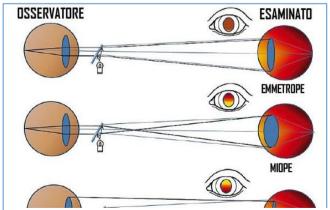


Figura 12 Rappresentazione grafica della vergenza in casi di ametropia.(da M. Kothari, S. Balankhe, S. Paralkar, D. Nar³, S. Bhagat³, S. Ranade, Dynamic distance direct ophthalmoscopy, a novel technique to assess accommodation in children)

1.5.4: Il Movimento del Riflesso e l'immagine Neutra.

La giusta interpretazione del riflesso è indispensabile per poter eseguire questa tecnica oggettiva di rifrazione. Nei passaggi precedenti è stato ripetuto molte volte quanto fosse importante la valutazione del riflesso retinico, ne segue una descrizione dei concetti base del movimento di esso, importantissimo per la valutazione oggettiva dello stato refrattivo e rappresentante la vera base della tecnica schiascopica classica; nata proprio dall'osservazione del *movimento* compiuto dalle ombre sul fondo oculare¹. Per concepire meglio i concetti che seguiranno è consigliabile l'uso di un retinoscopio a striscia; il movimento dell'area luminosa che esso crea sul fondo oculare diventa l'oggetto di principale osservazione.

L'elemento di rilievo è la posizione del fuoco immagine, formato dalla luce riflessa dall'area illuminata sul fondo retinico; il quale può formarsi dietro, davanti, oppure corrispondere all'occhio dell'optometrista che osserva nella fessura del retinoscopio. L'osservatore puntando il fascio nel foro pupillare ed eseguendo uno "spazzolamento", vedrà uno specifico movimento di risposta della striscia; la tipologia del movimento osservato sarà dovuta alla posizione del fuoco creata dai raggi in uscita. La posizione di questo fuoco immagine risulterà essere correlata allo stato refrattivo del soggetto, che sia esso un emmetrope o ametrope.

Il professionista deve *esplorare* il fondo (la piccola parte visibile attraverso il foro pupillare dell'occhio esaminato) con il fascio proiettato dal retinoscopio. L'esplorazione avviene attraverso un movimento detto "spazzolamento": un direzione movimento in trasversale all'asse formato dalla striscia luminosa. Ruotare la striscia in tutte le direzioni ed effettuare lo spazzolamento, permetterà all'optometrista di esaminare entrambi i meridiani oculari, ottenendo un risultato completo.



Figura 13: Rappresentazione grafica dello spazzolamento orizzontale. (da Retinoscopy-Student manual, ICEE)

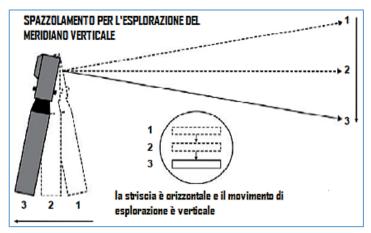


Figura 14: Rappresentazione grafica dello spazzolamento orizzontale. (da Retinoscopy-Student manual, ICEE)

Il principio fondamentale per l'esecuzione della retinoscopia a scopo refrattivo sta nel confronto fra il *movimento del riflesso* e il *movimento di spazzolamento* lungo i meridiani principali che compongono il fondo retinico. Le situazioni che possono formarsi quando si punta il retinoscopio nella pupilla del soggetto, ne delineano lo stato refrattivo. Si possono classificare come:

- Movimento Discorde: Si verifica quando l'immagine retinica proveniente dall'area illuminata si posiziona anteriormente all'occhio dell'optometrista, ossia quando il piano retinico è coniugato con un piano giacente tra l'esaminato e l'esaminatore^{1,5}; in questo caso il movimento apparente della striscia luminosa sarà opposto a quello indotto dal professionista durante lo spazzolamento, questo movimento è detto Discorde.
- *Movimento Concorde*: Avviene se l'immagine retinica, proveniente dai raggi riflessi, cade nello spazio oltre l'occhio dell'osservatore, cioè quando il piano retinico è coniugato con un piano posteriore all'esaminatore^{1,5}; in questo caso il movimento della striscia sul fondo oculare sarà nella stessa direzione del movimento indotto al fascio durante lo *spazzolamento*, il movimento è *Concorde*.
- *Immagine Neutra*: detto anche *punto neutro* o *punto di neutralizzazione* è lo stato che si verifica quando il piano retinico è coniugato con il piano pupillare dell'esaminatore^{5,1}. Per gli operatori inesperti può essere difficile constatare questo tipo di immagine, confondendola con un movimento concorde⁵. L'immagine neutra si presenta con *l'illuminazione simultanea* dell'intero campo delineato dalla pupilla, senza percezioni di movimento. Questa immagine è il risultato finale di "*emmetropizzazione*"; sebbene il

punto neutro sembri di semplice individuazione a volte si compie molta fatica e lo si deduce allora 'ponendolo' nel punto di variazione tra i movimenti discordi e concordi⁵. Questa immagine si può ottenere in soggetto emmetrope, anteponendogli una lente positiva di potere pari all'inverso della distanza alla quale opera l'optometrista.

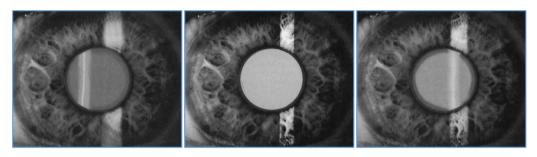


Figura 15: A sinistra: Rappresentazione del movimento discorde; al centro: Rappresentazione dell'immagine neutra; a destra: Rappresentazione del movimento concorde. (da Borish I.M., Clinical Refraction)

1.5.5: La Distanza di Lavoro e Lente di Compensazione.

Un altro concetto base per comprendere al meglio la retinoscopia è quello relativo alla distanza cui eseguire il test, chiamata *distanza di lavoro*: ossia lo spazio che separa l'occhio in esame dallo strumento^{1,6}. Questa distanza è particolarmente importante per assolvere allo scopo refrattivo nella visione a distanza; l'individuazione di una immagine neutra si ha proprio quando il fuoco immagine dei raggi riflessi cade a questa distanza dal fondo oculare⁶. Sarebbe bello per ogni optometrista poter eseguire la retinoscopia alla distanza di 6 m, dove per definizione l'accomodazione risulta essere alla minima attività refrattiva⁵, ma purtroppo con un retinoscopio moderno è pressoché impossibile. L'immagine retinica vista dalla pupilla sarebbe troppo piccola e poco illuminata dal fascio emesso dallo strumento, senza contare l'evidente difficoltà nel manipolare lenti di prova o un forottero durante il test.

Cosi risulta essere conveniente posizionarsi alla distanza di "un braccio" dal paziente, la cui lunghezza media risulta 66 cm⁶. Verrà descritto nei prossimi paragrafi come eseguire il test per l'analisi refrattiva, ma sostanzialmente il soggetto è invitato a osservare una mira posta alla distanza di 6 m con l'operatore situato a una distanza di lavoro più ravvicinata; ma in questo modo, l'osservazione alla distanza di 66 cm (o la più adeguata per l'operatore), seppur eseguita nel modo corretto e alla giusta altezza, crea una differenza di vergenza ottica mentre l'esaminato fissa un target oltre lo strumento⁵. Per fare in modo che questa vergenza

venga annullata è necessario posizionare una lente positiva di potere diottrico derivante dall'inverso della distanza di lavoro: la lente sarà anteposta sul piano dell'occhiale o scelta in un forottero e viene anche detta "lente di compensazione per la distanza".

La lente *compensatrice* varierà in base alla distanza di lavoro: di norma le distanze per operatori di sesso maschile sono di 67 cm e per il sesso femminile di 50 cm; è opportuno che ogni professionista sia a conoscenza della lontananza creata tra lui e il soggetto con il suo arto superiore, in questo modo la lente scelta per compensare la vergenza corrisponderà alla sua personale fisionomia. Il forottero presenta la lente 'R' come lente compensatrice e di norma corrisponde al potere di 1,50D.

Si riporta il Potere (P) della lente compensatrice espresso in diottrie, alle comuni distanze di lavoro (d) di 50, 67 e 80 cm^{1,6}:

- $d = 50 \text{ cm} \rightarrow P = 2 \text{ D}$
- $d = 67 \text{ cm} \rightarrow P = 1,50 \text{ D}$
- $d = 80 \text{ cm} \rightarrow P = 1.25 \text{ D}$

1.6: Retinoscopia Statica.

La *retinoscopia statica*, o *schiascopia*, è l'esame optometrico di rifrazione oggettiva svolta mentre il soggetto osserva un target posto a distanza elevata (5/6 m), in modo da poter *minimizzare* l'attività rifrattiva dell'accomodazione⁵.

La parola "stato refrattivo" implica la parola "statica" che usiamo per classificare questo tipo di retinoscopia; indica la staticità auspicabile dell'attività svolta dal cristallino durante l'osservazione della mira, ma nella visione il termine statico non può essere considerato valido poiché le strutture coinvolte e i processi visivi sono tutto fuorché statici¹⁰. Già i primi lavori compiuti dal Dr. Arnold Gesell alla Yale Clinic of Child Developement, descritti nel suo libro "Vision, it's Developement in Infant and Child"¹¹, seguiti dai lavori compiuti alla Ohio state University dal Dr. Renshaw misero in risalto come la retinoscopia sia principalmente un esame dinamico, nessuna parte del sistema visivo può definirsi statica¹⁰.

Le parole riportate da Skeffington¹⁰, sono un invito a non limitare i "nostri" pensieri utilizzando la parola "statica", comprensibilmente inesatta, ma di iniziare a riferirci a questo tipo di retinoscopia come *Retinoscopia a distanza*.

Assimilando i concetti esposti precedentemente e con le seguenti informazioni su come impostare al meglio la tecnica, non sarà difficile essere efficienti durante la pratica clinica. La tecnica risulta essere *fragile* e ricca di informazioni utili all'optometrista, premettendo però che debba essere conosciuta teoricamente e ci sia un'indispensabile svolgimento abitudinario nella pratica analitica. La precisione da parte dell'optometrista è fondamentale, poiché ogni minimo cambiamento nei mezzi e nei modi di svolgimento è causa di un cambiamento nel riflesso osservato; indispensabile è la conoscenza degli errori cui si può incorrere. La pratica costante della tecnica è il vero segreto per una buona riuscita e precisione nei risultati.

1.6.1: Scelta dello strumento.

Al fine di ottenere risultati maggiori in termine di precisione è consigliato l'uso di un'illuminazione a striscia. L'impostazione della distanza tra lente condensatrice e lampadina deve rimanere costante durante lo svolgimento: per questo bisogna scegliere l'effetto che si vuole dare allo specchio tramite la posizione in altezza della ghiera presente sotto la testa dello strumento (riferendoci agli ultimi modelli presenti sul mercato). Per comodità risulta essere più facile iniziare con l'effetto a specchio piano che produce un fascio parallelo (o leggermente divergente) di luce uscente, come se la sorgente fosse posta dietro l'operatore.

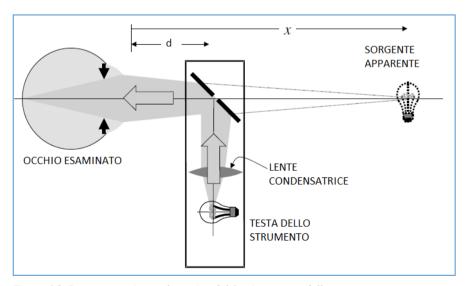


Figura 16: Rappresentazione schematica del funzionamento dello strumento.

1.6.2: La Mira.

Il soggetto osserva una mira posta alla distanza di almeno 5 metri, tale che la vergenza in quel punto sia trascurabile pur non essendo nulla, considerando questa distanza come *l'infinito* solo nella pratica oftalmica. La scelta della mira deve essere basata su alcuni criteri:

- Il target *non* deve presentare piccoli particolari, per non essere da stimolo per la focalizzazione dell'immagine con precisione; minimizzando l'attività accomodativa si potranno evidenziare ametropie come l'ipermetropia *latente*⁵. Se scelta invece con particolari, permette di evidenziare lo stato refrattivo nei casi in cui sia richiesta attenzione⁵.
- La mira non deve essere troppo luminosa per non indurre miosi (riduzione del diametro pupillare). Il campo di osservazione del fondo diminuirebbe e si può incorrere in fastidiosi riflessi sulle superfici ottiche oculari e lenticolari nell'uso del forottero.

Cockerhan⁵ (1957) con i suoi studi propose l'uso della mira bicromatica per ridurre l'accomodazione attiva. L'attendibilità dei risultati è compromessa nel caso in cui il soggetto smetta di osservare la mira perdendo l'attenzione; quindi nella comune pratica è consigliabile *invitare* più volte il soggetto a leggere le lettere o i simboli esposti sul target. Il problema sussiste soprattutto nella valutazione refrattiva nei bambini in cui l'operatore con uno strumento luminoso in mano è di gran lunga "più interessante" di qualche simbolo in fondo alla stanza, perciò è opportuno in questi casi proiettare immagini o diapositive che possano suscitare l'interesse nel bambino e instaurare un dialogo attivo riguardo la mira osservata⁵. Molti studi che verranno visti in seguito dimostrano come l'attenzione richiesta da una mira possa variare l'attività accomodativa (informazione molto utile per esaminatori esperti), per questo motivo ogni optometrista deve essere preparato e notare un cambiamento durante le sue osservazioni, soprattutto nei casi in cui è lui stesso a incentivare l'attenzione del soggetto, come nei bambini.

1.6.3: Illuminazione ambientale.

L'illuminazione dell'ambiente gioca un ruolo fondamentale. Quella consigliata è *moderata* (50 lux), senza sorgenti di intensità elevata nel campo visivo del paziente, se così fosse il soggetto si troverebbe in miosi e lo svolgimento della tecnica diventerebbe difficoltoso. Tuttavia non è consigliabile neppure un'elevata midriasi

in quanto causa del manifestarsi di aberrazioni periferiche che confondono l'immagine schiascopica⁵. Safir¹² propone l'utilizzo di una *mira luminosa* in un ambiente *buio*, questo metodo sembra essere il più appropriato. Per non creare situazioni deleterie come quelle sopraesposte è utile la regolazione dell'intensità del fascio dello strumento che a volte può risultare fastidioso e produrre riflessi fuorvianti alla diagnosi optometrica.

1.6.4: Distanza di esecuzione.

Il soggetto deve osservare la mira posta a distanza, senza distogliere lo sguardo dal target; l'operatore analizza il riflesso proveniente dal fondo oculare esaminando un occhio alla volta. Eseguendo una retinoscopia statica l'optometrista non potrà osservare il riflesso dalla distanza cui è posto il target (6 m), perché la costruzione dei moderni retinoscopi non lo permette. Perciò dovrà porsi a una distanza che risulta comoda e che non ostacoli la visione del target da parte dell'occhio non esaminato; il professionista dovrà tener conto del fatto che una distanza ravvicinata permette un riflesso più luminoso ma produrrà anche miosi e, d'altro canto, il vantaggio di allontanarsi dal soggetto riduce i possibili errori dovuti alla distanza⁵. Per questo motivo è buona norma porsi alla distanza (d) di 50, 67 o 80⁵ cm dall'occhio o dal piano formato dalle lenti correttive o forottero; di solito sono le lunghezze relative al braccio dell'operatore che potrà in ogni momento allungare il suo arto superiore libero e controllare la sua lontananza (one-handed method). Quando l'optometrista sceglie la posizione in base alla sua comodità e fisionomia, spostandosi un po' di lato per non ostacolare la sua visione della mira, deve porsi alla stessa altezza dell'asse visuale del soggetto per non alterare il risultato finale e producendo errori di valutazione.

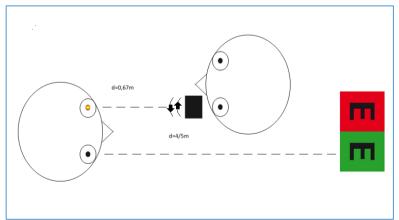


Figura 17: Rappresentazione schematica dell'esecuzione della Retinoscopia a distanza. (immagine personale)

1.6.5: Scelta del sistema di lenti.

Le immagini retiniche ossia i riflessi retinici citati in precedenza, sono il principale protagonista dell'esame retinoscopico; la opportuna interpretazione del movimento verrà discussa in un secondo tempo ma già dall'esplicazione dei principi base è intuibile l'uso di lenti per modificare il piano di focalizzazione, affinché sia coniugato con l'occhio dell'operatore. Durante l'esecuzione è necessario l'utilizzo di lenti positive, negative e cilindriche; l'anteposizione può avvenire su di una montatura di prova o con delle *stecche* che sono abitualmente divise tra lenti convesse e concave e permettono un cambio veloce di lente quando si è acquisita una certa abilità. Il forottero rappresenta una valida alternativa, con il vantaggio di avere a disposizione ogni tipologia di lente e la rapidità nel cambio di esse. Nonostante il forottero sia molto usato nella pratica optometrica, il riflesso retinico osservabile è spesso disturbato dai riflessi formatasi a causa delle numerose lenti⁵ e se la schiascopia è effettuata su soggetti più anziani o in eccessiva miosi, l'analisi del riflesso risulta difficoltosa anche per i più esperti professionisti.

1.6.6: Lo Scopo: La Neutralizzazione del Riflesso.

Il movimento del riflesso è indicatore della vergenza dei raggi riflessi fuori usciti dal foro pupillare e quindi della posizione del relativo fuoco immagine nello spazio. Conoscendo le relazioni tra *ametropia* e *vergenza* in uscita e le correlative relazioni tra *vergenza* e *fuoco immagine*, è facile attribuire a un *movimento* un'ametropia presente.

Presupponendo che l'operatore abbia posto le dovute attenzioni alla distanza e altezza di esecuzione, fissato per convenienza lo *specchio piano* e anteposto la dovuta lente compensatrice, potrà fare allora le seguenti deduzioni⁵:

- *L'immagine neutra* si presenta in caso di *emmetropia*: il piano retinico si coniuga con il piano di osservazione dell'occhio dell'optometrista;
- *Il movimento discorde* si potrà evidenziare in caso di *miopia*: dove il piano retinico si coniuga in un piano tra operatore e soggetto (vergenza in uscita negativa);
- *Il movimento concorde* indica la presenza di *ipermetropia*: la coniugazione del piano retinico si ha con un piano oltre l'occhio che osserva nello strumento (dovuto a vergenza in uscita positiva).

Con queste conoscenze l'operatore è in grado di iniziare il suo "spazzolamento" e cercare di individuare con precisione lo stato refrattivo dell'esaminato. Il principio fondamentale è quello di arrivare a individuare l'immagine neutra, quindi conoscendo dove si trova la coniugazione tra i piani, l'operatore sceglierà lenti positive e negative in modo da avvicinare il piano di coniugazione del riflesso al piano situato nel punto di osservazione; fino a osservare l'intero campo pupillare illuminato. Il risultato finale sarà raggiunto nel momento in cui ruotando l'asse della striscia luminosa e spazzolando nelle varie direzioni, il riflesso rimane costantemente neutralizzato.

Se lo specchio in uso è *piano*, la scelta delle lenti, in base al tipo di movimento sarà la seguente:

- MOVIMENTO CONCORDE → Lente POSITIVA (convessa)
- MOVIMENTO DISCORDE → Lente NEGATIVA (concava)

Se lo specchio produce un fascio convergente, quindi *concavo*, la scelta delle lenti sarà esattamente opposta in base al tipo di movimento:

- MOVIMENTO CONCORDE → Lente NEGATIVA (concava)
- MOVIMENTO DISCORDE → Lente POSITIVA (convessa)

1.6.6.1: La Procedura per la quantificazione del valore sferico.

Nella pratica optometrica usualmente si inizia con la valutazione sull'occhio destro⁶ e quindi l'operatore impugnerà lo strumento con la mano destra, si sposterà di lato verso la sua sinistra potendo così cominciare l'osservazione. In base al movimento che vedrà, porrà la lente adeguata, sino a che non si noterà l'immagine neutra, oppure fino a che non sia raggiunto il punto di inversione del movimento. L'esplorazione deve avvenire controllando il riflesso su tutta la porzione del fondo oculare passando per i due meridiani principali. In partenza la striscia verrà prima orientata verticalmente analizzando il riflesso sul meridiano orizzontale (spazzolamento orientato sull'asse orizzontale); successivamente verrà ruotata di 90°, così facendo avverrà l'analisi del meridiano opposto verticale (spazzolamento lungo l'asse verticale).

Il valore diottrico delle lenti con cui si arriva alla "neutralizzazione", cui va sottratta algebricamente la *lente di compensazione* della distanza di lavoro, fornisce il risultato della refrazione oggettiva^{5,6}. L'entità dell'ametropia che si ricava è

specifica per il piano di anteposizione delle lenti, sia esso dell'occhialino di prova o del forottero usato⁵. Quindi anteponendo le dovute lenti e supponendo che l'osservatore sia a 67 cm di distanza, la ametropia "A" rilevata con la retinoscopia potrà essere calcolata nel seguente modo:

A = (valore lordo delle lenti utilizzate) – (lente di compensazione) [D]

Pertanto il valore della ametropia corrisponde al netto delle lenti utilizzate dal momento in cui si inserisce il fattore di compensazione; se si usa la lente R (+1.50D) presente sul forottero basterà leggere l'ammontare delle lenti. Dopo aver neutralizzato un meridiano principale, la ghiera deve essere ruotata per far cambiare l'asse del fascio, è buona norma ruotare di 90° per osservare il meridiano opposto (nella pratica risulta utile l'osservazione sugli assi di 45°, 90°, 135° e 180°), se questo risulterà ancora neutralizzato con lo stesso ammontare delle lenti si è di fronte alla situazione indicante la presenza di un errore refrattivo di tipo sferico. A questo punto si può passare alla ricerca dell'immagine neutra per l'occhio sinistro, posizionandosi con le dovute attenzioni. Skeffington¹⁰ afferma che quando avviene lo spostamento dell'operatore per esaminare l'altro occhio sia necessario ricordarsi di togliere la lente compensatrice usata in precedenza, poiché il soggetto risulterebbe annebbiato a causa della lente positiva e l'attenzione nell'osservazione del target verrebbe a mancare, alterando l'attendibilità dei risultati. L'uso della lente di annebbiamento per soggetti giovani, può non indurre una disaccomodazione ma in alcuni casi anche *iperaccomodazione*, perciò uno sfuocamento superiore a 1.25-2.00D può essere causa d'errore⁵. Nei soggetti ipermetropici dopo aver effettuato la schiascopia in entrambi gli occhi e lasciato l'ammontare di lenti per la neutralizzazione, è utile ripetere la prima misurazione per evidenziare possibili alterazioni dovute all'accomodazione libera⁵.

1.6.6.2: Procedura per la quantificazione del valore astigmatico.

Naturalmente nel caso in cui ci sia astigmatismo, saranno presenti due piani focali disposti relativamente alla sua classificazione e forma; la posizione di piani di focalizzazione dipenderà dal potere dei due meridiani principali oculari (i meridiani con potere massimo e minimo). Ruolo fondamentale nella precisione della misurazione astigmatica è quello dell'allineamento della striscia emessa dal retinoscopio con la striscia riflessa dal fondo oculare: i due fasci luminosi devono essere paralleli. Se l'operatore inizia il suo esame con la striscia in verticale esplorando il meridiano orizzontale, è importante che il riflesso visto dal foro

pupillare sia diretto lungo l'asse verticale, così deve essere per ogni orientamento durante ogni esecuzione^{1,5,6}; per assicurarsi del corretto *allineamento* è utile il confronto dell'asse evidenziato dalla striscia luminosa dentro la pupilla (l'asse del riflesso) e quello visibile all'esterno della pupilla che incide sull'iride e le palpebre del soggetto (asse reale del fascio emesso).

Questo allineamento permette l'individuazione dei due meridiani principali, fondamentali per la precisione della misurazione.

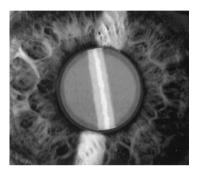


Figura 18: Rappresentazione della situazione in cui è necessario un allineamento. da Borish I.M., Clinical Refraction)

Per neutralizzare un occhio astigmatico è essenziale portare all'immagine neutra entrambi i meridiani, con lenti sferiche e ricavandosi la lente sferocilindrica, oppure per rapidità usando lenti sferiche e cilindriche. Il primo rivelamento della presenza di astigmatismo, qualunque sia la sua forma, avviene nel momento in cui si è già neutralizzato un meridiano e procedendo con la rotazione di 90° della striscia si osserva come l'immagine neutra venga a mancare (riportando un andamento concorde o discorde)¹. Il metodo di neutralizzazione più rapido si ha con l'uso del forottero che, come l'occhialino di prova, fornisce il vantaggio di poter controllare con esattezza l'asse della striscia emessa con l'uso della scala graduata, mettendo a disposizione sia lenti sferiche che cilindriche. La procedura inizia con la neutralizzazione di un meridiano alla volta (ovviamente in seguito a un possibile allineamento); il meridiano scelto da cui partire è di norma quello orizzontale (esplorazione con striscia verticale), neutralizzandolo con le lenti sferiche¹. Raggiunta l'immagine neutra sul primo meridiano, si ruota il fascio di esattamente 90° iniziando l'esplorazione del secondo meridiano; che in caso di astigmatismo produrrà un riflesso discorde oppure concorde. Se il movimento relativo osservato al secondo meridiano fosse discorde l'operatore dovrebbe anteporre una lente cilindrica di potere negativo (specchio piano), con asse parallelo all'asse formato dal fascio luminoso, sino a completa neutralizzazione. Se il movimento seguisse una direzione concorde la lente cilindrica da applicare sarebbe di potere positivo

(specchio piano), ma in alcuni casi non è disponibile. Mentre con l'uso delle lenti di prova e l'occhialino non si incorre a limitazioni, l'uso del forottero circoscrive la scelta delle lenti cilindriche avendo a disposizione solo lenti con cilindro negativo. La pratica con l'uso del forottero ci suggerisce che per risolvere il problema basta neutralizzare con lenti sferiche positive il meridiano che richiede una lente di cilindro positivo e in questo modo ritornando al meridiano neutralizzato in precedenza si troverà un riflesso discorde, permettendo all'operatore di poter inserire lenti cilindriche negative. Il risultato finale corrisponde a una immagine di completa illuminazione del fondo (immagine neutra) in qualunque direzione di osservazione.

Il calcolo della lente risultante e quindi dello stato refrattivo netto (l'ametropia presente) deve tener conto del fattore di compensazione utilizzato, che deve essere sottratto algebricamente; se l'esecuzione è stata con forottero o occhialino di prova basterà semplicemente rimuovere la lente compensatrice per avere il risultato netto della retinoscopia statica eseguita.

Lo schema riportato in basso riporta una scaletta da seguire per l'esecuzione della retinoscopia statica, riportando per ogni situazione il giusto utilizzo delle lenti per la neutralizzazione.

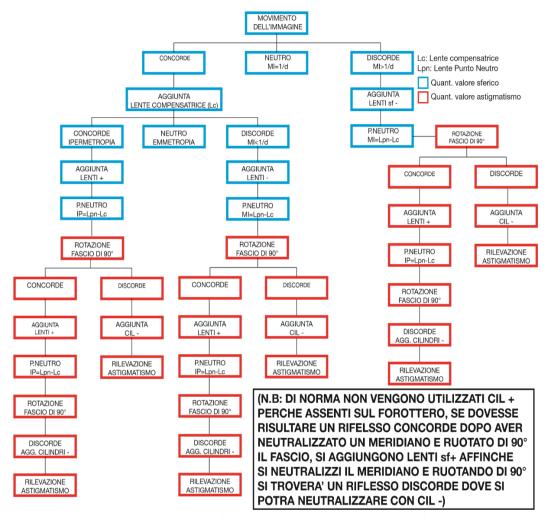


Figura 19: Schema per il raggiungimento della neutralizzazione. (immagine personale)

Nel caso in cui la schiascopia sia eseguita per la diagnosi ipermetropica è utile riverificare la neutralità del riflesso, lasciando nell'occhio dell'esaminato una lieve ipercorrezione positiva (+0.50 D) in modo da tener rilassata l'accomodazione quando viene eseguito l'esame per il secondo occhio, facendo attenzione a non causare perdita di attenzione. Al termine della schiascopia va rilevata l'acuità visiva corrispondente al netto dell'esame.

Per verificare se il punto neutro è stato raggiunto perfettamente, l'optometrista può semplicemente adottare la tecnica di "avanzamento e retrocessione". Questo metodo consiste nel spostarsi in avanti e indietro dalla posizione adottata per la neutralizzazione: questo fa sì che venga variata la vergenza dei raggi efferenti in

quella posizione e così anche l'immagine risultante⁵. Variare la distanza di osservazione equivale a variare il potere della lente anteposta. Se vi è un dubbio che non si sia raggiunta la neutralizzazione magari perché ancora inesperti, sarà necessario spostarsi e allontanarsi dall'esaminato: l'optometrista sarà sicuro quando allontanandosi vedrà un riflesso discorde e avvicinandosi un movimento concorde⁶. Se il dubbio persiste, è consigliato mantenere un lieve movimento concorde¹.

1.6.9: Ciò Che Il Soggetto Deve Sapere.

Il professionista deve fornire all'esaminato alcune nozioni sulla tecnica per evitare errori nello svolgimento⁶:

- Durante la pratica è essenziale che vengano tenuti entrambi gli occhi aperti
 e che vengano osservate le lettere in fondo alla stanza (target) anche se
 dovessero apparire sfuocate;
- Ai fini diagnostici è necessario non guardare direttamente la luce emessa dallo strumento:
- Avvisare se in qualche modo la visione delle lettere viene ostacolata.

1.6.10: Gli Aspetti da Valutare nel Riflesso.

Nella schiascopia il riflesso è l'immagine in cui risiedono le maggiori informazioni che rendono questa tecnica così particolare o poco sostituibile. Il riflesso durante l'esame di retinoscopia a distanza cambia nella forma e nell'aspetto, la conoscenza dei fattori che sono alla causa di tali cambiamenti possono velocizzare l'analisi oggettiva dello stato refrattivo e fornire informazioni sul sistema visivo attraversato dal fascio di luce. Anche se già in parte trattati, gli aspetti fondamentali che un optometrista deve saper differenziare sono essenzialmente sei⁹:

1) La Luminosità: si ha la massima luminanza del riflesso quando la maggior parte della luce che esce dal foro pupillare è focalizzata in corrispondenza dell'apertura del retinoscopio in cui guarda l'operatore; si può osservare un riflesso brillante e indica la posizione del punto neutro. Se siamo distanti dal punto neutro c'è una distanza elevata tra il diaframma dello strumento e il punto remoto, come nei casi di elevata ametropia. In questa situazione solo una piccola porzione di luce uscente dai fronti d'onda riesce ad attraversare lo strumento ed essere effettivamente percepita dall'occhio del professionista, il riflesso appare

così scuro, spento, pallido e debole. La luminosità del riflesso può essere migliorata aumentando l'intensità della luce emessa dallo schiascopio, diminuendo la distanza di lavoro, dilatando la pupilla del paziente oppure ingrandendo il diaframma sulla testa dello strumento. Si noterà un riflesso di maggior brillantezza in prossimità del punto neutro. Contrariamente la luminosità del riflesso appare diminuita nei casi in cui via siano opacità dei mezzi ottici e negli occhi con piccolo diametro pupillare dove diminuisce la quantità di luce che raggiunge il fondo oculare e nei soggetti che presentano una elevata pigmentazione dell'epitelio retinico, il quale riflette meno quantità della luce incidente che arriva dallo schiascopio⁹;

- 2) La direzione del movimento: la spiegazione più logica è stata fatta da Laurence e Wood¹³: la luce del riflesso originaria dal fondo retinico è focalizzata sul piano del punto remoto. L'esaminatore osserva il movimento della striscia luminosa confrontandolo con quello riflesso. Quando l'osservatore nota che la striscia è sul lato opposto del riflesso retinico significa che il punto remoto si trova tra il retinoscopio e l'occhio osservato, allora il meridiano è miope. Il percorso della striscia di luce sul fondo viene prodotto muovendo il retinoscopio e l'annesso specchio nella stessa direzione (spazzolamento), il movimento riflesso avviene nella direzione opposta; viene detto discorde. Quando il riflesso apparente si trova dallo stesso lato della striscia luminosa allora è detto concorde e sta a significare come il punto remoto si trova oltre l'occhio analizzato e lontano dallo strumento. Questo movimento indica la presenza di emmetropia o ipermetropia (se non viene anteposta nessuna lente di compensazione);
- 3) La velocità del movimento: un altro aspetto fondamentale è quello della velocità apparente del riflesso del fondo relativa al movimento angolare del fascio incidente; essa è legata al movimento angolare dell'apparente sorgente all'ingresso della pupilla, nonché al movimento angolare del riflesso retinico concentrato nel piano del punto remoto⁹. La velocità risultante percepita dall'esaminatore è indicatrice della vicinanza al punto neutro ed è dipendente anche dalla distanza di lavoro. Più l'immagine coniugata con la retina è vicina all'osservatore, maggiore appare la sua velocità, quindi sarà massima per l'immagine neutra^{1,9}.

- Rossetti⁵ afferma che nella pratica si tende a diminuire la velocità del movimento dello specchio quando ci avviciniamo al punto neutro, così rendendone più facile l'individuazione;
- 4) La larghezza del riflesso: la larghezza della striscia osservata sul fondo dipende delle ametropie dell'occhio e dal diametro pupillare. Avvicinandosi al punto neutro la striscia riflessa diventa sempre più larga¹ e con l'aggiunta di lenti correttive ne aumenterà anche la nitidezza⁵. In ametropie elevate la larghezza appare molto diminuita e a volte difficile da individuare⁰. La dimensione della pupilla determina la parte visibile del riflesso⁰. Ci sono situazioni dove la larghezza del riflesso è così ampia da coprire tutto il diametro pupillare o casi in cui la ampiezza del fascio emesso risulta tre volte il diametro pupillare, queste situazioni rendono molto difficile l'individuazione del tipo di movimento⁰. La larghezza risulta fondamentale per gli optometristi più esperti, con la quale in base all'esperienza riescono a ipotizzare l'ammontare della ametropia e inserire un valore di lenti adeguato e raggiungere la neutralità più rapidamente⁶;
- 5) La definizione del riflesso: la messa a fuoco della striscia luminosa sembra essere fuori fuoco quando ci si trovi lontani dal punto neutro; poiché il fondo all'inizio della diagnosi refrattiva è illuminato da un fascio fuori fuoco⁹. La definizione può essere migliorata focalizzando il fascio di luce incidente più vicino al fondo retinico con l'aggiunta di lenti oppure variando la distanza di osservazione (raggiungendo il punto neutro). Si può notare una maggiore definizione nei casi in cui sia presente ipermetropia con un movimento concorde, mentre nei casi di miopia vi è una differenza distribuzione di luminanza e un aspetto meno definito dei margini del riflesso^{5,9}. Il raggiungimento della neutralità coincide con un ottimale grado di definizione^{5,9}.
- 6) *Allineamento*: l'allineamento tra la striscia emessa e il riflesso del fondo oculare deve essere eseguito prima di ogni misurazione, se necessario. Un disallineamento, con la presenza di un riflesso lungo un asse obliquo e non parallelo al fascio incidente, si verifica nei casi in cui siano presenti ametropie astigmatiche. Con la retinoscopia si individuano i due piani di focalizzazione relativi ai meridiani principali, per questo motivo l'esaminatore deve allineare il fascio con la rotazione della ghiera per essere sicuro di esplorare con il suo *spazzolamento* uno dei due meridiani, per poi neutralizzarli uno per volta⁹.

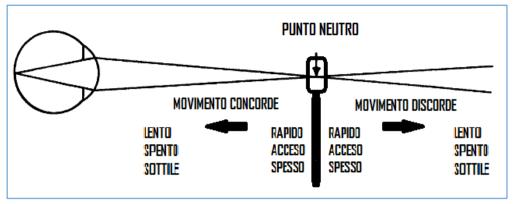


Figura 20: Rappresentazione grafica riassuntiva degli aspetti del riflesso retinoscopico in base alle posizioni di osservazione. (modificata da Corboy, John M, The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional)

1.6.11: Possibili Errori nella Schiascopia a distanza.

Sebbene i principi della retinoscopia possano essere descritti in termini semplicemente ottici e l'esecuzione della tecnica appare non difficoltosa, l'optometrista deve essere a conoscenza delle possibili fonti di errore per evitarle.

Data una pupilla di media dimensione e condizione refrattiva non irregolare, la sensibilità dei risultati è superiore alle 0.50 D in entrambi i meridiani e una precisione nell'individuazione dell'asse di un astigmatismo, per poteri di almeno 1.00 D, che sottostà ai 15°. Con l'accomodazione rilassata nel sistema oculare è presente aberrazione sferica positiva dove il potere aumenta dalla regione parassiale a quella esterna⁹. Inoltre quando il diametro pupillare è dilatato, come avviene con l'uso di farmaci midriatici, l'aberrazione sferica diventa più marcata⁹. In queste condizioni il riflesso mostra contemporaneamente un movimento diverso tra quello al centro e quello in periferia; per registrare un risultato corretto l'esaminatore deve osservare solo il movimento visto nella parte centrale del foro pupillare, ignorando quello presente in periferia^{7,9}.

Nei passaggi seguenti vengono descritte le più comuni situazioni di errore durante l'esecuzione della Schiascopia:

• *Riflesso a forbice*: Il riflesso con movimento a forbice è una figura osservabile quando il soggetto è in midriasi, sembra che il riflesso sia "scisso", cioè che si muova simultaneamente dal centro alla periferia lungo due direzioni opposte⁹. Se la causa è la midriasi⁵, può essere risolvibile con l'anteposizione di un diaframma che riduce l'aberrazione sferica e permette di valutare meglio la porzione centrale. L'esistenza di un tipo di riflesso a

forbice può essere causata dalla presenza di anomalie della cornea come il cheratocono¹⁵, astigmatismi irregolari⁹ o da aberrazione sferica e coma⁹; ciò riduce la precisione della schiascopia e di altri metodi oggettivi per la valutazione refrattiva:

- *Il disallineamento:* Se l'esecuzione della schiascopia non avviene lungo l'asse visivo e quindi valutando una focalizzazione prossima all'area maculare, l'esaminatore valuta una focalizzazione eccentrica⁵. In tal caso se il disallineamento supera i 5° dall'asse visivo, vi si presenta un astigmatismo obliquo indotto⁹. Un'inclinazione di 10° produce un errore astigmatico di 0.50 D⁴.
- Il falso neutro: La falsa immagine neutra è creata quando fascio incidente è focalizzato sul piano di entrata pupillare. Si può notare nel caso in cui l'iride appaia ben a fuoco, quindi approssimativamente il fuoco si trova sull'entrata pupillare. Il riflesso visto nel diametro pupillare appare senza movimento e omogeneamente luminoso tanto da essere confuso con il punto neutro. Di solito la causa sta nel cambiamento di vergenza del fascio incidente; ma comunque questo tipo di immagine crea una retroilluminazione utile per il controllo delle opacità di cornea e cristallino con l'uso del retinoscopio.
- Errore nella distanza di lavoro: Nella pratica è un errore molto comune quello di lavorare a una distanza imprecisa o scorretta ma soprattutto diversa a quella considerata per la lente compensatrice. Questo accade facilmente se la schiascopia è eseguita a bambini o soggetti con pupille piccole, perché l'optometrista tende ad avvicinarsi senza rendersene conto⁹. L'errore influenza il risultato sferico e astigmatico, può causare anche uno squilibrio dei risultati fra i due occhi se per ogni occhio si è lavorato a una distanza diversa. Importante per la precisione nella tecnica è che l'esaminatore controlli più volte durante il test la distanza di esecuzione.
- *Riflessione della luce sulla superficie retinica:* Nel 1978 Millodot e O'Leary¹⁶ effettuarono un attento studio riguardante le differenze tra i risultati ottenuti con la schiascopia e quelli ottenuti con l'esame refrattivo soggettivo; dagli studi emerse una relazione tra età e risultati refrattivi. Nei

soggetti giovani la condizione refrattiva risulterebbe più positiva rispetto alle tecniche soggettive e per i soggetti anziani invece si otterrebbero risultati addirittura più negativi. La loro discussione sui fattori che potessero influenzare tale osservazione fu posta su diversi concetti, ma quello che più potesse spiegare la discrepanza di risultati al variare dell'età fu quello su sull'origine del riflesso. Gli autori pensarono che nella retinoscopia l'immagine riflessa dovrebbe coincidere con lo strato dei fotorecettori retinici. Ipoteticamente, se la riflessione avvenisse su uno strato posto anteriormente allora si otterrebbe un risultato più positivo dell'esame soggettivo, d'altro canto se avvenisse posteriormente si otterrebbe un risultato meno positivo. Millodot e O'Leary¹⁶ giustificano la supposizione affermando che le due strutture coinvolte nella riflessione sono la membrana limitante interna e la membrana di Bruch. Viene sostenuto che nei giovani il riflesso provenga maggiormente dalla superficie più interna ai fotorecettori, spiegando i risultati eccessivamente positivi. Nelle persone più anziane invece il riflesso sembrerebbe provenire dalla membrana, più esterna, di Bruch. Una successiva evidenza che avvalorasse questa tesi fu trovata nella brillantezza notata durante le retinoscopie, cioè che nei soggetti giovani il riflesso appare molto brillante, come se ci fosse una superficie anteriore ai vasi retinici tale da riflettere la maggior parte della luce; negli anziani non è riscontrabile tale brillantezza⁴. Per questo motivo l'operatore può fare le dovute valutazioni sui risultati ottenuti in soggetti giovani o anziani, essendo cosciente del possibile errore presente.

1.6.12: Punto di Partenza per L'analisi Soggettiva.

Nonostante i possibili errori, la retinoscopia a distanza offre un metodo oggettivo per una buona stima della condizione rifrattiva, soprattutto se poi viene eseguita un soggettivo accurato, inserito in un'analisi visiva completa. Con la retinoscopia le relative ametropie sono individuate senza bisogno di input da parte del soggetto esaminato; con una refrazione soggettiva, invece, per arrivare al risultato finale i giudizi del soggetto sono la "chiave" per ogni passaggio successivo. Le risposte date dal soggetto durante un test soggettivo sono influenzate da ben più fattori che la sola ametropia, questo aspetto rende i risultati in alcuni casi molto variabili⁹. I dati raccolti in retinoscopia e quelli con la refrazione soggettiva spesso non corrispondono ma sono comunque strettamente correlati¹⁷. Quando si prova una

correzione trovata in schiascopia, il soggetto esprime il suo giudizio a riguardo in base alla situazione visiva in cui si trovava precedentemente. Le lenti producono una diversa grandezza dell'immagine o una distorsione tale che il soggetto a volte non riesca definire un'immagine "chiara". Per questo motivo, un soggetto che non ha mai portato nessuna correzione, tenderà forse a scegliere una correzione meno forte di quella trovata in retinoscopia perché la sua percezione spaziale appare alterata dall'uso dell'occhiale con correzione "completa", interpretando come una visione "sfocata" quella che in verità risulta ben dettagliata.

In poche parole, quando un soggetto dice di "vederci bene" non possiamo fare alcuna assunzione specifica alla posizione della riflessione dell'immagine sul fondo; quindi non è appropriato mettere a confronto i risultati ottenuti con l'uso del retinoscopio e quelli con metodi soggettivi perché i due metodi non misurano la stessa cosa: sarebbe errato esprimere giudizi di "giusto" o "sbagliato" 9. La retinoscopia fornisce un dato prezioso da raffinare con l'analisi soggettiva poiché la visione nella vita di tutti i giorni è relativa a parametri soggettivi estremamente individuali. Nonostante le precedenti osservazioni, sembra ci sia un errore sistematico nei dati ottenuti schiascopicamente, un "bias" ipermetropico da +0.25 D a +0.50 D comparato con i dati soggettivi in soggetti giovani⁹. Tra le cause vi è la posizione fisica del piano in cui si riflette il fascio incidente, la differenza spettrale nelle componenti del fondo oculare e l'illuminazione ambientale, oppure relativi errori di distanza e fattore di compensazione⁹. La bravura dell'esaminatore a non incorrere in errori e nella valutazione del riflesso incide in maniera significativa sui risultati¹⁸. Il bias positivo, trovato in ragazzi giovani di 10 anni, sembra ridursi col passare del tempo divenendo addirittura negativo all'età di 65 anni, come riportato negli studi di Millodot¹⁶ e Wood¹⁹. Il professionista esperto in retinoscopia, può diminuire questo "errore" aumentando la distanza di lavoro senza cambiare la lente di compensazione; in modo da diminuire il bias ipermetropico (positivo) nella sua cerchia di soggetti esaminati e ottenere risultati più vicini a quelli che otterrà continuando l'analisi con test soggettivi⁹. La ripetibilità del test aumenta con l'esperienza e questo è confermato dagli studi di Freeman e Hodd¹⁷ che attestano che un esaminatore con molta esperienza raggiunge una ripetibilità nelle misurazioni di ± 0.25 D per entrambi i meridiani. La "maggior parte" degli operatori dovrebbe raggiungere almeno un grado di ripetibilità di ± 0.50 D^{9,20}. Con questi dati la retinoscopia a distanza sembra non essere una precisa tecnica di valutazione, ma solo in casi specifici rappresenta un risultato di refrazione finale, se possibile dovrebbe essere scelto come miglior punto di partenza²¹.

CAPITOLO 2: RETINOSCOPIA DINAMICA E ASPETTI COGNITIVI.

Quando dall'*anamnesi* emerge una disfunzione visiva che si manifesta con disturbi nello spazio visivo prossimale del soggetto, l'optometrista può sfruttare i principi della retinoscopia precedentemente descritti, direttamente nell'area in cui risiede il problema. Esistono molteplici tecniche, sviluppate nel corso degli anni, che sfruttano i principi retinoscopici per l'esecuzione della schiascopia facendo osservare una mira a distanza ravvicinata al soggetto.

Queste tecniche forniscono molte informazioni di varia natura e il riflesso retinico, da protagonista in ogni tecnica, "racconta" con la sua transitorietà, lo stato dinamico di un intero sistema visivo; fornendo un risultato oggettivo non ottenibile con altre tecniche d'esame. Per questo motivo, i prossimi capitoli riporteranno alcuni metodi che dovrebbero essere presenti nella routine clinica di ogni optometrista, per poter "leggere" istantaneamente e oggettivamente, i risultati prodotti dalla reazione personale del soggetto, come somma finale di diversi fattori.

2.1: Lo sviluppo delle tecniche dinamiche.

Dalle prime osservazioni retinoscopiche le tecniche cliniche si sono perfezionate e moltiplicate tanto da scoprire che l'uso del retinoscopio per il solo uso di indagine refrattiva sia solo uno dei tanti aspetti utili che caratterizzano questo strumento insostituibile²².

La schiascopia cosiddetta "dinamica", è chiamata in questi termini per il suo essere l'opposto della retinoscopia "statica". Come si può già immaginare, la differenza principale sta nella posizione del target: nella retinoscopia a distanza (statica) il soggetto fissa una mira posta a lunga distanza auspicando a un livello accomodativo stazionario e minimo, mentre nella retinoscopia dinamica il target è posto a distanza ravvicinata. Ne risulta che nella seconda l'accomodazione sia stimolata dalla vicinanza e la natura della mira, rendendo così il sistema visivo effettivamente dinamico.

Conservando i principi base della retinoscopia, la tecnica dinamica, si effettua facendo osservare un target a distanza ridotta corrispondente alla distanza di lavoro dell'optometrista; in questa situazione la *lente di compensazione* non è più necessaria. Con questo metodo, l'operatore può ricevere indicazioni sul piano di

coniugazione del riflesso proveniente dal fondo, valutando istante per istante l'effettivo ruolo dell'accomodazione nel sistema ottico. Il principio è lo stesso usato nella retinoscopia a distanza: se l'immagine vista è quella neutra allora il punto focale corrisponde alla posizione di osservazione e quindi del target stesso, se il movimento risulta discorde il punto di messa a fuoco si trova tra mira e occhio esaminato; il movimento concorde indica una posizione del fuoco su di un piano più lontano dallo stimolo, dietro l'osservatore. Da questo principio nasce l'idea del *Lag Accomodativo* e fisiologico, espresso come la differenza diottrica tra la distanza dello stimolo accomodativo e la risposta accomodativa effettivamente esercitata²³.

L'introduzione della procedura, sia teorica che pratica, della retinoscopia dinamica per lo stato refrattivo prossimale fu attribuita a Cross con i suoi studi pubblicati nei primi del 1900²³. Successivamente autori come Sheard, Nott, Tait, Getman e molti altri, in base alle loro idee svilupparono nuovi metodi e relative interpretazioni sui risultati. Agli inizi del 900' vari operatori utilizzarono questo tipo di indagine per la determinazione dell'ampiezza accomodativa dove fosse impossibile ricevere la collaborazione da parte dell'esaminato²⁴. Nella metà del secolo scorso ci furono numerosi studi sull'uso dinamico del retinoscopio, quelli di Gesell¹¹, che fu il primo con i sui collaboratori a descrivere la "Book retinoscopy"; Henry nel 1959 introdusse la Bell retinscopy e Haynes sviluppò la tecnica detta "MEM retinoscopy"^{7,22}; Kraskin, analizzando un'idea di Harmon, si specializzò in una tecnica denominata "Stress-point retinoscopy"^{7,25}. Come riportato da Borish⁹, le retinoscopie dinamiche che sono più usate sono quelle che vanno sotto il nome di MEM, Nott e Bell retinoscopy.

La tecnica iniziale fu quella proposta da Cross: assumeva che lo stimolo accomodativo producesse una risposta pari a quella necessaria, calcolata in base all'inverso della distanza; un target situato a 40 cm avrebbe prodotto un stimolo pari 2.50 D di accomodazione²³. La "Cross retinoscopy" dava per scontato che anche la convergenza fosse fissa alla distanza del target e l'accomodazione non sarebbe dovuta essere da meno²². Cross sviluppò la tecnica partendo dalle lenti finali della retinoscopia a distanza, osservando un riflesso inizialmente concorde e poi neutralizzandolo con l'anteposizione di lenti positive fino al punto di neutro o se non fosse possibile, fino al movimento discorde²³. Sheard dimostrò la presenza di un apparente "lag accomodativo" compreso tra 0.50 D e 0.75 D²²; fu la prima volta che venne riscontrato clinicamente una localizzazione più lontana dell'accomodazione rispetto al target fissato²². Il soggetto per ogni distanza di

fissazione avrebbe così accettato un certo ammontare di lenti positive (quelle che avrebbero neutralizzato il riflesso). Nonostante le interessanti osservazioni, all'epoca il concetto di *lag* non era ancora stato compreso, infatti ogni valore superiore al teorico lag, veniva considerato come ipermetropia latente, anomalia accomodativa oppure una necessità relativa alla presbiopia²².

Tait con i suoi studi su di una vasta popolazione, riscontrò un valore medio di *lag* accomodativo pari a 1.12 D²⁶. Sheard effettuò lo studio solo su partecipanti di un'età compresa tra 20 e 25 anni, riscontrando un valore medio di 0.75 D^{22,28}.

Il metodo proposto da Nott, molto utilizzato ancora nei nostri giorni, prevede che la neutralizzazione, anziché con lenti positive, sia eseguita mediante gli spostamenti di allontanamento o avvicinamento dell'operatore dal punto di fissazione; l'inverso della distanza tra mira e retinoscopio è pari al valore di *lag* (o "*lead*") espresso in diottrie²².

Col passare di alcuni anni, nel 1930 si ipotizzò che il target dovesse contenere lettere sufficientemente grandi affinché l'accomodazione fosse libera di muoversi rispetto alla convergenza²². Fry nel 1945 dimostrò come i risultati non fossero soggetti al cambiamento con il variare della grandezza delle lettere e dagli studi di Hodd emerse soltanto una differenza di un quarto di diottria²².

Per realizzare confronti tra le tecniche descritte in letteratura, bisogna porre attenzione al metodo di raggiungimento del punto neutro adottata da ogni autore, da cui ne deriva il valore finale di *lag*. L'immagine neutra riscontrata con le retinoscopie dinamiche, non corrisponde sempre a un unico valore, ma costituisce un *range* di lenti che causano tutte la neutralizzazione del riflesso. Per ogni intervallo si può evidenziare⁷: un valore estremo "più positivo" corrispondente al "punto neutro superiore"; un valore estremo "meno positivo o più negativo" che viene denominato come "punto neutro inferiore".

Entrambi gli estremi di questo intervallo possono essere raggiunti da due direzioni differenti: aggiungendo lenti positive quindi provenendo dal "lato inferiore" oppure rimuovendo lenti positive quindi l'avvicinamento al neutro avviene dal "lato superiore". Queste modalità di neutralizzazione sono facilmente eseguibili con l'uso del forottero⁷.

Fu Tait²⁶ nel 1928, a scoprire come il punto di partenza (aggiungendo positivo oppure sottraendolo da una condizione di miopizzazione) potesse influire sul risultato del *lag*. Pascal definì i termini di punto neutro "inferiore" e "superiore"²².

Per esempio autori come Sheard e Nott, considerarono il lag ottenuto tramite il *punto neutro inferiore*, mentre Tait²⁶ e Bestor lo ottennero valutando il *punto neutro superiore*²². Per questo motivo esistono cronologicamente diverse tecniche di retinoscopia dinamica con differenze metodologiche più o meno significative.

La tecnica di Sheard²⁸, studiata nel 1920, proponeva come punto di partenza la lente trovata con la retinoscopia detta "statica", misurando con l'anteposizione di lenti il *punto neutro inferiore*. Per identificare la correzione possibile per la visione prossimale, si sottraeva un *lag fisiologico* al valore riscontrato, pari a 0.50 D per distanze di osservazione di 40 cm e rispettivamente di 0.75 D per 33 cm. Sheard contestava la necessità di raggiungere il punto neutro superiore poiché ritenuto equiparabile a una misurazione oggettiva dell'accomodazione relativa negativa⁵.

La metodologia utilizzata da Tait²⁶ nel 1928, si differenziava da quella precedente di Sheard. La mira e quindi lo strumento erano posti alla distanza fissa di 33 cm, anteponendo al soggetto una lente positiva di valore arbitrario tanto da creare un movimento discorde ottenendo una voluta *miopizzazione*. La neutralizzazione avveniva quindi sottraendo positivo, raggiungendo un valore superiore di 0.25 D al neutro superiore e poi retrocedendo. Quando l'età del soggetto era sotto la soglia di 40 anni, veniva sottratto un valore prefissato di 1.50 D dal lag ottenuto. Il valore risultante veniva utilizzato successivamente per la determinazione delle forie. La prescrizione della lente per vicino avveniva sottraendo al punto neutro superiore un valore indicato in alcune tabelle di riferimento²².

Nott basandosi sui principi proposti da Sheard, sviluppò una metodologia senza l'uso di lenti oftalmiche. Il punto di osservazione iniziale fu posto 10 cm dietro il target (retinoscopio situato a 50 cm dall'esaminato) per poter evitare di dover tener conto del lag accomodativo fisiologico⁵ (0.50D). In questa situazione la prima immagine che l'operatore avrebbe dovuto vedere è quella del neutro, se così non fosse l'operatore si sarebbe spostato in avanti o indietro a seconda del movimento del riflesso retinico.

Dalle osservazioni fatte si desume che lo sviluppo della tecnica sia iniziato con l'attenzione rivolta all'accomodazione del soggetto, evidenziando fin da subito come essa non fosse attiva tanto quanto ci si aspettasse. Le retinoscopie dinamiche forniscono all'optometrista soprattutto un metodo di indagine obiettivo sul comportamento dell'accomodazione del soggetto.

2.2: L'utilizzo delle retinoscopie dinamiche.

Nella valutazione clinica dei disturbi legati alla visione, molti risultati si basano sulle risposte soggettive derivanti dalla collaborazione attiva dell'esaminato. L'indagine su alcuni aspetti particolari di interesse clinico che non possono essere valutati in modo soggettivo, rende necessario l'utilizzo di metodi che rendano più precisi e affidabili i risultati, si parla di metodi oggettivi.

Quando è stata compresa l'importanza dell'incidenza di disfunzioni visive correlate all'accomodazione nei soggetti giovani9, si è subito cercato di valutare in modo accurato componenti come l'ampiezza, la flessibilità e lo stato di risposta a stimoli di varie distanze. Mentre l'ampiezza e la flessibilità, la maggior parte delle volte sono valutate soggettivamente, la risposta accomodativa per una certa distanza necessita di una valutazione oggettiva a tutte le età²². Il soggetto che ha disfunzioni accomodative: dall'eccesso all'insufficienza, oppure inefficienze nella velocità di risposta o accusa stress tali da non riuscire a usare correttamente l'accomodazione nel suo sistema visivo, rappresenta un soggetto con un deficit visivo⁷. Ci sono casi in cui il soggetto è consapevole del suo deficit presentando lui stesso all'optometrista le difficoltà riscontrate; d'altro canto vi sono persone che non sono a conoscenza e non sospettano il loro problema, forse perché il compito visivo cui sono sottoposti abitualmente non è sufficiente a far emergere loro la difficoltà, oppure si sono adattati al problema⁷. Se l'optometrista con i dovuti test, riscontra in tempo delle risposte non adeguate, può intervenire preventivamente, evitando così quegli adattamenti visivi sbagliati o situazioni di stress per il suo esaminato. Individuare un potenziale problema e prevenirne la comparsa è l'obiettivo cui tutti i professionisti dovrebbero tendere⁷.

Le tecniche dinamiche dell'uso dello schiascopio sono clinicamente efficaci per la valutazione dello stato accomodativo e dagli studi effettuati da Owens, insieme a Mohindra e Held²⁹, è emerso che il fascio prodotto dallo strumento non interferisce con l'accomodazione; non condizionando i risultati dei test. Analizzare quindi la risposta dell'accomodazione utilizzando il retinoscopio, permette di evidenziare deficit accomodativi o problemi nel rapporto accomodazione-convergenza²².

Con la retinoscopia dinamica l'optometrista è in grado di provare la sensazione di esplorare la fisiologia dell'individuo⁷. Come l'oftalmoscopio permette un'investigazione "in vivo", osservando direttamente il tessuto vascolare e nervoso, così il retinoscopio permette di eseguire una diretta osservazione del sistema nervoso autonomo e le sue relazioni con gli altri sistemi nervosi⁷.

L'esperienza e la ricerca di molti autori hanno portato all'uso delle retinoscopie dinamiche per diverse situazioni cliniche²²:

- Nell'analisi visiva secondo l'OEP;
- Per lo screening refrattivo in età prescolare;
- Nello screening per l'ambliopia negli infanti;
- Per rilevare l'ampiezza accomodativa in occhi ambliopi;
- Indagini cliniche con bambini aventi danni cerebrali;
- Per la valutazione dello stato accomodativo nella sindrome di Down;
- Valutazioni successive alla cheratoplastica;
- Valutazioni in sede operatoria per la determinazione della lente intraocualare;
- Per determinare al meglio una prescrizione prossimale (book retinoscopy e stress-point retinoscopy);
- Per valutare l'accomodazione tonica;
- Per determinare lo stato refrattivo in infanti, evitando l'uso di cicloplegici.

Le esperienze cliniche sopra elencate sono state eseguite utilizzando tecniche di retinoscopia differenti, per poter venir meglio allo scopo prefissato. Nella pratica optometrica esistono casi in cui la valutazione dello stato accomodativo risulta fondamentale per l'optometrista:

- Misurazione oggettiva dell'ampiezza accomodativa: Wright afferma che anche in un numero relativamente elevato di persone giovani è riscontrabile un valore non adeguato di ampiezza accomodativa²². Hofstetter identificò la correlazione tra età e ampiezza²²;
- *Diversità del rendimento tra i due occhi e/o anisometropia*: nei casi in cui l'*anisometropia* superi le due diottrie e sia associata a presbiopia, è possibile che ci sia necessità di due diverse addizioni per il vicino. Osservando l'ampiezza de riflesso nei due occhi si potrà determinare il potere diottrico di prescrizione²²;
- Casi di deviazione oculare nella visione prossimale: una deviazione nel vicino, ha come causa una disfunzione delle vergenze o dell'accomodazione, oppure da una combinazione di entrambe. Le correlazioni tra eccesso accomodativo e tendenza esoforica, sono state dimostrate da diversi studi tra cui quello di Dagi³⁰ e Jampolsky³¹. La procedura meno invasiva per l'indagine in questi casi è la MEM retinoscopy, la quale permette di valutare il livello e la quantità di sovra-accomodazione

esercitati dal soggetto²². Altri autori come Heynes²², Van Norden, Brown e Parks³², associarono l'insufficienza accomodativa a una tendenza exoforica; usando la tecnica MEM con lenti positive è possibile determinare il livello di quantità di sotto-accomodazione²². Tuttavia in casi di exoforia da vicino, si può presentare uno stato di sovra-accomodazione per compensare la foria funzionale²². Analogamente una riduzione dell'attività accomodativa (sotto-accomodazione) può presentarsi in caso di alta esoforia da vicino.

• Ridotta flessibilità accomodativa o inerzia accomodativa: in alcuni soggetti l'ampiezza accomodativa risulta appropriata all'età, ma la facilità di accomodazione si presenta comunque ridotta³³. La "MEM retinoscopy" consente di valutare oggettivamente la flessibilità accomodativa, osservando l'ampiezza del riflesso e valutare se l'esaminato vede in modo nitido il target²².

L'esperienza maturata durante le consistenti ricerche presenti in letteratura, rendono oggi queste metodologie d'uso della retinoscopia, degli attendibili test per la misurazione della funzione accomodativa. Le informazioni fornite dalle tecniche dinamiche sono di vario genere e non ottenibili con altri strumenti in circolazione; ogni tecnica proposta ha lo scopo di evidenziare particolari aspetti e inefficienze nel sistema visivo; alcune hanno avuto più successo di altre, ma tra le più studiate ci sono:

- Retinoscopia dinamica dell'analisi visiva, test #5;
- Cross Retinoscopy;
- Nott Retinoscopy;
- *MEM Retinoscopy*;
- Book Retinoscopy;
- Bell Retinoscopy;
- Stress-point Retinoscopy;
- Dark-Focus Retinoscopy;
- Chromoretinoscopy;
- Photoretinoscopy.

Alcune di queste trovano il loro campo di utilizzo solo in casi specifici; come la *Chromoretinoscopy* che richiede l'uso di filtri specifici in modo da poter valutare l'attività accomodativa rispetto all'aberrazione cromatica presente⁵.

La scelta della metodologia d'indagine non dovrebbe essere fatta a priori, ma l'optometrista dovrebbe orientare la sua analisi in base alla situazione esaminata e ai sintomi evidenziati dal soggetto.

Nelle pagine seguenti l'attenzione sarà rivolta a due tecniche in particolare, la *Book Retinoscopy* e la *Stress-Point Retinoscopy*.

2.3: I processi cognitivi.

2.3.1: Lo sviluppo dei concetti cognitivistici.

Gli animali, compreso l'essere umano, funzionano a vari *livelli*; al livello più basso sono presenti alcuni sistemi all'interno del cervello, capaci di soddisfare il funzionamento fisiologico dell'individuo. La necessità di acqua e cibo, di aria e del sonno, sono alcune funzioni della parte inferiore del cervello. I *processi cognitivi* invece, fanno parte di quelle funzioni aventi il sistema di controllo nei centri superiori della corteccia cerebrale. Ciò che distingue l'essere umano dagli altri animali è proprio la sovrapposizione e lo sviluppo di questa funzione corticale, che completa le funzioni corticali inferiori³³. L'argomentazione complessa di questi processi, presuppone con il termine "*cognitivo*", che si parli di processi consci piuttosto che inconsci, sebbene ci sia anche una sovrapposizione tra le due³³.

L'interesse per questo settore si è sviluppato maggiormente nella seconda metà del 1900³⁴, con l'apparizione sulla scena della psicologia di un orientamento chiamato *cognitivismo*. Il *cognitivismo* ha rappresentato un nuovo modo di studiare la mente; la crescita di questo orientamento è dovuta all'apporto di discipline differenti tra loro come la cibernetica, la filosofia e la logica, la scienza del computer, la biologia e le discipline neurologiche³⁴. L'importanza dello studio degli aspetti cognitivi si è manifestata con la pubblicazione di un libro risultato fondamentale nelle ricerche, "Psicologia Cognitivista" scritto da Ulric Neisser^{33,34}. Il libro rappresenta un manifesto in cui sono descritti i paradigmi necessari per la ricerca e gli obiettivi della "nuova psicologia"³⁴.

Neisser descrive questa disciplina come lo studio di quei processi grazie ai quali un *input* sensoriale proveniente dall'esterno viene trasformato, ridotto, immagazzinato e infine, recuperato e usato. Lo studio dei processi cognitivi rappresenterebbe lo

studio di quei processi che sottostanno alle abilità individuali manifestate nel percepire, comprendere e ricordare esperienze passate, nella comunicazione e risolvere problemi; quindi lo studio dell'inconscio cognitivo, di quei processi mentali non osservabili direttamente dalle risposte comportamentali specifiche. Le definizioni proposte negli anni possono risultare poco sufficienti, ma una definizione abbastanza precisa per descrivere questa psicologia cognitiva potrebbe essere quella che focalizza l'interesse sulla comprensione delle modalità attuate dalla mente umana per elaborare le informazioni, come queste informazioni vengono acquisite e i meccanismi che consentono di darne un senso e di utilizzarle adeguatamente³⁴.

Le tappe storiche che hanno portato alla nascita della visione *cognitivista* sono le correnti che partono dallo *Strutturalismo*: approccio avente come oggetto di studio la struttura della mente, utilizzando il metodo dell'introspezione personale con la verbalizzazione delle sensazioni; i metodi impiegati furono i limiti di questi studi³⁴. Il funzionalismo nato negli Stati Uniti per opera di William James e John Dewey, sosteneva che i processi mentali come il comportamento umano, fossero frutto di un adattamento dell'organismo all'ambiente; questo pensiero si avvaleva della teoria evoluzionistica di Darwin proponendo che i processi mentali avessero un ruolo fondamentale per la sopravvivenza dell'individuo³⁴. Il legame proposto tra ambiente e comportamento mentale, portò alla nascita del comportamentismo. I primi comportamentisti, tra cui Watson e Thorndike, affermarono subito la poca scientificità del metodo introspettivo³³, spostando quindi l'attenzione su quei comportamenti osservabili e incentivando il solo studio degli stimoli che producono risposte osservabili³⁴. Watson nel 1913, afferma che la psicologia per diventare una disciplina sperimentale, deve concentrare i propri studi su di un oggetto che possa essere osservato in maniera "intersoggettiva" da tutti gli studiosi interessati. L'oggetto sarebbe dovuto essere il comportamento inteso come l'insieme delle risposte muscolari e ghiandolari di un individuo³⁵.

Contemporaneamente al comportamentismo americano, in Europa si sviluppò la psicologia della *Gestalt* il cui principio fondamentale riteneva che ciò che conta è la totalità di un fenomeno e non le singole parti di cui esso è composto^{33,34}.

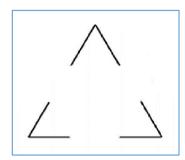


Figura 21: Disegno rappresentante la filosofia della Gestal. Guardando queste forme tracciate nel disegno non vediamo angoli acuti, ma un unico grande triangolo. (da Nicoletti R, Rumiati R, I processi cognitivi.)

I gestaltisti credono che la percezione dipenda solo da ciò che appare durante l'osservazione, non riconoscendo alcuna importanza dell'esperienza passata. In seguito a questa corrente, gli psicologi che non si riconoscevano più nel comportamentismo aprirono le porte ai pensieri cognitivisti, in cui l'oggetto si sposta dal comportamento ai "processi cognitivi".

Neisser, considerato il fondatore di questa psicologia afferma³⁴:

«Tutto quello che sappiamo della realtà è stato mediato non solo dagli organi di senso, ma da sistemi complessi che interpretano continuamente l'informazione fornita dai sensi» (Neisser 1967).

I processi cognitivi non possono essere quindi "visti", ma sono strumenti complessi la cui funzione può essere comunque "dedotta"³⁴. I cognitivisti durante i loro studi, approfondirono il paradigma dei tempi di reazione a uno stimolo; l'idea era quella che più fosse grande il tempo di risposta motoria dopo la presentazione di uno stimolo, più complessi o numerosi allora fossero i processi cognitivi necessari per l'elaborazione effettuata dall'organismo. Di importanza storica furono le esigenze della tecnologia militare nella seconda guerra mondiale, in cui si cominciò a analizzare l'interazione tra i soldati e le interfacce belliche con le quali dovevano operare affinché fossero più intuitive; si mise in primo piano il problema del "fattore umano", analizzando problemi relativi alla qualità delle prestazioni sotto le influenze della paura, la stanchezza e l'attenzione^{33,34}.

Negli ultimi anni la psicologia cognitiva ha aperto gli orizzonti alla *scienza cognitiva*, la *neuropsicologia* e le *neuroscienze cognitive*; concentrando i propri studi su modelli comportamentali e analisi di pazienti con danni cerebrali³⁴. Le moderne tecniche di bioimmagine come la tomografia a emissione di positroni (PET) e la risonanza magnetica funzionale (fMRI) hanno permesso di effettuare passi significativi sull'architettura delle aree cerebrali coinvolte nelle elaborazioni cognitive³⁴.

2.3.2: Sensazione e percezione.

Quando nell'ambiente avviene un qualsiasi cambiamento, come la comparsa di un oggetto, un cambiamento di luminosità o la presentazione di un suono, i nostri organi sensoriali registrano i nuovi stimoli, trasmettendo le informazioni al cervello³⁴. I sistemi sensoriali sono però specifici per alcune forme di energie fisiche (intensità, frequenza, lunghezza d'onda ecc.), ciò rappresenta un limite per ogni organo sensoriale; per cui ci saranno stimoli ambientali che non potranno essere percepiti: per esempio come gli ultrasuoni o le onde elettromagnetiche. Il sistema visivo per esempio è sensibile all'energia luminosa, quella proveniente dalla riflessione su di un oggetto sotto forma di energia elettromagnetica; quindi i diversi sistemi sensoriali devono convertire la forma di energia raccolta in impulsi nervosi, che rappresentano "l'unico linguaggio" che il cervello può comprendere³⁴. Il processo nel quale i diversi tipi di energia fisica vengono tradotti in segnali nervosi è chiamato trasduzione; con questo processo nasce la sensazione del cambiamento ambientale cui si assiste³³.

La *percezione* si può definire come l'elaborazione dei dati ricavati dalle sensazioni convogliate dai sistemi sensoriali; riferendosi alla "interpretazione personale" di questi dati provenienti dall'ambiente e che permette a ognuno di trarne significato³³. Gregory nel 1996 afferma che "la percezione non è determinata semplicemente dagli stimoli, ma è piuttosto una ricerca dinamica dell'interpretazione migliore dei dati disponibili"³³.

I processi che sottostanno alle fasi di elaborazione permettono di far emergere gli oggetti in modo "strutturato". Per spiegare questo fenomeno si ricorre all'esempio della "penna": per poter riconoscere una penna stilografica nera e definirla tale, è necessario che intervengano dei processi in grado di strutturare le singole caratteristiche dell'oggetto (piccola, leggera, liscia, appuntita all'estremità e superficie liscia o dura), per confrontarle con delle informazioni mnestiche raccolte

nel "sistema di memoria" relative alla stessa penna o simili, riconoscendo infine l'oggetto³⁴. La *percezione visiva* rappresenta l'insieme dei processi visivi primari che elaborano le sensazioni fornite dagli occhi, organi esterocettori che raccolgono le informazioni dall'ambiente fornendo informazioni sensoriali primarie^{33,34}. Questi processi hanno il compito di individuare e descrivere le caratteristiche fisiche dello stimolo visivo permettendo di strutturarlo, lasciando però indeterminato l'uso e la funzione.

2.3.3: Elaborazione bottom-up e top-down.

Il confronto tra le caratteristiche percepite dallo stimolo e quelle informazioni presenti nella propria memoria, si dividono in due principali modalità: una detta *bottom-up* (elaborazione dal basso verso l'alto) e la inversa detta *top-down* (dall'alto verso il basso).

Con il primo metodo, si intende una elaborazione guidata a partire dai singoli dati sensoriali derivanti dagli stimoli, dopo che questi dati sono stati elaborati entrano in gioco altri fattori; un esempio può essere la lettura^{33,34}: nel modello bottom-up, il bambino inizia a analizzare ogni lettera e il suono che essa rappresenta, per poi passare alle parole formate da esse e dando così un *significato*, utilizzando il *contesto* e il senso *d'insieme*.

Il modello top-down, inizia con l'elaborazione cognitiva dai "concetti" presenti nella propria memoria, basandosi sul contesto e l'ambiente nel quale avviene l'elaborazione³⁴; nell'esempio della lettura, il bambino inizierebbe a comprendere il testo cercando di anticipare il significato delle singole parole con indizi provenienti dal contesto, le ipotesi formulate verrebbero poi valutate contro le prove fornite dall'elaborazione delle parole e delle singole lettere³⁴.

È stato dimostrato che l'utilizzo di una modalità piuttosto che l'altra, sia condizionato dal tipo di contesto in cui è inserito l'oggetto da cui provengono gli stimoli e dal grado individuale di conoscenza che ne ha l'osservatore³⁴.

2.3.4: Percezione e attenzione.

La letteratura psicologica, già da molti anni riporta il ruolo fondamentale della percezione; essa si può dividere in due differenti processi che interagiscono fra loro: il primo è quello deputato alla raccolta di informazioni (un livello *denotativo* dello

stimolo), il secondo è quello che comprende i meccanismi propri *dell'attenzione*. *L'attenzione* è sollecitata da uno stimolo esterno ma è sostenuta da meccanismi anatomo-fisiologici interni e indipendenti da esso³⁶. Considerata la vastità delle stimolazioni presenti nell'ambiente e che raggiungono i nostri organi sensoriali, è innegabile l'esistenza di un sistema capace di concentrare le risorse sull'elaborazione di informazioni provenienti solo da una tipologia di stimolo³⁷. *L'attenzione* può essere vista come un sistema di filtraggio o di selezione di tutte quelle informazioni che "colpiscono" i nostri sensi o la nostra memoria, consentendo solo ad alcune una successiva elaborazione.

Occorre ricordare che il processo di elaborazione non sempre necessità di attività attentive³⁴: molti esperimenti hanno evidenziato che la rilevazione di stimoli come colore, forma o movimento non necessitino di risorse attentive; questa elaborazione viene soprannominata preattentiva. Il processo avviene in maniera rapida e non risente del numero dei distrattori (stimoli simili) presenti nel campo visivo³⁴; basti pensare a come sia automatico individuare una figura gialla tra altre figure di solo colore diverso. Se la figura da individuare fosse, però, un triangolo giallo, gli elementi da individuare sarebbero forma e colore e per il confronto tra tutti gli stimoli percepiti, si necessiterebbe di un'attenzione focalizzata. Questa tipologia di attenzione consiste nell'analizzare in sequenza ogni singolo elemento presente nel campo recettivo; ovviamente questo processo attentivo risentirebbe del numero di distrattori e rifacendosi al precedente esempio, aumentando il numero di stimoli con forma e colore diversi il tempo di individuazione aumenterebbe³⁴. La funzione di abbinamento delle singole caratteristiche, svolta dall'attenzione focalizzata, richiede quindi più tempo rispetto al processo *preattentivo* ed è più soggetta a errori. Treisman e Schmidt³⁸ studiarono per primi il fenomeno delle "congiunzioni illusorie", un errore dovuto al fatto che le caratteristiche elementari degli stimoli verrebbero rilevate contemporaneamente (in un primo momento), quindi in "parallelo" secondo le modalità preattentive; in un secondo momento sarebbero poi abbinate tra loro grazie all'attenzione focalizzata. In condizioni non ottimali, come a causa di variabili ambientali (visibilità alterata, rumore, breve esposizione agli stimoli) o variabili interne all'individuo (stanchezza, poca motivazione, più compiti svolti contemporaneamente), si possono generare questo tipo di errori^{34,38}. Nell'esperimento svolto da Treisman e Souther³⁹, vi è una conferma convincente di questo principio: in una prima fase venivano mostrati dei cerchietti di numero variabile (da 2 a 12) e si chiedeva di premere un pulsante nel caso un cerchietto avesse avuto un trattino verticale oppure un secondo pulsante nel caso in cui nessun

cerchietto fosse contraddistinto da un trattino. In una seconda fase tutti i cerchietti avevano un trattino e l'esaminato doveva premere il giusto pulsante nel caso ci fosse un cerchietto senza trattino oppure non ci fosse. I risultati mostrarono come nella prima fase i tempi furono minori poiché tutti gli elementi vengono processati in parallelo secondo una modalità *preattentiva*; nel secondo compito invece vi è stato un processamento *seriale* con abbinamenti stimolo per stimolo.

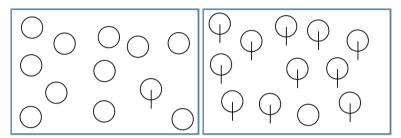


Figura 22 Figura 23: Rappresentazioni grafiche mostrate durante l'eseperimento di Treisman e Souther. (da Treisman A, Souther J, Search Asymmetry: A diagnostic of preattentive processing of separable features)

Si può concludere che per percepire un oggetto nella sua interezza, il sistema percettivo umano debba passare due singole fasi³⁴:

- 1. Nella prima vi è *un'identificazione* delle qualità "primarie" degli stimoli presenti nel campo visivo; attuando un processo *preattentivo* e più rapido è possibile distinguere le caratteristiche "salienti".
- 2. Nella seconda fase vi è *l'integrazione* delle singole *identificazioni* con l'intervento *dell'attenzione focalizzata*, in grado di combinare le informazioni e portare al riconoscimento dell'oggetto in questione. Questa attività è di tipo seriale e non simultanea.

Bisogna considerare che l'attenzione può essere sollecitata da uno stimolo esterno, ma per essere sostenuta sono necessari meccanismi anatomo-fisiologici interni che sono relativamente indipendenti dallo stimolo stesso³⁶.

Grazie alle numerose ricerche compiute negli anni si è reso noto che ci sono compiti che richiedono maggiore attenzione di altri. Schneider e Shiffrin⁴⁰ definirono le modalità di funzionamento dell'attenzione in base a due modelli: il primo consiste nei *processi automatici* che richiedono delle risorse attentive minime, avvengono al di fuori della consapevolezza personale con una elaborazione in parallelo delle operazioni; il secondo vene definito dai *processi controllati* che al contrario richiedono maggiori risorse attentive, essi necessitano di una elaborazione seriale e

più lenta delle operazioni richiedendo un tempo maggiore per l'esecuzione dei singoli compiti.

2.3.5: Il Problem solving.

Dopo aver descritto, seppur brevemente, ciò che si intende per attenzione, è utile rappresentare ciò che si intende per *problem solving*. La grande maggioranza delle azioni compiute quotidianamente implica la risoluzione di "problemi". La natura di ogni problema è variabile; ci si chiede come abbia fatto la macchina a "rompersi" o possono esserci problemi relativamente semplici come la preparazione di un dolce, seguendo le istruzioni di un libro da cucina³³. Il *problem solving* si riferisce a ogni attività in cui tanto la rappresentazione cognitiva precedente, che le componenti di una situazione problematica corrente vengono riorganizzate allo scopo di conseguire un obiettivo prefissato⁴¹. La modulazione di un problema può avvenire per: *prova ed errore* tra le alternative disponibili; oppure con un tentativo di formulare un principio scoprendo relazioni sottointendenti la soluzione del problema (*insight*). La scelta di un metodo di risoluzione dipende essenzialmente dal *genere* del problema, dall'età del soggetto e dalla sua *intelligenza*⁴¹.

L'approccio detto per *prova ed errore* consiste in una variazione, approssimazione e correzione casuale o sistematica fino al raggiungimento della variante di successo; con questo metodo non sempre un individuo riesce a trovare una soluzione al problema dove ogni strategia non trova una via di uscita³⁴. Non riuscendo a risolvere un problema con il primo metodo, la strategia preferenziale potrebbe essere quella *creativa*, la quale emerge in virtù della capacità del risolutore³⁴; questo secondo approccio viene denominato *insightg*³⁴.

Il processo implica un sistema orientato verso la scoperta di una relazione al fine della risoluzione; può implicare semplicemente la trasposizione di un principio appreso in una esperienza passata o di una nuova situazione analoga, oppure di una "ristrutturazione" cognitiva che integra le esperienze precedenti e correnti al fine di raggiungere una meta prefissata⁴¹. Gli psicologi della Gestalt hanno utilizzato la nozione di *insight* per indicare il momento in cui la risoluzione di un problema si rendeva disponibile all'individuo, come atto conclusivo di un processo di "pensiero produttivo": un processo tale da produrre una soluzione senza ricorrere a strategie passate che risultano inappropriate alla situazione in corso³⁴. Un noto esponente di questa scuola, Wertheimer, ritenne che l'insight possa manifestarsi come conseguenza di una ristrutturazione cognitivo-percettiva della situazione

problematica che determina la riorganizzazione profonda delle costituenti del problema; in altri termini propose che la soluzione "produttiva" emerge quando l'individuo coglie delle nuove relazioni nel problema, che all'inizio non erano evidenti³⁴. Un esempio di soluzione per *insight* discusso da Wertheimer si riferisce al modo in cui Gauss trovò la regola per la somma di una sequenza regolare di numeri crescenti³⁴. Si racconta che a scuola, nella classe frequentata anche dal piccolo Gauss, la maestra propose un semplice esercizio di somma di una sequenza regolare di numeri, come: 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10. Come racconta l'autore, Gauss riuscì velocemente a risolvere il problema quando si rese conto che la somma della coppia di numeri contrapposti fosse sempre di risultato uguale: 1+10 è uguale a 2+9, ma anche a 3+8 e così via. Per risolvere il problema, Gauss capì come bastasse moltiplicare il valore della somma di una coppia di numeri per il numero delle coppie, elaborando la formula universale:

$$(n+1)\cdot\frac{n}{2}$$

In questo esempio la soluzione si rende disponibile all'individuo per insight come conseguenza a una ristrutturazione del compito, il quale viene risolto con la scoperta di nuove relazioni nella sequenza numerica da parte di Gauss: non più addendi in sequenza ma coppie di uguale somma. Un ulteriore esempio noto, di risoluzione tramite insight, è quello del "problema parallelogrammo"³⁴. In una scuola elementare una maestra chiede ai suoi alunni di calcolare l'area di un parallelogramma di cui sono note la base a l'altezza. Il problema per i bambini, è complicato perché essi hanno appreso in precedenza a calcolare l'area di un rettangolo e il problema del parallelogrammo risulta apparentemente non risolvibile. Una bambina dopo alcuni tentativi, senza successo, chiese alla maestra un paio di forbici perché si era accorta che nella figura data "c'era una parte a sinistra che mancava nella parte destra".

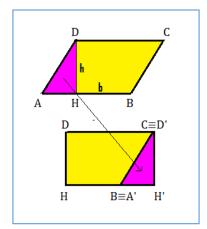


Figura 24: Rappresentazione grafica del problema del parallelogrammo.

La scolara spiegò come fosse sufficiente tagliare con le forbici il segmento DH, rappresentante l'altezza (h) del parallelogramma e riposizionarlo nella parte destra della figura: in questo modo si sarebbe formata una figura conosciuta (il rettangolo), potendone facilmente calcolare l'area. Wertheimer commentò il comportamento risolutivo della scolara, sostenendo che la soluzione sia stata manifestata dopo un processo di *insight*; all'improvviso gli elementi della figura sono stati visti sotto una prospettiva diversa e adattati a una nuova funzione: non vengono più visti segmenti organizzati in una figura nota ma avviene una ricomposizione di una figura conosciuta³⁴.

La soluzione creativa di *insight*, può essere ostacolata da fattori cognitivi. Due tra i più importanti ostacoli per il processo di pensiero sono l'*impostazione soggettiva* e la *fissità funzionale*³⁴:

Impostazione soggettiva: questo effetto deriva dal fatto che la ripetizione di un particolare processo risolutivo impedisce all'individuo di poter considerare nuovi percorsi di soluzione alternativi. Un esperimento condotto da Luchins nel 1942, veniva detto ai soggetti di immaginare di avere a disposizione 3 recipienti vuoti di diversa grandezza e riempendoli con dell'acqua, di ottenere un determinato volume. I problemi presentati erano 11 in cui il primo era un esempio del tipo di operazioni da svolgere. Luchins concluse, in base ai risultati ottenuti, che l'Einstellug (impostazione soggettiva) crea uno stato mentale attivo in maniera puramente meccanica, un atteggiamento cieco nei confronti dei problemi; non si analizza più un problema in base alle sue caratteristiche ma si è guidati dall'applicazione sistematica di metodi risolutivi già utilizzati.

La fissità funzionale: gli effetti di questo ostacolo sono stati studiati inizialmente da Dunker nel 1945, consistono nell'impedimento di soluzioni produttive da parte dell'individuo perché rimane "fissato" alle normali funzioni degli oggetti normalmente sperimentate³⁴. Perciò quando gli individui manifestano l'incapacità di vedere nuove funzioni negli elementi costitutivi della situazione problemica, trovano il problema non risolvibile. Un esempio usato da Dunker per analizzare il fenomeno è quello della "scatola e della candela": ai partecipanti veniva richiesto di applicare verticalmente alla parete una candela, come se fosse una lampada a muro; il materiale a disposizione consisteva in candele, puntine da disegno e fiammiferi, il tutto nelle relative scatole. La soluzione del problema è di prendere le scatole, fissarle alla parete con una puntina da disegno e collocarvi sopra una candela. La maggioranza dei soggetti riusciva a risolvere il problema solo dopo numerosi tentativi sbagliati e con molta difficoltà; Dunker giustifica l'accaduto con la difficoltà dei partecipanti a pensare a una funzione differente della scatola: non più come contenitore ma come supporto.

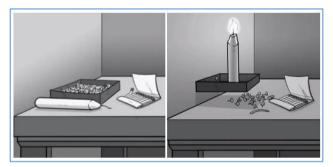


Figura 25: Rappresentazione grafica del probelema della "scatola e della candela".

Un altro modo per risolvere alcuni problemi è quello dell'uso della *analogia*. Questo metodo consente di poter trasferire a un nuovo problema la soluzione sperimentata in una situazione strutturalmente analoga³⁴. Dunker usò questo esempio durante i suoi studi sugli effetti della *fissità funzionale*: il problema è noto come "problema dell'irradiazione", che consiste nel chiedere ai partecipanti di trovare un modo per curare un tumore allo stomaco, inoperabile con interventi chirurgici e farmacologici. Ai partecipanti era noto che se vengono inviati raggi ad alta intensità la massa tumorale sarebbe stata distrutta, ma con essa anche i tessuti sani che la circondano; d'altra parte se l'intensità fosse stata ridotta, non ci sarebbero state conseguenze negative per i tessuti sani ma il tumore sarebbe rimasto.

Il problema risulta essere di difficile soluzione, così Gick e Holyoak ⁴² cercarono di studiare in che modo potessero favorire l'uso della analogia per la risoluzione. Nel loro esperimento, Gick e Holyoak operarono su cinque campioni umani sottoponendoli al problema dell'irradiazione ⁴². Al primo gruppo non fu fornita nessun aiuto; al secondo gruppo venne fornita un'analogia grafica; al terzo gruppo venne data la stessa analogia grafica dicendo che sarebbe servita alla risoluzione; al quarto gruppo venne descritto un nuovo problema detto "problema del dittatore"; il quinto campione venne messo nelle stesse condizioni del quarto indicando però come il secondo problema potesse aiutare nella soluzione del primo. Nel "problema del dittatore", furono individuate le stesse caratteristiche strutturali di quello dell'irradiazione (ricchezza semantica simile)³⁴.

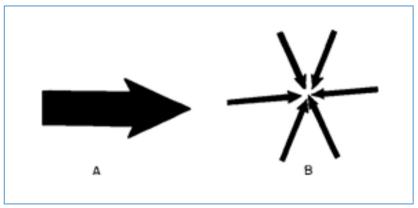


Figura 26: Suggerimento grafico nel problema dell'irradiazione. (da Nicoletti R, Rumiati R, I processi cognitivi)

La risoluzione del problema iniziale, potrebbe essere trovata con la visione della figura sovrastante (analogia grafica), rappresentando la soluzione della "convergenza": una molteplicità di raggi di lieve intensità può essere diretta da più parti convergendo sulla massa tumorale, raggiungendo l'intensità necessaria per eliminarlo³⁴. L'analogia grafica presentata incrementò il numero di soggetti che riuscirono a risolvere il quesito⁴²; come la presentazione del "problema del dittatore": una fortezza ben difesa doveva essere liberata da un dittatore e per farlo era necessaria una grande armata, le numerose strade che portavano alla fortezza furono disseminate di mine impedendo il passaggio di un grande contingente; era consentito solo il passaggio di pochi uomini e quindi era impossibile espugnare la fortezza con una spedizione in grande scala. La soluzione prevedeva la spedizione di piccole armate lungo ogni stradina diretta alla fortezza e in questo modo i partecipanti poterono sfruttare l'analogia nella soluzione di "convergenza.

I risultati per i cinque gruppi (percentuale di coloro che hanno risolto il Problema dell'Irradiazione in modo corretto) sono stati i seguenti⁴²:

• Gruppo 1: 10%

• Gruppo 2: 7%

• Gruppo 3: 67%

• Gruppo 4: 29%

• Gruppo 5: 79%

Le conclusioni portarono ad affermare che l'analogia fosse efficientemente in grado di aiutare la risoluzione del problema⁴², consentendo al risolutore di trovare un'analogia strutturale tra due situazioni problematiche, per poter effettuare un "transfer positivo" della procedura di soluzione dalla situazione in cui si è applicata con successo a quella nuova da risolvere³⁴.

2.3.6: La relazione tra processi cognitivi e accomodazione.

Il ruolo dei processi cognitivi, nonostante la complessità dei fenomeni e la vastità dei modelli teorici riportati nella letteratura, risulta essere correlato al ruolo di "focalizzazione" svolto dal cristallino: l'accomodazione. La ripercussione dell'elaborazione cognitiva sulla stimolazione del sistema nervoso autonomo, sia simpatico che parasimapatico, venne provata in più esperimenti. L'interesse verso l'influenza dei processi cognitivi sull'accomodazione risalgono ai primi lavori di Getman e i suoi colleghi, che tramite l'utilizzo della retinoscopia registrarono cambiamenti nel movimento, nel colore e nella brillantezza del riflesso 11,43. Come verrà descritto meglio in seguito, il cambiamento fu ritenuto in relazione all'attenzione, all'interesse e alla concentrazione, insieme ad altri fattori che richiedono un'elaborazione cognitiva e del pensiero del soggetto in esame.

Fin dagli anni '40, vari autori cominciarono a studiare lo stato accomodativo (con l'ausilio della retinoscopia dinamica) in bambini impegnati in attività cognitive di diverso genere²²; i risultati ottenuti con i numerosi esperimenti portarono alla formazione di un nuovo metodo di retinoscopia dinamica che fu chiamato "book retinoscopy". Gli studi effettuati da Gesell, Ilg e Bullis¹¹ nel 1949 evidenziarono per primi i risultati del cambiamento negli aspetti del riflesso retinico in relazione

ai processi cognitivi in atto. Getman ampliò gli studi espandendo la ricerca a numerosi altri colleghi⁷, si osservò fin da subito un movimento "discorde" quando i soggetti erano impegnati in compiti di lettura soggettivamente difficili. Skeffington⁴⁴ nel 1958 interpretò questo cambiamento verso la "miopizzazione" con una "ricerca di significato", notando lui stesso precedentemente un cambiamento nel colore del riflesso, variante tra uno stato "argenteo metallico" e uno "rosso lucente".

Grazie a queste evidenze cliniche riportate negli anni, nacquero gli importantissimi studi condotti da Kruger, che sostennero e diedero ulteriore validità ai risultati ottenuti in passato con la *Book Retinoscopy*. Sebbene Haynes⁴⁵ nel 1960 sostenne che un cambio nel movimento del riflesso (passaggio da concorde a discorde) fosse dovuto a *errori* compiuti dall'esaminatore durante l'esecuzione, Kruger dimostrò come durante un'attività visiva prossimale, un incremento dell'attività cognitiva come per esempio l'attenzione, la concentrazione o il problem-solving, producano un cambiamento nel riflesso retinico in termini di accomodazione in uso e luminosità ^{46,47,48,49,50}: la variazione accomodativa comporta una riduzione del *lag* accompagnato da una maggior *luminosità* del riflesso, come è osservabile durante l'esecuzione della book retinoscopy.

Lo stesso autore⁵⁰ quantificò le variazioni accomodative del riflesso servendosi di un retinoscopio a infrarossi. L'incremento della luminosità del riflesso che accompagna il cambio nella direzione "discorde" durante l'aumento della domanda cognitiva verso il soggetto, varia dal 10 al 20% e con una media del 10% ⁴⁸. Nello stesso esperimento l'aumento medio di accomodazione risultò di 0.28 D⁴⁸; un valore molto ridotto e difficile da identificare anche per i professionisti più esperti⁵⁰. Nei casi in cui l'accomodazione aumentò di valori superiori a 0.50 D, la luminosità crebbe fino a valori del 20%, con un movimento del riflesso "discorde" 48. Gli esperimenti di Kruger dimostrarono la correlazione tra stato accomodativo e processi cognitivi; attività come la somma di numeri furono in grado di produrre cambiamenti accomodativi rilevabili, producendo inoltre un incremento della luminosità del riflesso durante la retinoscopia (book retinoscopy). Lo stesso Kruger ritenne che i risultati ottenuti fossero a sostegno dei dati clinici rilevabili con la Book Retinoscopy^{46,47,48,49,50}; il cambiamento di brillantezza e il cambiamento nel movimento del riflesso furono descritti da Getman e Kephart⁵¹ con un unico termine detto "inversione di movimento", associandolo a variazioni di interesse, problem-solving e attività cognitive svolte dall'esaminato.

2.3.7: I processi cognitivi e la risposta pupillare.

Il lavoro compiuto da Eckard Hess riguardo alle reazioni pupillari ha portato alla scoperta di notevoli conoscenze di questo fenomeno, che grazie a numerosi altri studi (già nel 1872 Darwin associò la dilatazione pupillare alla paura) sembra essere correlato a aspetti cognitivi e non solo⁵².

Un neurologo di nome Bumke⁵³ è diventato famoso per aver notato nelle sue ricerche come "ogni processo intellettuale attivo, ogni sforzo psichico, ogni esercizio di attenzione, ogni immagine mentalmente attiva, indipendente dalla natura del contenuto e insieme a ogni simulazione che sembri reale, possa produrre una dilatazione pupillare come un qualsiasi stimolo sensoriale". La dilatazione del diametro pupillare è un'indicazione dell'attivazione del sistema simpatico, mentre la costrizione pupillare indica l'attivazione del sistema parasimpatico. Hess⁵⁴ notò come il diametro tenda ad aumentare con lo sforzo mentale e che l'incremento sia proporzionale alla difficoltà dei problemi proposti. Hess e Polt^{53,55} (1964) relazionarono il diametro della pupilla con il lato emozionale e comportamentale dell'individuo: si trovò dilatazione nei casi in cui i soggetti toccarono oggetti "piacevoli", quando venne mostrata loro una immagine d'interesse o di una figura politica preferita e infine anche con materiale sessualmente stimolante. L'aumento del diametro pupillare fu registrato anche nel caso in cui un individuo eterosessuale vide pupille dilatate in un soggetto del sesso opposto e come un individuo omossessuale registri lo stesso comportamento con soggetti dello stesso⁵³. Il lavoro compiuto da diversi ricercatori ha affermato che la risoluzione di problemi causa un aumento del diametro pupillare da 0.1 a 0.5 mm, che viene mantenuto fino alla risoluzione⁵². L'esame retinoscopico al punto prossimo ha potuto aiutare le ricerche di molti professionisti interessati alla relazione tra accomodazione e risposta pupillare. Le variazioni dell'accomodazione sono l'oggetto principale nelle retinoscopie dinamiche, tanto da essere la causa principale nelle variazioni del riflesso retinico⁷. Un'importante tecnica fu quella già citata, detta "bookretinoscopy": le evidenze riscontrate fin dai primi esperimenti furono che l'interesse verso il materiale, l'aumento della attenzione, il voler risolvere un problema o ricercare un significato, portarono a un incremento della risposta accomodativa e un cambiamento della luminosità del riflesso.

Gli optometristi comportamentali notarono diverse relazioni con l'ausilio di questa tecnica: i lettori più esperti, mostrarono una maggior "fluttuazione" accomodativa durante la lettura⁵²; la posizione di partenza sembrò essere quella situazione di

leggero movimento "concorde" (focalizzazione dietro il piano di sguardo) associata a una attivazione del sistema nervoso simpatico. Durante la lettura, nei passaggi più difficili per il lettore, venne riscontrato un movimento "discorde", chiaramente associato all'attività parasimpatica; l'aumento della difficoltà con relativa ricerca di risolverne il problema registrò maggiori livelli accomodativi portando la focalizzazione davanti al piano di sguardo.

Si notò come una mancata comprensione e un abbandono nella volontà di ricercare un significato d'innanzi una difficoltà, portò a un rilassamento accomodativo come se i lettori si fossero desintonizzati dal materiale di lettura⁴³. I risultati della *Book* Retinoscopy, confermati da Kruger^{46,47,48,49,50}, dimostrano come un maggior livello cognitivo in relazione al compito visivo, non solo comporti una risposta accomodativa parasimpatica, ma nello stesso momento il diametro pupillare registra una dilatazione di attivazione simpatica⁴⁷. La domanda nasce spontanea: esiste quindi una risposta pupillare simpatica, contemporaneamente a una risposta accomodativa parasimpatica? Sebbene queste due strutture siano legate fra loro nella cosiddetta "triade accomodativa" è possibile che esista un meccanismo perché queste due funzioni operino indipendentemente; basti pensare a come il riflesso pupillare alla luce non causi accomodazione e come esistano farmaci che alterano il diametro pupillare tralasciando un minimo effetto sull'accomodazione⁵². Kruger⁴⁷ notò come la luminosità del riflesso potesse crescere con l'aumento del diametro pupillare e/o l'incremento accomodativo; lo stesso autore sostenne un compromesso contenente un'apparente ipotesi sequenziale. Una lieve dilatazione pupillare e il rilassamento accomodativo sarebbero susseguiti da un lieve aumento accomodativo con relativa costrizione della pupilla^{47,52}. La diminuzione del diametro pupillare potrebbe essere molto lieve, tanto da non essere rilevabile e solo in questo modo è spiegabile il fatto che non sia stata riportata da coloro che effettuarono ricerche pupillometriche durante il coinvolgimento cognitivo⁴⁷.

Le ricerche⁵⁶ effettuate sull'accomodazione nei gatti rivelarono l'esistenza apparente di neuroni dell'accomodazione nella formazione reticolare del tronco cerebrale, precedentemente non associati all'accomodazione. Questa scoperta nei gatti stabilisce una relazione tra accomodazione e stato di "arousal" e "attenzione". Altri studi sui gatti, mostrarono come la dilatazione pupillare fosse associabile all'accomodazione positiva e alla convergenza⁵². Molte delle intuizioni sulle funzioni umane sono state raggiunte con degli studi su animali in laboratorio e sebbene la fisiologia del gatto sia diversa da quella dell'uomo è possibile credere che questo tipo di relazione funzionale opposta possa esistere anche negli uomini⁵².

Forrest⁵² propose, riconciliando alcuni concetti vertenti *arousal* e *stress*, un approccio in cui la risposta pupillare può essere vista come un'indicazione dello stato di *arousal* del soggetto: una rappresentazione del livello di intenzione necessaria per stimolare o generare l'attenzione verso uno stimolo; mentre la reazione accomodativa può rappresentare una misura di *"risposta-stress"* individuale: può essere considerata l'atto finale di risposta allo stimolo, il grado di attenzione generato dall'intenzione.

2.4: La Book Retinoscopy.

2.4.1: Sviluppo della Book Retinoscopy.

La tecnica fu chiamata per la prima volta "Book Retinoscopy" da Getman e inizialmente descritta da Gesell, Ilg e Bullis, evidenziando le differenze tra questa metodologia di indagine e quella di retinoscopia dinamica abitualmente eseguita durante l'analisi visiva¹¹. Questi studi, cui partecipò anche Getman, avvennero nella "Clinic of Child Development", una particolare clinica presso l'università di Yale nel Connecticut¹¹. Getman descrisse la sua esperienza⁴³: l'autore diede grande merito a Glenna Bullis e Vivienne Ilg, le quali grazie alla loro bravura nell'analisi di bambini anche molto piccoli (30 settimane), riuscirono a identificare con l'ausilio del retinoscopio un movimento "against" (discorde) e in poco tempo a realizzare quali circostanze ne fossero causa. Indipendentemente dalla distanza alla quale venne eseguita la retinoscopia, scoprirono che il movimento discorde si presentava ogni qualvolta il bambino riconoscesse o manifestasse interesse verso il target usato⁴³. Le prime osservazioni fatte da Getman avvennero durante la retinoscopia effettuata alla distanza di 16 piedi (4.9 m); i soggetti furono dei bambini molto piccoli con età inferiore ai 3 anni; il target consisteva in un'immagine per bambini e l'autore riscontrò una maggior brillantezza del riflesso quando la linea di sguardo del bambino fosse diretta verso il target e, ogni volta che il riflesso divenne più brillante si registrò anche una riduzione dell'ampiezza del movimento concorde (contrazione del cristallino). Il riflesso retinico apparve "dull" (spento, opaco) ogni qualvolta il bambino diresse il suo sguardo da una parte all'altra della stanza accompagnando un netto movimento concorde. Le classificazioni iniziali nei cambiamenti del riflesso retinoscopico furono: "dull with" (concorde e opaco), "bright plano" (brillante plano, indicando l'accomodazione alo stesso livello del target) e "brighter against" (più luminoso discorde). I fenomeni evidenziati da Getman indicarono un aspetto opaco e concorde quando il soggetto guardò senza punti di riferimento nella stanza e, un aspetto luminoso e refrattivamente plano quando il soggetto pose la sua attenzione su di un particolare nel target.

I ricercatori capirono che se il bambino identifica l'immagine il suo riflesso diventa maggiormente discorde e più brillante: relazionarono fin da subito questo fenomeno con il *riconoscimento visivo* di una figura⁴³. Gli esperimenti continuarono avvicinando la mira e i cambiamenti nel riflesso furono sempre gli stessi anche cambiando la natura del target⁴³: quando a una bambina fu mostrato un disegno di un paio di scarpette da bambini, lei rimase immobile e in silenzio a guardare il disegno posto a due metri da essa ma a un tratto cominciò a alzare i suoi piedi cercando di raggiungere il disegno delle scarpette. Nel momento esatto in cui lei cominciò a muovere i suoi piedi venne identificato un movimento discorde del riflesso anche se lei non stesse più guardando il target.

La tecnica fu chiamata "book retinoscopy" perché il riflesso e i suoi cambiamenti furono più semplicemente osservabili e controllabili mentre un soggetto leggeva o guardava immagini in un libro. Ponendo l'osservazione retinoscopica allo stesso piano del libro, Getman e i suoi colleghi hanno potuto fare le considerazioni ottiche di congiunzione per ciò che accadeva al sistema accomodativo del soggetto. Quando l'attenzione del bambino era posta sul libro, aggiungendo lenti per la neutralizzazione, venne riscontrato un movimento discorde fino alle 3 diottrie; gli esaminatori associarono questo fenomeno alla comprensione, alla ricerca di significato, di identificazione o al tentativo di verbalizzazione del target visivo⁴³. Gli esperimenti condotti da Getman furono inizialmente su bambini, con la certezza di ottenere risposte più "pure" che negli adulti; con il contributo della collega Bullis nel periodo di lavoro alla Clinica di Yale¹¹, Getman riuscì a riprodurre l'ambiente adeguato per l'analisi di bambini molto piccoli anche nel suo studio privato: riducendo il numero di elementi distrattivi per incentivarne l'attenzione.

La Book Retinoscopy si diffuse e venne usata per determinare il livello di operatività in bambini in base all'età e diversi target, evidenziando eventuali differenze di brillantezza tra i due occhi, o cambiamenti nel movimento⁴³; i risultati riconfermarono che il cambiamento del movimento nel verso "discorde" fosse dovuto allo stato di comprensione del test e che indicasse una reazione dell'intero sistema visivo.

Importanti esperimenti riguardo la tecnica furono eseguiti all'università dell'Ohio, prevalentemente nel laboratorio del dottor Renshaw, dove molti famosi optometristi cominciarono a interessarsi a questa tecnica (A. M. Skeffington, George Crow e S. K. Lesser)⁴³. Nel 1947 cominciarono le prime osservazioni su soggetti adulti, controllando al meglio le condizioni d'esame e l'attrezzatura necessaria a garantire la scientificità della metodologia per isolare al meglio ogni fenomeno. Getman e colleghi, in uno studio situato al terzo piano di una struttura universitaria, misero i soggetti d'innanzi a una finestra chiedendo di osservare le torri radio situate a 800 m di distanza⁴³. Le due torri erano unite fra loro da alcuni cavi partenti dalle estremità delle rispettive antenne; i cavi a quella distanza erano difficili da individuare ma se i soggetti fossero stati a conoscenza della presenza dei cavi e, con un cielo limpido come sfondo, sarebbe stato comunque possibile vederli anche con "acuità di base" ⁴³. Mentre l'attenzione dei soggetti era posta sulle torri, gli optometristi ottennero un riflesso neutro con la dovuta lente compensatrice, ma quando fu chiesto di spostare l'attenzione sui cavi dell'antenna, il riflesso diventò discorde (maggior sforzo cognitivo).

Il 1952 fu un anno molto importante per la retinoscopia. Nel primo periodo ci fu un gruppo di ricerca che creò accordi con una stazione di polizia per poter assistere agli interrogatori al *poligrafo* (macchina della verità)⁴³. I risultati furono sorprendenti: con la retinoscopia gli optometristi furono in grado di rilevare un'inversione da concorde a discorde ("shift into against"), più velocemente o allo stesso tempo, di quando il poligrafo registrò un cambiamento nelle caratteristiche fisiologiche dell'individuo (pressione arteriosa, respirazione ecc.). Questi risultati fecero pensare come il fenomeno dello "shift into against" fosse relazionato all'intero organismo, piuttosto che solo a meccanismi ottici.

Il 1952 fu importante anche perché Getman costruì con i suoi collaboratori un armamentario per registrare le risposte percettive alla visualizzazione di forme geometriche⁴³. Nell'esperimento, a un soggetto giovane fu chiesto di fare un abbinamento interpretativo fra figure geometriche; fu costruito un dispositivo in grado di permettere contemporaneamente a due osservatori di valutare il riflesso per determinare il momento esatto dell'interpretazione, con il manifestarsi dell'inversione di movimento. Lo studio fu importante perché Getman decise di non eseguire nessuna osservazione e lasciare la valutazione al suo gruppo di studi che avrebbe dovuto comunicare il momento esatto dello shift; ogni osservatore non ebbe bisogno di comunicare verbalmente ma sfruttando l'attrezzatura, bastò premere un pulsante senza condizionarsi a vicenda sulla valutazione. I dati ottenuti indicarono

che entrambi gli osservatori ottennero tempi concordanti sull'istante di inversione. Ogni studio del 1952 condusse alla stessa conclusione: ogni volta che avviene un cambiamento nella domanda interpretativa, nella richiesta di comprensione, il soggetto mostra nel suo riflesso retinico un cambiamento cromatico, un'inversione del movimento e un aumento di brillantezza⁴³.

L'esperienza indotta per dimostrare al Dottor Ward Halstead che l'effettiva inversione di movimento indicasse una difficoltà interpretativa durante la comprensione di un testo, fu davvero particolare⁴³. Una discussione tra Skeffington e Halstead in tarda serata, portò Getman, Lesser, Crow e colleghi a dimostrare le loro già note evidenze cliniche, mentre si trovarono tutti in una stanza d'hotel. Crow scese nella hall alle due del mattino per trovare un campione per eseguire l'esperimento e scelse tre ragazzi di una squadra di baseball alloggiante all'hotel^{7,43}. Getman si occupò di determinare il livello di lettura dei ragazzi con la sola valutazione dell'inversione e le effettive circostanze, concludendo che: il primo leggeva solo fumetti nei giornali; il secondo leggeva solo inserzioni sportive; il terzo leggeva per divertimento. I livelli evidenziati da Getman furono confermati dai ragazzi in esame, ma Halstead non ancora convinto decise di sottoporsi di persona alla Book Retinoscopy. Il libro scelto come target fu un libro di psicologia, materiale giudicato impegnativo da Getman e i suoi colleghi, ma che Halstead definì subito come "ottimo per le letture in bagno" Halstead lesse un'intera pagina ma gli osservatori non percepirono nessuna inversione nel movimento durante la lettura, così lui stesso chiese a Getman⁴³: «Avvertimi quando avviene l'inversione (movimento discorde), ma non voglio dirti ciò che sto facendo». Halstead iniziò a leggere e in un preciso istante Getman avvertì lo shift atteso. Fecero molte prove per confermare il fenomeno fino a che lo stesso Halstead gettò a terra il libro stizzito, convincendosi della natura del fenomeno osservato: spiegò agli osservatori come, nello stesso istante in cui loro evidenziarono lo "shift" del movimento, lui stesse leggendo e traducendo in greco il materiale; riconoscendo che questa attività richiese molto sforzo mentale; questa è la ragione per cui nelle prime prove non fu rilevata nessuna inversione: il materiale da lettura fu troppo semplice per il soggetto⁴³.

Gli esperimenti riportati, insieme a numerosi altri casi, portarono alla effettiva diffusione della Book Retinoscopy⁴³; Getman, Apell, Skeffington e i loro colleghi, sapevano come non fosse facile per ogni professionista evidenziare quei cambiamenti di brillantezza, colore e movimento durante l'esecuzione della tecnica; così nacque la necessità di classificare i gradienti del riflesso retinico,

associandoli a un livello di lettura. Furono classificati 4 stadi⁴³ sulla base della classificazione fatta precedentemente da Gesell¹¹: "dull red", "bright pink", "white pink", "white".

La classificazione pubblicata da Getman, ispirò anche gli studi Pheiffer⁵⁷ nel 1955, che definì la tecnica come "l'uso del retinoscopio per determinare le variazioni accomodative che avvengono mentre l'esaminato sta leggendo". I risultati indicarono come l'ammontare dell'accomodazione in uso quando un soggetto legge un testo, dipenda dall'interesse verso esso e dalla difficoltà nei processi di comprensione⁵⁷.

Pheiffer⁵⁷ sostenne che, "mentre l'interesse verso la mira è facilmente riscontrabile da un parere del soggetto, la difficoltà del materiale non lo è: poiché potrebbe essere relativa a una singola parola, un passaggio specifico oppure dell'intero testo e ciò causa l'aumento o la diminuzione dell'accomodazione. Se l'aumento di difficoltà non è accompagnato da un desiderio di sapere, allora è accompagnato da una diminuzione dell'accomodazione in uso; d'altro canto se l'aumento della difficoltà è accompagnato da un desiderio di capire, avverrà un incremento dell'ammontare di accomodazione". Le conclusioni di Pheiffer rimarcarono l'importanza dell'interesse nella lettura come fattore determinante del cambiamento accomodativo, definendolo come un'espressione della personalità individuale di ognuno, dimostrante la relazione tra percezione e personalità⁵⁷.

Dallo studio emersero anche altre importanti relazioni⁵⁷:

- Quando il testo risulta particolarmente difficile da comprendere l'accomodazione incrementa e decresce quando il materiale è totalmente compreso;
- Quando il materiale è recepito come impossibile da capire, non provocando attenzione e tentativi di comprensione del soggetto, l'accomodazione si sposta in un piano più lontano da quello di sguardo (rilassamento accomodativo).

Indipendentemente dal significato che venne attribuito alla tecnica, l'evidenza clinica dimostra la relazione tra riflesso del retinico e processi cognitivi, sia a distanza di lettura^{22,43,47,48,49,57}, sia per lontano come guardando il televisore⁵⁹. Le osservazioni fatte negli anni hanno suscitato l'interesse di molti specialisti affascinati all'aspetto funzionale dell'esame visivo; molti sono stati i tentativi di dare una spiegazione sia ottica che fisiologica ai fenomeni riscontrabili con la

procedura²², ma un esperimento chiave fu quello su *Jim Kibben* nel 1956, all'università dell'Ohio⁴³.

Jim Kibben nel 1956 era un uomo di 43 anni, che a causa di un'atrofia del nervo ottico subita 12 anni prima, rimase senza vista⁴³. Sebbene non avesse percezione luminosa a causa della completa degenerazione del nervo ottico, i suoi mezzi oculari erano trasparenti e intatti da permettere l'esecuzione di una retinoscopia⁴³.

Si riscontrò un movimento discorde (*shift*) quando gli furono poste le seguenti richieste⁴³:

- Compiere una decisione guidata dal tatto, riguardo a grandezza, forma e consistenza;
- Compiere attività mentali di tipo aritmetico;
- Compiere attività discriminatorie di tipo auditorio.

Questi risultati suggerirono come l'intero organismo sia responsabile delle evidenze cliniche della Book Retinoscopy, più di quanto lo sia la sola accomodazione e punto di focalizzazione a livello retinico. Fu interessante come l'inversione di movimento in Jim Kibben, non fosse guidata da un bisogno di "focalizzazione sulla retina" ma comunque fu notato un movimento discorde in seguito ad attività cognitive⁴³.

2.4.2: Esecuzione della Book Retinsocopy.

La "book retinoscopy" rappresenta una tecnica di retinoscopia dinamica fra le più utili. Per gli optometristi comportamentali, i giovani con problemi di lettura rappresentano una grossa fetta dei soggetti esaminati⁷. Rispetto alle altre tecniche dinamiche, la *Book Retinoscopy* è l'unica a richiedere al soggetto una lettura con ricerca di significato, in cui il funzionamento visivo diventa un dato manifesto che non ha bisogno di essere estrapolato⁷.

La tecnica permette di fare le seguenti osservazioni:

- Individuare il livello di capacità di lettura e relativa capacità di comprensione;
- Determinare la postura accomodativa durante attività cognitive;
- Individuare la distanza di lettura abituale;
- Misura della persistenza o della rinuncia alla concentrazione nella lettura;
- Grado di stress durante la lettura;
- Controllo dei movimenti oculari;

- Controllo della binocularità:
- Effetto immediato delle lenti prescritte sugli aspetti precedenti.

La metodologia d'esecuzione della Book Retinoscopy è rimasta invariata nel tempo²². L'esecuzione esclusivamente senza l'uso del forottero^{7,22}, permettendo al soggetto una condizione visiva più vicina possibile alle condizioni reali e naturali^{7,22}. Le lenti possono essere inserite utilizzando un occhialino di prova, un flipper o clip-on sulla montatura abituale^{7,22}.

Il target utilizzato deve riportare un testo scritto. Affinché l'esecuzione acquisti maggior significato clinico, il materiale scritto dovrebbe essere di dimensione e difficoltà compatibile con l'età e il grado di istruzione dell'esaminato⁷.

Se il test deve essere effettuato su soggetti in età prescolare è necessario l'uso di figure che richiamino l'attenzione, come l'uso di giocattoli che il bambino possa riconoscere. Il nome stesso della tecnica suggerisce l'uso di un libro, purché sia comprensibile dal soggetto⁷; Apell⁶⁰ suggerisce che se l'età lo permette, il libro dovrebbe essere sostenuto dall'individuo esaminato, simulando la letteratura abituale. In questo modo l'optometrista potrà fare le dovute osservazioni sulla distanza e se vi è una tendenza ad avvicinare il testo durante la lettura⁶⁰. Un'osservazione fatta da Harold Haynes⁶⁰, suggerì che il testo letto non dovesse essere troppo in basso sulla pagina perché sarebbe stato impossibile analizzare il riflesso in quel caso, pertanto la lettura dovrebbe essere in posizione *elevata* rispetto alla pagina. Per i bambini in età prescolare alcuni autori in letteratura consigliano il libro "Good Night Moon"⁴³, un libro per bambini con disegni di ampie stanze in cui si nasconde un piccolo topolino; chiedere al bambino di cercare il topolino dovrebbe causare nel riflesso lo *shift* nel verso discorde, a causa del maggior coinvolgimento di processi attentivi⁴³.

La *procedura* consiste nel far leggere ad alta voce il testo scelto per il soggetto, mentre l'optometrista posiziona il retinoscopio alla stessa distanza del target, adattandosi alla posizione scelta dall'individuo. Fondamentale è che il retinoscopio si posizioni al centro del target permettendo di ridurre eventuali aberrazioni ottiche²². Il professionista antepone le lenti binocularmente (per un tempo sufficiente a generare una risposta accomodativa: Moses²² individuò un tempo medio di risposta accomodativa di 0.36 s), registrando il movimento, il colore e la brillantezza del riflesso prima e dopo l'anteposizione delle lenti. Le lenti dovrebbero essere usate per ottenere la misura diottrica del cambiamento accomodativo durante la lettura⁶¹. Di fondamentale importanza è che il soggetto

legga per comprendere il testo, perciò le istruzioni che l'optometrista dà all'individuo risultano determinanti: Getman propose di chiedere di leggere il testo puntualizzando che dopo la lettura ci sarebbero state delle domande concernenti⁴³. Queste istruzioni sono una delle maggiori differenze tra questa tecnica e le altre tecniche di retinoscopia dinamica⁶¹.

Gli aspetti da analizzare e registrare durante l'esecuzione sono⁶¹:

- L'inversione diottrica nel verso discorde ("shift into against") e la specifica circostanza in cui si verifica;
- L'inversione diottrica che segna la diminuzione del verso discorde e l'aumento del movimento concorde, con attenzione alla circostanza nel quale si verifica;
- Un estremo riflesso "dull" (spento, opaco, scuro), soprattutto se non si è mai verificato durante la retinoscopia;
- Il colore, brillantezza e stabilità del riflesso; quando vi è una sospetta ambliopia è necessario annotarsi i cambiamenti quando vi è un livello interpretativo/cognitivo più alto (dimostrato dal soggetto);
- I cambiamenti e le inversioni causate da coinvolgimenti di mano o dita durante la lettura o la performance visiva;
- La qualità e la quantità dei cambiamenti nel riflesso nei casi in cui alcuni "ritardi mentali" siano sospetti, registrando la specifica attività che ne è causa.

La condizione ideale che si dovrebbe osservare durante l'esecuzione è stata descritta da Apell nel 1959⁶⁰. Iniziando il test si dovrebbe riscontrare nel riflesso un movimento concorde equivalente a un potere di +0.50 e +0.75 D. L'autore in seguito a numerosi studi utilizzando la *Book Retinoscopy* come test di diagnosi sull'accettabilità di lenti positive, sostenne che il riflesso ideale sarebbe dovuto diventare neutro o lievemente discorde con lenti positive; ma riconoscendo che queste lenti a distanza di 1-2 anni avrebbero portato a un riflesso lievemente discorde senza l'uso delle stesse, durante la lettura. Il consiglio in questi casi rimane quello di usare queste lenti nei casi di attività visive a distanza prossimale molto prolungate o, particolarmente impegnative a livello cognitivo. Apell⁶⁰ giustifica la risposta del sistema visivo, affermando come le lenti positive abbiano contribuito a migliorare l'efficienza tra funzione accomodativa e convergenza del soggetto.

2.4.3: Risultati della Book Retinoscopy.

I risultati ottenibili dalla procedura sono stati classificati da Gesell e Getman in base ai risultati dei loro studi sullo sviluppo dei bambini¹¹. Nel 1959 sono stati rivisitati da Apell⁶⁰ ma sono stati comunque suddivisi in 4 livelli corrispondenti a un livello di performance cognitiva^{43,61}:

1. *Colore del riflesso*: "dull red" (rosso mattone)

Risposta accomodativa: movimento concorde, accomodazione situata oltre il piano di sguardo, da +1.00 a +1.75 D (o discorde da -1.00 a -1.75 D) *Performance cognitiva*: basso livello ricognitivo, poca consapevolezza

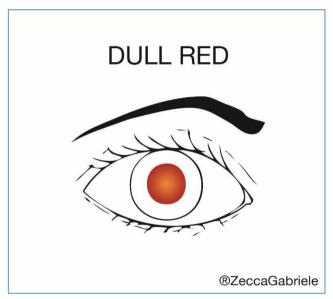


Figura 27: Rappresentazione grafica del riflesso Dull Red. (immagine personale)

Non-reading stage: a questo livello lo stato diottrico è caratterizzato da un elevato positivo, riscontrabile in retinoscopia quando il target (posto alla *distanza di Harmon*) è un simbolo senza significato⁶¹. Getman rilevò questo aspetto quando il testo scritto era *incomprensibile* per il soggetto, il quale abbandona l'attenzione e il desiderio di comprendere. Se l'aspetto opaco è accompagnato da un movimento concorde non c'è tentativo di interpretazione ma, se è dovuto a un movimento discorde fino a -1.75 D allora indica uno sforzo eccessivo di comprensione (solitamente accompagnato da fluttuazioni accomodative e aspetti brillanti)⁴³.

Colore del riflesso: "bright pink" – "dull pink" (rosa luminoso-opaco)
 Risposta accomodativa: accomodazione sul piano di sguardo (lieve discorde) e più lontana dal target, fino a +0.50 D

Performance cognitiva: maggior risposta cognitiva del primo livello ma non efficiente, si alternano riconoscimenti che indicano uno sviluppo qualitativo dei processi mentali.

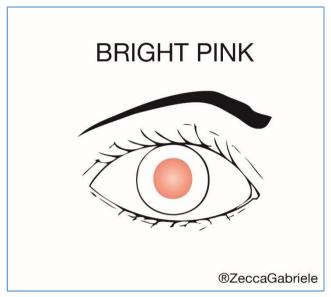


Figura 28: Rappresentazione grafica del riflesso Dull Red. (immagine personale)

Frustration level: il livello è caratterizzato da un aumento della luminosità del riflesso che appare brillante e sulle tonalità del rosa. L'accomodazione viene attivata fino a un grado diottrico di +0.50D determinando un colore "dull pink" e fino al piano di sguardo caratterizzando un aumento di luminosità e un riflesso "bright-pink". Il soggetto inizia ad accennare la partecipazione al compito⁶⁰, la variabilità del riflesso indica uno sforzo per mantenere attivi i processi attentivi⁴³.

3. Colore del riflesso: "white pink" (bianco rosato)

Risposta accomodativa: accomodazione situata sul piano di sguardo e più vicina al lettore, incrementando da -0.25 D fino -1.00 D

Performance cognitiva: ricerca effettiva di significato con discreta costanza, buona comprensione del testo.

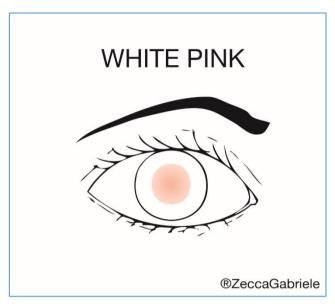


Figura 29: Rappresentazione grafica del riflesso White Pink. (immagine personale)

Learning level: il riflesso è caratterizzato da un aspetto brillante, rosa e stabile. L'accomodazione focalizza al piano di sguardo, avvicinando il piano di messa a fuoco da -0.25 a -0.75 D e in alcuni casi fino a -1.25 D. Questo aumento dell'accomodazione si verifica quando è in corso un processo cognitivo per comprendere il testo: i più alti valori d'accomodazione (-1.25 D) si verificano quando il soggetto riscontra vocaboli difficili da comprendere o periodi semanticamente complessi per il suo livello di istruzione, ma comunque tenta di sforzarsi per capire il testo^{43,61}.

4. *Colore del riflesso*: "white" (bianco brillante)

Risposta accomodativa: movimento concorde, focalizzazione oltre il piano di sguardo, da +0.50 a +0.75 D

Performance cognitiva: il più alto grado di attivazione corticale; comprensione e svolgimento del compito senza sforzo e stabile, completo controllo spaziale.

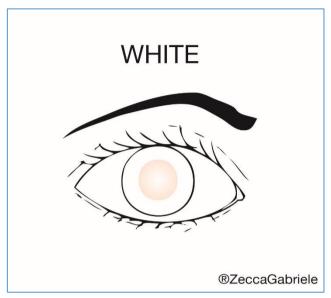


Figura 30:Rappresentazione grafica del riflesso White. (immagine personale)

Full cognition level: rappresenta il livello di completa comprensione, in accordo con la condizione ideale secondo Apell. Il grado accomodativo si presenta stabile tra +0.50 e +0.75 D quando la lettura o il compito assegnato è appreso facilmente, con alcune variazioni fino al piano di sguardo e lieve movimento discorde durante alcuni *sforzi* cognitivi (sostenere i processi attentivi o elaborazioni mentali). Le piccole variazioni diottriche indicando un ottimo livello di efficienza accomodativa in risposta a stimoli cognitivi. Questo livello risulta difficile da comprendere poiché pur essendo accompagnato da movimento concorde, si differenzia dallo stato "dull red" (rigido), presentando un riflesso *stabile* bianco-brillante e luminoso con leggeri caratteri rosati⁶¹.

2.4.4: Utilizzo della Book Retinoscopy:

La tecnica rappresenta un ottimo test per verificare come il sistema accomodativo reagisca d'innanzi a stimoli cognitivi. Lo sviluppo della tecnica si è basato su risultati manifestati prima su bambini e poi su soggetti adulti: dall'analisi del riflesso retinoscopico è emerso come l'interesse e la crescita di domanda cognitiva in compiti visivi e non solo, portasse a una riduzione del movimento concorde fino a un'inversione in discorde (*shift*). Le ricerche misero in evidenza come il colore del riflesso e la sua stabilità fossero in relazione ai livelli cognitivi in atto all'individuo e come il riflesso rispecchiasse molto di più che semplici cambiamenti nella fisiologia oculare, ma aspetti emozionali e cognitivi come l'attenzione, problem solving, comprensione e interpretazione. La tecnica fu standardizzata con l'uso di libri o testi relazionati all'età e istruzione (gray oral reading test: GORT) e così inizialmente fu utilizzata come test per determinare il *livello di comprensione del testo* del soggetto.

Sebbene il test possa essere usato a questo scopo, ciò non rispecchia una prerogativa optometrica, così soprattutto per gli optometristi comportamentali la Book Retinoscopy fu usata come test per determinare l'immediato effetto della lente oftalmica (positiva) sul sistema visivo e la risposta dell'organismo dell'esaminato⁷. Skeffington definì la nascita della tecnica come "profondo mutamento dell'interpretazione del ruolo che la lente ha nella funzione visiva" Getman sostenne come gli aspetti di brillantezza e colore siano rapidi indicatori di accettabilità⁶¹:

- Se si riscontra un riflesso brillante e stabile quando il soggetto legge la lettura proposta, si è d'innanzi a una effettiva buona performance cognitiva e il beneficio delle medesime lenti può essere atteso;
- Se, comunque, il riflesso non appare brillante o stabile con le lenti anteposte, la necessità delle stesse non può essere negata ma probabilmente il sistema visivo non è immediatamente pronto a beneficiarne l'effetto.

Esistono diverse evidenze cliniche che questa tecnica possa essere usata come attendibile indicatore sul possibile beneficio che un soggetto può trarre dall'uso di lenti positive alla distanza prossimale²². Glen T. Steele⁶² affermò che, "Anche se generalmente non dichiarato, l'obiettivo principale nella valutazione e analisi del riflesso retinoscopico seguita dall'applicazione di lenti, è di assistere il paziente nel personale rapporto con il compito visivo alla mano".

Le osservazioni di Swartwout nel 1972 indicarono come un uso più esteso di lenti positive per la visione prossimale possa ridurre l'incidenza di problemi visivi in età scolare²²; uno studio successivo di Sohrab nel 1976 dimostrò come l'oculomotricità e la lettura siano potute migliorare quando un gruppo di bambini (emmetropi di 4° e 5° elementare) utilizzarono lenti positive determinate con la Book Retinoscopy: in particolare fu osservata una maggior velocità di lettura, minor regressione e una maggior comprensione del testo²².

Durante la Book Retinoscopy, l'inserimento di lenti positive dovrebbe neutralizzare il riflesso retinico; secondo Apell l'anteposizione di lenti positive può indurre le seguenti condizioni⁶⁰:

- 1. *Il soggetto mostra un ulteriore movimento concorde*: per esempio, inizialmente era osservabile un movimento concorde di +0.75 D e successivamente all'anteposizione di lenti di egual potere si osserva un movimento concorde pari a +1.00D;
- 2. *Il soggetto mostra lo stesso movimento concorde*: per esempio, se il riflesso osservato in partenza è concorde e di valore +0.75 D, successivamente all'inserimento di tale lente il riflesso rimane della stessa entità (+0.75 D);
- 3. *Il soggetto mostra un movimento concorde inferiore*: se per il medesimo esempio di un movimento concorde pari a +0.75 D, si antepongono tali lenti, il riflesso rimane concorde diminuendone l'entità (+0.50 D, accomodazione si avvicina al piano di sguardo);
- 4. *Il soggetto mostra un movimento neutro*: durante lo stesso esempio, la risposta del soggetto mostra un riflesso neutro con lenti di +0.75 D;
- 5. *Il soggetto manifesta un movimento discorde*: in risposta all'esempio di (2) il soggetto mostra un movimento discorde di entità -0.25D o -0.50D;
- 6. Il soggetto tende a avvicinare a sé il testo di lettura, manifestando un riflesso coerente con gli esempi (1) e (5).

Apell⁶⁰ sostiene che la condizione ideale sia quella evidenziata nel punto (5), descrivendo questi casi come quelli capaci di beneficiare maggiormente degli effetti del positivo. Se l'utilizzo di lenti è appropriato al soggetto, l'optometrista, per constatare l'avvenuto miglioramento, può fare ulteriori osservazioni aldilà dell'aspetto del riflesso⁷. Il professionista deve porre la sua attenzione anche sul movimento oculare (le lenti dovrebbero rendere i movimenti oculari più fluidi e mai peggiorare la situazione), sulla sicurezza della voce durante la lettura (una lettura

più sicura può indicare un maggior rapporto tra lettore e testo) e osservando che il diametro pupillare subisca una dilatazione, indicando l'accettabilità della lente⁷. La lente *ideale* dovrebbe consentire al soggetto, in caso di parole difficili o non comprensibili, un tempo maggiore di "sforzo cognitivo" con il vocabolo, in modo da aumentare le chance di decodificare la parola⁷.

Il maggior *rischio* nell'uso di lenti positive, si ha nei casi in cui dopo aver neutralizzato il movimento si osserva nuovamente un riflesso concorde durante la Book Retinoscopy (esempio 1, 2, 3). Le lenti in quel caso possono essere causa di un ulteriore stress visivo che può sfociare in una foria più o meno strutturata²². Ci sono situazioni invece, in cui si osserva il rifiuto delle lenti e un'assenza di benefici; la rieducazione visiva rappresenta l'unico mezzo per ottenere miglioramenti e poter prescrivere lenti positive in un secondo momento²².

2.5: Il riflesso retinico.

2.5.1: Origine del riflesso retinico.

Il riflesso retinico, rappresenta per l'optometrista, un'immagine di varia natura che, se saputa comprendere e interpretare, fornisce preziose indicazioni oggettive sullo stato refrattivo e cognitivo; per riuscire a intendere il vero significato del riflesso risulta indispensabile conoscere i punti di riflessione da cui esso proviene. Il fascio di luce che compone il riflesso retinoscopico rappresenta l'esito della riflessione dei raggi emessi dallo strumento; i quali attraversano il percorso ottico oculare due volte, uscendo dalla pupilla da cui sono entrati precedentemente⁹. L'inversione di direzione avviene sul fondo oculare, permettendo l'analisi della luce uscente dal sistema; il senso di marcia è invertito grazie a una combinazione di riflessioni dovute a disomogeneità negli indici di rifrazione delle varie superfici e tessuti⁹. Dal fondo oculare derivano riflessioni speculari, le cui intensità sono ricavabili attraverso la formula di Fresnel per le interfacce ottiche a superficie concava a strati⁹ (come avviene agli strati tra vitreo, retina, epitelio pigmentato e coroide). Sebbene non interferiscano significativamente con l'analisi del riflesso del fondo oculare, vengono a crearsi riflessioni speculari anche sulle interfacce dei mezzi trasparenti dell'occhio, queste riflessioni speculari sono dette "immagini di Purkinje-Sanson"9.

La formula di Fresnel è la seguente:

$$r = \left[\frac{n'-n}{n'+n}\right]^2$$

Nella formula r indica la riflettanza o riflettività dell'interfaccia di riferimento, il valore va da 0 a 1. Il termine n' rappresenta l'indice di rifrazione del mezzo nel quale la luce entra, invece n indica quello del mezzo da cui la luce incidente proviene⁹.

La *riflessione speculare* che proviene dalla membrana limitante interna è di debole intensità (circa il 0.08% della luce incidente) ma la sua vicina collocazione al *fundus*, può confondere la valutazione del riflesso retinico⁹.

La membrana limitante interna si comporta come un riflettore speculare vicino al centro dell'occhio, la quale produce un effetto di *retroriflessione* ai raggi incidenti secondo la normale della superficie, che vengono riflessi uscendo in gran parte dal foro pupillare⁹.

Autori come Millodot e O'Leary evidenziarono il significativo contributo della superfice vitreo-retinica (membrana limitante interna) nel riflesso del fondo durante la retinoscopia in soggetti giovani ¹⁶. La struttura anatomica della zona centrale della fovea, detta foveola, presenta un "affossamento" con diametro minore di un millimetro ⁶³. Questa particolarità rende complesso il percorso di riflessione dei raggi incidenti poiché in questa zona la membrana limitante interna subisce una brusca variazione di curvatura passando da convessa a concava.

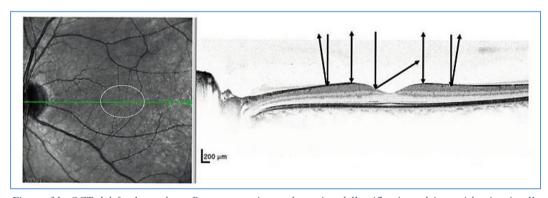


Figura 31: OCT del fondo oculare. Rappresentazione schematica della riflessione dei raggi luminosi nella zona foveale. (da Birgit L, Michael C. B, Pediatric Ophthalmology, Neuro-Ophthalmology, Genetics: Strabismus - New Concepts in Pathophysiology, Diagnosis and Treatment

Nel 1962, un oftalmologo di nome Ronald Brückner studiò un semplice metodo per la diagnosi dello strabismo in bambini di età inferiore a 3 anni⁶⁴; la semplice procedura consisteva nell'illuminare dalla distanza di 1 metro entrambi gli occhi con un oftalmoscopio, osservando alcuni aspetti tra cui il colore del riflesso ottenuto. Le osservazioni di Brückner si basarono sugli studi di Roe e Guyton, che riconobbero il ruolo della membrana limitante interna nella riflessione del fondo retinico⁶⁴. Le evidenze cliniche usando il test ideato da Brückner misero in luce di come fosse influente l'incidenza dei raggi uscenti dall'oftalmoscopio rispetto alla zona foveale: se il ruolo della membrana vitreo-retinica risulta fondamentale, allora il fascio riflesso quando il paziente fissa la sorgente luminosa (situazione di fissazione centrale in cui i raggi vengono focalizzati nell'area foveale) non torna indietro verso l'osservatore perché la conformazione della foveola non lo permette riflettendo i raggi lontano dal foro pupillare, di conseguenza il riflesso apparirà agli occhi dell'operatore meno luminoso⁶⁴.

Guyton e Roe credevano nel fatto che il riflesso retinico sarebbe diventato meno luminoso quando l'esaminato avrebbe fissato la sorgente luminosa dell'oftalmoscopio, creando una coniugazione tra i due piani⁶⁴.

Questo principio, permetteva di concludere che se ci fosse stato un disallineamento e quindi una riflessione dei raggi nella regione parafoveale, la riflessione sarebbe stata coassiale e diretta verso la pupilla, creando un riflesso retinico di maggiore luminosità (principio usato nella diagnosi di strabismi)⁶⁴. Questa osservazione spiega perché nei primi giorni di vita dei bambini il riflesso non subisce diminuzioni di luminosità con fissazione centrale, poiché l'affossamento foveale non è ancora ben delineato⁶⁴.

La membrana limitante interna può essere considerata come uno specchio concavo e semitrasparente con un raggio di curvatura di circa 12 mm e centro di curvatura sull'asse ottico oculare⁹. Sebbene questa superficie crei un riflesso, ricercando la neutralizzazione durante una retinoscopia a scopo refrattivo, minimizziamo l'effetto riflettente della membrana limitante interna perché con l'anteposizione delle lenti focalizziamo l'immagine creata dal riflesso speculare di una distanza assiale di circa 200-245 µm posteriormente a essa, facendo corrispondere la membrana vitreo-retinica con l'epitelio pigmentato e la membrana limitante esterna; le quali sono direttamente candidate a essere le effettive superfici di riflessione⁹.

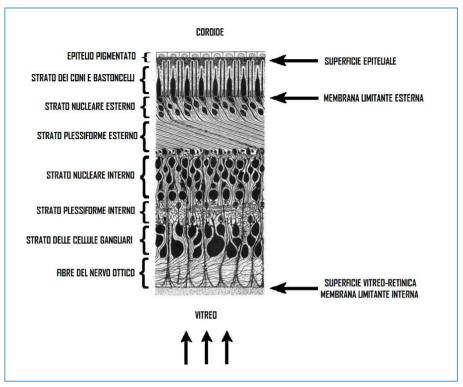


Figura 32:Rappresentazione grafica degli strati retinici. (modificata da Borish I.M., Clinical Refraction)

La superficie retinica direttamente responsabile per la rilevazione delle immagini durante la *refrazione soggettiva* è la *membrana limitante esterna*⁶⁵.

Questa membrana separa i nuclei e i segmenti interni dei fotorecettori dai loro segmenti esterni fotosensibili⁹; questo strato si situa approssimativamente 45 µm anteriormente all'epitelio pigmentato e 200 µm posteriormente alla membrana limitante interna⁹. Nonostante non ci sia omogeneità negli indici di rifrazione dei vari strati retinici, la retina si può considerare trasparente fino a che i raggi incidenti non incontrano la membrana limitante esterna⁹.

I *recettori retinici* agiscono come "*guide d'onda*" per la luce visibile a causa della loro struttura tubulare e grazie al *gradiente* all'interno e all'esterno della membrana, del loro segmento esterno⁶⁶. L'insieme di coni e bastoncelli, operano come una piastra in fibra ottica che va dalla membrana limitante esterna e l'epitelio pigmentato retinico⁶⁶. Ne consegue che i raggi che arrivano alla membrana limitante esterna sono trasmessi in modo efficiente ai segmenti fotosensibili esterni dei fotorecettori, grazie alla proprietà di guida-d'onda intrinseca degli stessi.

La luce *riflessa* dal fondo può essere divisa in due componenti⁹:

- Una componente di riflessione diffusa: detta anche "backscattered o retro diffusa",
 è il risultato della dispersione (o scattering) della radiazione incidente su delle molecole microscopiche e macroscopiche all'interno del volume retinico, dell'epitelio pigmentato, coroide e sclera.
- 2. *Una componente di riflessione diretta:* che è il risultato della riflessione da parte degli strati tra retina e epitelio.

Il fenomeno di riflessione *diffusa* consiste nella retro diffusione dei raggi incidenti attraverso un grande angolo solido; la fuori uscita di questi raggi riflessi è in parte bloccata dal diametro pupillare⁹. Se si considera un occhio avente una pupilla di 4 mm distante circa 20 mm dal fondo oculare, l'angolo solido attraverso il quale la luce può uscire è solo di 0.0314 steradianti⁹. Se si presuppone che la diffusione sia uguale in tutto il fondo, meno del 3.14 % del riflesso prodotto uscirebbe dalla pupilla⁹. Nello spettro della luce visibile la riflettività dell'epitelio pigmentato è compresa tra il 0.5% e il 7.0% ⁶⁷, ne deriva che la porzione di luce incidente che ritorna dopo la riflessione sull'epitelio pigmentato è compresa tra il 0.016% e il 0.22%, una percentuale relativamente simile a quella riguardante la membrana limitante interna pari a 0.08% ⁶⁷. Analizzando questi valori si può notare come il riflesso corneale (2.1% dei raggi incidenti)⁹ o la diffusione attraverso delle possibili opacità nei mezzi ottici, siano in grado di interferire con una refrazione oggettiva⁹.

La componente di luce *diffusa* proviene prevalentemente da fonti come l'epitelio pigmentato e la coroide. Le due strutture sono di formazione complessa e eterogenea, nelle quali sono fondamentali i componenti assorbitori di luce come la *melanina*, *emoglobina* e la *xantofilla*⁶⁷. La più alta concentrazione di *melanina* si trova nell'epitelio pigmentato; il grado di pigmentazione del fondo oculare è molto importante poiché è il fattore che influenza di più la grandezza e la forma dello spettro di riflettanza generale⁶⁷. Lo spettro di assorbimento della melanina è stato dimostrato avere decrescenza monotona con l'aumentare della lunghezza d'onda dello spettro visibile⁶⁸. L'*emoglobina* si trova in concentrazione più alta nella fitta rete corio-capillare, situata posteriormente all'epitelio pigmentato e con uno spessore vicino ai 10 μm⁶⁹. La *xantofilla* è il pigmento maculare, esso è localizzato a livello della membrana limitante interna e si estende in un'area di diametro compreso tra 0.5-2.0° centrata sulla fovea⁶⁷. L'assorbimento di questo pigmento, più elevato per *luci blu*, è riconosciuto in molti soggetti dal fatto che la riflettività

foveale è minore di quella perifoveale per valori di lunghezze d'onda minori di $520 \, \mu m^{67}$.

La luce che ritorna dalle strutture che presentano questi pigmenti è il risultato di una concorrenza tra assorbimento e retrodiffusione. I riflessi del fondo oculare acquisiscono così un colore rossastro durante la retinoscopia^{9,67}.

La componente *diretta* dell'origine del riflesso retinico proviene da un sottile strato tra la retina e l'epitelio pigmentato, dovuto probabilmente alla riflessione (che segue il profilo di Fresnel) sui granuli di melanina dell'epitelio pigmentato. L'indice di rifrazione dei granuli è piuttosto alto (1.7) se confrontato con quello del tessuto circostante (1.34), in questo modo i granuli di melanina riflettono l'1.2% della luce incidente⁶⁷. La luce riflessa viene direzionata verso i fotorecettori che guideranno le radiazioni luminose grazie alla loro proprietà intrinseca, in questo modo il fascio di luce proseguirà il suo percorso con un'intensità avente profilo Gaussiano, mantenendo tale profilo anche con la sovrapposizione a livello pupillare⁹. È interessante come secondo alcuni studi si sia evidenziato che circa metà della luce riflessa dall'interfaccia tra retina ed epitelio, mantenga la stessa polarizzazione; ciò presuppone che non ci sia scattering multiplo nel momento della riflessione che causerebbe invece depolarizzazione⁹.

Delori e Pflibsen studiarono lo spettro di riflettività del fondo oculare secondo alcuni modelli teorici: il loro studio evidenziò come la grandezza, il valore di riflettività e l'apparente profondità del volume in cui avviene la retro-diffusione, dipendano fortemente dalla lunghezza d'onda della luce incidente. *Gli elementi assorbitori sono meno efficienti per lunghezze d'onda maggiori*⁶⁷.

La *retro diffusione* di radiazioni infrarosse si verifica nell'epitelio pigmentato e coroide ma risulta massima nell'interfaccia posteriore tra coroide e sclera. Questa differenziazione è importante perché il riflesso valutato per una rifrazione *oggettiva con strumenti automatizzati*, irraggia il fondo con radiazioni infrarosse; perciò grazie alla alta riflettività della sclera (40-50%) i raggi infrarossi sono retro-diffusi attraverso coroide ed epitelio pigmentato, fornendo all'analisi un riflesso generatosi posteriormente alla retina⁶⁷.

L'epitelio pigmentato, rappresenta quindi una struttura capace di riflettere la luce in modo diffuso; l'interfaccia che crea con i vari strati della retina essenzialmente trasparenti, è la superficie da cui proviene il riflesso retinico.

Tuttavia la funzione di guida-d'onda dei fotorecettori retinici, trasmette le qualità ottiche dell'epitelio pigmentato alla membrana limitante esterna⁷⁰; *perciò durante la retinoscopia l'effettiva superficie riflettente (per la luce visibile) è proprio la membrana limitante esterna*⁷⁰.

Il meccanismo di guida-d'onda secondo alcuni studi sembra essere meno efficiente per radiazioni infrarosse⁹, presupponendo che durante una autorefrattometria la superficie di riflessione sia quella tra retina e epitelio. In letteratura vi sono autori come Williams e altri colleghi che affermarono come questa proprietà fosse invece sufficientemente efficiente⁹. I lavori di Lopez-Gil mostrarono come la membrana limitante esterna fosse l'effettiva superficie riflettente anche in caso di radiazioni infrarosse⁷¹.

Da queste informazione si può evincere che, nel caso di una refrazione oggettiva con luce visibile, la superficie riflettente coincida con quella analizzata in una refrazione soggettiva. Il volume delle strutture che ne causano diffusione sono poco influenti e la riflessione della luce visibile avviene quasi specularmente. La luce infrarossa risulta essere più retro-diffusa a livello di epitelio e coroide, rendendo il riflesso prodotto più diffuso e meno definito di quello prodotto da luce visibile^{71,72}.

2.5.2: I cambiamenti nel riflesso retinoscopico: Book Retinoscopy.

Alcune delle informazioni più importanti durante la *Book Retinoscopy* sono le variazioni di colore e brillantezza del riflesso retinico che possono verificarsi anche con una stabilità accomodativa²². Queste informazioni hanno attratto molti specialisti interessati direttamente all'aspetto funzionale dell'esame visivo e vari autori cercarono di dare una spiegazione sia ottica e fisiologica ai fenomeni evidenziati durante la procedura²².

Arnold Gesell, il primo a sperimentare la tecnica, ipotizzò fin da subito che le variazioni di colore e luminosità del riflesso fossero dovute a diverse quantità di luce assorbita dalla retina¹¹: maggior luce assorbita avrebbe portato a un riflesso "dull", mentre meno assorbimento luminoso avrebbe condotto a un riflesso "brighter" (più brillante). Kruger⁴⁹, rifacendosi a Harmon (1966), ipotizzò che variazioni di colore fossero dovute a cambiamenti volumetrici di sangue delle arterie retiniche (irrorazione sanguigna), che secondo Harmon sarebbero soggette a dilatazioni o costrizioni in base alle attività attentive del soggetto. L'autore ipotizzò inoltre un cambiamento di indice refrattivo della retina durante le attività di problem

solving. Miller e Drucker suggerirono la presenza di un circuito di feedback capace di controllare lo stato accomodativo, causando le variazioni del riflesso⁵⁸.

Lo stesso Kruger, eseguendo la Book Retinoscopy, svolse importanti studi relazionando prima l'accomodazione alla luminosità del riflesso retinico e successivamente alle attività cognitive svolte dal soggetto 46,47,48,49,50; l'autore riscontrò che le variazioni di luminosità non avvenivano installando atropina nel soggetto, incentivando il ruolo accomodativo nella luminosità del riflesso. Questi studi eseguiti con un retinoscopio fotoelettrico (non controllato dall'uomo), furono fondamentali per contrastare le idee di quei professionisti che sostennero che le variazioni nel riflesso fossero dovute a errori di procedurali e sistematici 61.

Nonostante siano passati più di 50 anni, dalla scoperta di questi fenomeni, una spiegazione esaustiva sull'origine del cambiamento nel colore del riflesso non è ancora stata data. Kruger ha ben sottolineato l'influenza dell'accomodazione nel riflesso retinoscopico, dimostrando che la variazione di intensità della luce incidente è la causa maggiore per il cambiamento in brillantezza. Quando la luce che colpisce il fondo oculare è fuori fuoco viene diffusa su un'ampia superficie retinica, il cui diametro dipende dal potere accomodativo in uso²². Se il fuoco si avvicina al fondo oculare si avrà un riflesso "brighter", mentre quando il fuoco si allontana il riflesso diviene "dull" (più cupo).

Le ipotesi sul colore riguardanti il flusso ematico oculare (teoria di Harmon) e quindi la variazione nei livelli di assorbimento della luce, non sono state ancora dimostrate ma sembrano essere le più plausibili per spiegare il cambiamento notato durante le attività cognitive: le quali, influenzando l'attivazione del sistema nervoso autonomo, producendo incrementi o rallentamenti del flusso sanguigno coroideale. In una personale discussione con Kruger, relativa alle cause dei cambiamenti cromatici eseguendo la Book Retinoscopy, egli dando una spiegazione di tipo "ottico", suppone che l'aberrazione cromatica longitudinale (che risulta essere un fattore di attivazione accomodativa) possa condizionare il colore riflesso eseguendo la Book Retinoscopy. L'aberrazione cromatica longitudinale (in funzione della lunghezza d'onda) e la relativa alterazione del fronte d'onda e dispersione della luce, è causa di sfocature (defocus) miopiche o ipermetropiche, causando focalizzazioni a livello retinico di diverse lunghezze d'onda. La diversa efficienza dell'attività di guida d'onda dei fotorecettori in base alla lunghezza d'onda incidente, in aggiunta, alla variazione di del grado di assorbimento degli elementi

assorbitori della luce, potrebbero far variare l'aspetto cromatico del riflesso retinico in seguito a queste aberrazioni.

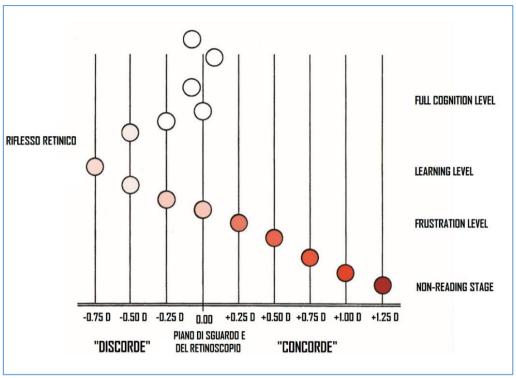


Figura 33: Rappresentazione grafica delle variazioni cromatiche visibili durante la Book Retinoscopy. (modificata da Getman G.N, Developmental Optometry: introduction to behavoral optometry)

Malgrado non ci siano studi dimostranti le ipotesi fatte negli anni, quello che si evince dalle evidenze cliniche, è come le variazioni visibili dall'optometrista nel riflesso retinoscopico siano il risultato manifesto di una concomitanza multifattoriale di componenti ottici e fisiologici intrinseci all'individuo.

CAPITOLO 3: RETINOSCOPIA DINAMICA E STRESS.

3.1: Lo stress.

3.1.1: L'origine del concetto di stress.

La prima definizione "moderna" e scientifica del concetto di *stress*, può essere attribuita ai lavori eseguiti da Claude Bernard nella seconda metà del 1800⁵². Bernard, era un medico francese, ricercatore e filosofo, che più di 100 anni fa notò che una particolarità degli esseri viventi è la loro capacità di mantenere uno stato di *equilibrio interno* di fronte alle variazioni dell'ambiente esterno. Secondo il medico francese, la *conservazione* di un ambiente interno stabile era l'obiettivo primario per ogni organismo vivente; la malattia era considerata un "venir meno" della costanza nel mantenimento dell'equilibrio interno all'individuo⁵².

Nei successivi anni, grazie alle osservazioni fatte da Bernard, ci fu un interessamento scientifico-filosofico a quell'approccio dinamico con cui un essere vivente manteneva la sua stabilità interna, combattendo ogni influenza esterna.

Herrick⁷³ nel 1924 durante la sua revisione della fisiologia animale, introdusse il concetto di *"regolazione biologica"*, inteso come "processo fisiologico di aggiustamento continuo da parte dell'organismo in riposta al flusso delle condizioni circostanti, per ripristinare l'equilibrio necessario alla sopravvivenza"; Cannon⁵² nel 1929 descrisse due aspetti di questo fenomeno: definì il *"riaggiustamento delle condizioni normali"* come *"omeostasi"* e propose un processo di risposta dell'organismo a una "minaccia", chiamandolo *"combattimento o fuga"*. Il processo di combattimento o fuga, indica la preparazione dell'organismo a compiere una scelta: attaccare o ritirarsi.

3.1.2: L'idea di Selve.

Mentre Cannon e Herrick pubblicarono le loro teorie, fu Hans Selye che cominciò a porre le basi per lo sviluppo della odierna teoria dello stress. Il termine *Stress* fu nominato per la prima volta da Selye nel 1936, che durante i suoi iniziali esperimenti su animali da laboratorio, definì questo concetto come l'indice di

risposta dell'organismo alle "ingiurie" ⁵². Selve indicò che lo *stress* è la risposta a quei principali fattori causali detti *stressori* ⁵².

Nel 1974, Selye definì lo stress come "la risposta *non specifica* del corpo a *qualsiasi* richiesta gli venga posta" ⁵². La definizione rimarcò l'idea di stress come la *risposta* a qualcosa (specifica), proponendo una *non specificità* delle cause (la stessa risposta potrebbe essere causata da un qualsiasi tipo di agente). La *non specificità* risulta essere una caratteristica dello *stressore*, il quale è provocatore di due effetti: una risposta *specifica*, che ne contraddistingue la natura; e una risposta *non specifica*, intesa come sindrome comune a tutti gli stressori. *La "risposta stress"*, secondo Selye, rappresenta il risultato finale delle interazioni dell'individuo con il suo ambiente⁵².

La *risposta stress* può essere indotta da cambiamenti fisico-fisiologici (ginnastica, sbalzi di temperatura, rumore, malattia, dieta), interazioni sociali (matrimonio, cambiamenti economici), atteggiamenti personali, psicologici, emozionali.

L'adattamento è un meccanismo biologico rappresentante l'elemento principale della risposta-stress⁵². L'obiettivo dell'adattamento è quello di preservare l'equilibrio o "omeostasi" secondo Cannon, neutralizzando gli effetti dello stressore, minimizzandoli alla più piccola area in grado di rispondere alle esigenze specifiche della situazione⁵². Il maggior contributo di Selye alle teorie sullo stress è la Sindrome di Adattamento Generale a tre stadi (GAS). La sindrome è detta⁵²: generale perché è prodotta da agenti che hanno un effetto generale su parti estese del corpo; adattiva perché stimola la difesa all'attività stressoria; sindrome perché le sue manifestazioni individuali sono dipendenti l'una dall'altra.

Selye definì anche la LAS, come *Sindrome di Adattamento Locale* dovuta all'azione specifica di alcuni stressori su una precisa parte del corpo (puntura di un'ape, mal di denti, lettura di un libro). Uno stress *locale*, se sufficientemente consolidato, può indurre una reazione di stress *generale*⁵². Le due sindromi sono contraddistinte da questi tre stadi⁵²:

1. La reazione di allarme: è la risposta iniziale allo stressore, caratterizzata dall'attivazione del sistema nervoso simpatico e dall'inibizione di quello parasimpatico, dalla dilatazione adreno-corticale, da una scarica di adrenalina, da un aumento di concentrazione dei componenti del sangue e da una perdita di peso. Ne consegue un aumento del battito cardiaco, della respirazione, della pressione sanguigna e dell'attività della ghiandola

- sudorifera. Questa fase può rappresentare il concetto di *combattimento o fuga* proposto da Cannon.
- 2. Lo stadio della resistenza: Selye affermò che "nessun essere vivente può essere mantenuto costantemente in uno stato d'allarme". Questa fase si verifica al superamento della reazione d'allarme, con un vero e proprio adattamento allo stressore. Il sistema corporeo cerca di minimizzare gli effetti stressori e ripristinare le funzioni normali, con l'attivazione del sistema nervoso parasimpatico e inibizione del simpatico; lo stadio è caratterizzato dall'accumulo di adrenalina, invece di una scarica, da una diluizione sanguigna e un ritorno al peso corporeo normale. La resistenza dell'organismo rispecchia il principio dell'omeostasi di Cannon, per ripristinare l'equilibrio delle funzioni influenzate dallo stressore.
- 3. Lo stadio dell'esaurimento: Secondo il pensiero di Selye, l'adattamento richiede energia e il consumo di questa energia, porta ad un livello di esaurimento. L'autore ipotizzò l'esistenza di un "energia di adattamento", di quantità limitata; quando l'energia arriva a un punto di esaurimento in seguito a ripetuti e continui effetti stressori, il meccanismo di resistenza (adattamento) non è più sfruttabile conducendo l'individuo fino alla morte.

Lo stress è associato quindi a tutte le attività, risulta essere fondamentale per vivere, ma uno specifico stressore non influenza allo stesso modo tutti gli individui, anche in termini di tempo d'adattamento. Il tipo di stressore, la sua persistenza, le reazioni non-specifiche dell'individuo, gli effetti psicologici delle conseguenze e la natura genetica dell'organismo, sono le variabili fondamentali delle diverse risposte-stress che influenzano i processi di adattamento. Selve riconobbe le variabili tra gli stressori, differenziandone l'effetto definendo: eustress lo "stress positivo" causato da stressori apparentemente piacevoli, benefici; e distress lo "stress negativo" causato da eventi negativi, sgradevoli⁵². Un'altra variabile riconosciuta da Selye, decisiva per la differenziazione fra eustress/distress, fu quella della personalità. L'autore differenzia l'essere umano in due categorie di personalità⁵²: i "cavalli da corsa", sono i soggetti che beneficiano di situazioni di pressione e frenesia; le "tartarughe" invece sono coloro che raggiungono un equilibrio con situazioni ambientali di pace, quiete e tranquillità. Per un soggetto "cavallo da corsa", una situazione di tranquillità rappresenta un distress; per un individuo "tartaruga" rappresenta una condizione positiva di *eustress*.

3.2: Lo stress visivo.

Lo stress visivo rappresenta una delle maggiori conseguenze localizzate delle risposte-stress dell'organismo. Molte disfunzioni visive, sono principalmente indotte da condizioni di distress. La società odierna, basata su una cultura tecnologica incentrata su attività visive prossimali, richiede all'individuo una performance (visiva) elevata per far fronte a processi d'apprendimento e istruzione; causando un aumento della gravità degli effetti dello stress visivo nella vita dell'individuo.

L'intensità del compito visivo è uno dei fattori di maggior influenza sulla rispostastress visiva. L'intensità con il quale viene eseguito il compito visivo è in stretta relazione con il grado di arousal fisiologico (grado di attivazione nervosa); l'arousal è correlato al livello di attenzione dell'individuo; l'attenzione si relaziona a sua volta con lo sforzo mentale; lo sforzo mentale varia in base alle richieste visive del compito, come il caricamento e il recupero di informazioni nei sistemi cognitivi di memorizzazione, il problem-solving o il pensiero di ragionamento. Questa serie di generali relazioni, comporta che maggiore è l'intensità adottata dall'individuo per risolvere il compito visivo, maggiore sarà la risposta-stress⁵².

Durante un'attività visiva richiedente sforzo mentale, l'individuo può percorrere varie azioni di adattamento in seguito a una *risposta di allarme* dell'organismo. Un approccio iniziale potrebbe essere quello del *combattimento* (*catatossico*), riferendosi all'idea di Cannon: il soggetto si impegna diligentemente nel compito visivo con la massima attenzione e concentrazione, cercando di svolgerlo nel modo più efficiente⁵². Una seconda fase *sintossica* (flusso) potrebbe portare l'individuo a tollerare lo stressore cercando un rapporto di "convivenza": comporta l'esecuzione dell'attività visiva con il minimo livello tensionale, con conseguenze psicologiche che portano a non preoccuparsi della difficoltà o del tempo impiegato, prendendosi delle pause senza rimorsi⁵². Un'ulteriore strada percorribile è quella dell'*evasione* o della *fuga* (secondo Cannon): in cui il soggetto tende a *evitare* completamente il compito visivo, non preoccupandosi delle conseguenze⁵². L'approccio dello *spavento o della paura* consiste in una *paralisi* dell'azione, una forma di immobilità che può essere considerata come una profonda interiorizzazione della *fuga*⁵².

Il concetto di stress visivo introdotto da Skeffington (Skeffington, 1950) può essere riassunto nella sua affermazione: lo stress visivo proviene "dal compito visivo centrato al punto prossimo biologicamente inaccettato, socialmente compulsivo, che provoca una reazione di allontanamento e che diventa una spinta a centrare più vicino nello spazio visivo"52.

Skeffington riporta con questa definizione ciò che molti altri professionisti hanno evidenziato: il compito di visione prossimale è quello che più conduce a una risposta-stress. Il pensiero di Skeffington non verteva sul principale ruolo poiché accomodativo nella risposta stressoria, egli non considerava l'accomodazione nell'individuo pre-presbite (età inferiore ai 35 anni) un problema primario, come invece accade per un soggetto presbite. Il compito al punto prossimo sarebbe stato una delle cause principali di stress, per la maggior domanda attentiva richiesta e la maggior intensità di acquisizione di significato in questa area spaziale rispetto a distanze maggiori (Skeffington, 1955)⁵². I concetti di stress proposti da Skeffington col tempo inclusero l'affaticamento nel risolvere problemi e lo sforzo cognitivo di mantenimento delle risorse attentive per l'equilibrio tra "figura" e "periferia" (rifacendosi a concetti Gestaltisti, Skeffington, 1956)⁵².

La definizione di Skeffington ipotizza una "reazione di allontanamento" che si traduce nel sistema visivo in una "spinta a centrare più da vicino nello spazio". L'allontanamento è visto da Skeffington come un tentativo di fuga dell'individuo da i compiti visivi centrati da vicino imposti dalla cultura; l'autore ipotizzò la necessità umana di fuggire lontano (fisicamente) da ogni compito troppo vicino (Skeffington, 1957)⁵². Egli suggerisce una trasformazione della "reazione d'allontanamento" in una "spinta a centrare più da vicino nello spazio", una tendenza all'iperconvergenza (esoforia) riconosciuta clinicamente come fattore di riduzione della capacità di performance individuale⁵². Questa "spinta" a iperconvergere sembra relazionarsi anche con un fenomeno coinvolgente l'accomodazione, detto di "avvicinamento". Questo fenomeno si osserva quando i soggetti coinvolti in un compito visivo prossimale tendono ad avvicinarsi allo stimolo o a portarlo più vicino a essi. Lo studio di Phelan e Kephart mise in luce la tendenza di alcuni bambini ad avvicinarsi sempre di più alla pagina, come reazione all'aumento della difficoltà di lettura; annotando in essi anche un movimento retinoscopico discorde, indicando un'attivazione di tipo parasimpatico del sistema accomodativo⁵². Dallo studio emerse come il fenomeno dell'*avvicinamento*, possa essere visto come un tentativo psicologico di ricondurre la funzione visiva più vicina spazialmente, in seguito alla tendenza stress-fisiologica di iperconvergenza;

e che possa essere relazionato a tendenze di iperconvergenza e iperaccomodazione, anche non contemporanee⁵². Le tendenze di iperconvergenza e accomodazione possono inoltre essere viste come risultato di un meccanismo organismico di "restringimento", condizionato dal rapporto intrinseco al soggetto di figurasfondo⁵². Il soggetto che diventa più focale (centrale), tenderà a ignorare le informazioni visive provenienti dall'ambiente esterno (sfondo, periferia); in termini di restringimento, *l'avvicinamento* può essere espresso come una risposta-stress attuata dall'organismo per *forzare* i processi attentivi nel compito, reprimendo, quegli input retinici periferici e diminuire così le possibili distrazioni, con lo scopo di migliorare il coinvolgimento individuale durante la performance.

Forrest propose un modello comportamentale di stress in cui i meccanismi di accomodazione e convergenza, operano insieme in processi di *identificazione* e *centratura* per soddisfare il processo omeostatico necessario all'organismo in situazioni stressorie⁵². La "*centratura*" viene descritta da Skeffington (1958) come "la selezione di aree nello spazio per l'attenzione e il significato"; lo scopo di essa è quello di informare l'individuo sulla posizione di qualcosa, non dipendendo dal solo allineamento oculare⁵². "*L'identificazione*" precedentemente descritta da Skeffington (1957) come "la capacità di aggregare le esperienze da singoli e organizzati elementi nell'esperienza... combinando l'enorme ammontare di esperienze che devono precederla", viene proposta da Forrest come l'azione che fornisce "ciò che qualcosa è", non dipendente dalla sola focalizzazione di luce sulla retina⁵².

Forrest propose sulla base del modello teorico di Skeffington, quattro stili adattivi adottabili dall'organismo per far fronte all'iniziale risposta simpatica, in reazione allo stressore visivo⁵². I primi due sono simili nello scopo finale, che è quello di ripristinare l'equilibrio accomodativo sul piano di sguardo, coincidendo con il processo identificativo; questi stili si differenziano per il metodo usato per riavvicinare l'accomodazione (rilassata dall'innervazione simpatica): utilizzando l'accomodazione convergente o la convergenza accomodativa⁵². Forrest evidenzia che in entrambi gli stadi vi si presenta una tendenza a convergere in una posizione più vicina a quella di accomodazione⁵². Il terzo stadio presenta una possibilità di equilibrio accomodativo grazie all'interazione simpatica-parasimpatica ma senza possibilità di far fronte all'iperconvergenza provocata, causando instabilità fusionali per un *collasso* della convergenza (allontanata dal piano di sguardo)⁵².

Nel quarto stadio, più raro, vi è un distacco psicologico per ridurre l'ansietà dello stress, dove sia l'accomodazione che la convergenza si allontanano dal piano di sguardo, gravando sulla performance visiva individuale⁵².

Una riconciliazione fisiologica dei modelli teorici di Skeffington fu incentivata da Darrel Boyd Harmon; il quale era un esperto in molti campi differenti, come la pediatria, la cinesiologia, l'architettura, l'illuminotecnica, l'ingegneria, la pedagogia, il diritto penale e, infine, anche della performance di visione ⁵². Harmon ha lasciato un'impronta fondamentale nello sviluppo dell'optometria comportamentale, grazie agli studi sugli effetti delle lenti oftalmiche sulla visione, la postura e le distanze di lavoro, utilizzando come strumenti il retinoscopio e l'elettromiografo ⁵². Come altri autori, egli aveva registrato un movimento discorde in retinoscopia e una costrizione del diametro pupillare con la visione di un determinato target.

Harmon differenziava due reazioni in particolare⁵²: una reazione meno marcata, avveniva quando il target di fissazione si posizionava alla distanza di estensione corporea (lunghezza degli arti superiori), o quando il contatto tattile nell'età dello sviluppo rinforzava il sistema visivo; una reazione più marcata e più forte, quando il target nel test si posizionava alla distanza nel quale il soggetto portava il materiale da lettura, per cercarne l'acquisizione di significato. Le annotazioni di Harmon indicavano che le risposte-stress potevano essere condizionate anche dalle aree spaziali di provenienza e stimolarono il progresso del pensiero di Robert Kraskin, il quale grazie alle sue ricerche sviluppò la tecnica retinoscopica detta "stress-point retinoscopy".

Elliot B. Forrest discusse con Kraskin di ciò che era stato osservato da Harmon, includendo le evidenze fisiologiche derivanti dalle teorie sullo stress: una reazione simpatica iniziale conduce a una successiva risposta parasimpatica. Kraskin²⁵ confermò queste evidenze con le sue indagini: egli notò un movimento discorde (incremento accomodativo di origine parasimpatica) e una costrizione pupillare, preceduto da un movimento concorde (rilassamento accomodativo di origine simpatica) e una dilatazione del diametro pupillare.

3.2.1: Lo sforzo nei modelli di stress visivo.

I modelli teorici di stress-visivo proposti negli anni, furono basati su principi di *sforzo* in alcuni aspetti della funzione visiva⁵².

Si ritiene che la risposta-stress sia causata: da uno sforzo accomodativo necessario per la focalizzazione prossimale e il contrasto di eventuale ipermetropia; da uno sforzo di vergenza (convergenza) necessario alla visione prossimale e per il superamento di un'exoforia. Alcuni esperti ritennero che lo sforzo possa essere causato dalla necessità di ridurre il lag o lead d'accomodazione (l'accomodazione si posiziona più vicina del piano di sguardo), in base alla tendenza di portare l'accomodazione e la convergenza verso i punti detti di dark focus e dark vergence⁷⁴. Il dark focus è lo stadio di riposo dell'accomodazione, riportato da Leibowitz e Owens⁷⁵ con una media di 1.52 D (D.S= 0.77, escursione da 0 a 4 D); fu definito da Gawron⁷⁶ successivamente come un stato di equilibrio tonico tra l'azione del simpatico e parasimpatico. Il concetto di dark vergence, nasce dal pensiero che una posizione di riposo implica un certo grado di attività di vergenza tonica: in condizioni di stimolo assente vi è un'equilibrio di innervazione dei muscoli mediali e laterali tanto da indurre una vergenza intermedia nello spazio⁵². Nel modello di stress fisiologico proposto da Forrest, lo sforzo rappresenta la necessità di riportare l'accomodazione allontanatasi con la risposta d'allarme simpatica e, per bloccare l'iperconvergenza indotta.

Nel modello di Skeffington, lo *sforzo* non può essere causa dello stress, ma semmai il risultato. Egli accetta un eventuale lag accomodativo e di convergenza, teorizzandoli come meccanismi omeostatici di protezione del sistema visivo.

Secondo Skeffington, la fatica è sperimentata dal soggetto nel caso ci sia una perdita di significato e i risultati vengono percepiti come insoddisfacenti e fallimentari allo scopo della performance visiva⁵². L'autore ipotizza un livello individuale di performance accettabile; se la performance rimane sopra questo livello il soggetto tenderà a non presentare sintomi stressori, se invece la performance scende di qualità, si manifestano sintomi di disagio, ansia, perdità di desiderio. Lo stress in termini di sforzo, per Skeffington non sarebbe di provenienza fisiologica, ma di causa comportamentale, definendo il concetto del "contenimento" (1969): i compiti intellettivi da vicino provocherebbero una perdita di estensione di libertà, una limitazione del movimento e dell'apprendimento⁵². Il punto di vista fisiologico proposto da Forrest, dà meno importanza stressoria ai concetti di contenimento e sostiene invece l'importanza dell'atteggiamento iniziale verso una situazione di

stress; lo stato d'animo individuale verso un compito visivo si sovrappone al "contenimento". Il processo indotto dallo stress visivo, il modo in cui si sviluppa, sono determinati dallo stato mentale, il quale regola le relazioni "centroperiferiche" che trasformano i sintomi in problemi visivi.

3.3: La Stress-point Retinoscopy.

3.3.1: Sviluppo della Stress-point Retinoscopy.

La tecnica di retinoscopia dinamica detta *Stress-point Retinoscopy*, si sviluppò grazie agli studi condotti da Darrel Boyd Harmon nel 1950 sul rapporto tra stress visivo, postura e variazioni fisiologiche monitorizzabili nell'intero organismo²². Le ricerche di Harmon furono eseguite all'istituto neurologico di Austin, in Texas: egli registrò in un filmino sulle risposte elettromiografiche e le risposte all'anteposizione di lenti su mille bambini^{7,77}. Harmon osservò che se un target fissato dal soggetto viene avvicinato o allontanato da esso, si possono verificare variazioni elettrofisiologiche specifiche⁷. In queste condizioni, se viene effettuato un controllo dinamico con il retinoscopio, si osserva un punto preciso in cui il riflesso retinico subisce una brusca *variazione cromatica*²⁵: il riflesso inizialmente di aspetto brillante (*brightening*) diventa immediatamente spento (*dulling*), per poi ritornare allo stato di luminosità iniziale (*brightness*). In questo momento specifico, Harmon prese nota di un abbassamento della pressione arteriosa (al polso)⁷⁷.

Harmon si accorse per primo di tale punto nello spazio visivo, definendolo "una misura di un *punto di stress*"; questo punto fu concepito come una risposta-stress attuata dall'intero organismo, una risposta del tipo "combattimento o fuga", in reazione a un elemento stressore dovuto alla visione prossimale⁷.

La nascita effettiva della *Stress-point Retinoscopy* è attribuita a Robert A. Kraskin, che grazie alle sue personali discussioni con Harmon ipotizzò che tale "*punto di stress*" potesse fornire indicazioni qualitative sulla lente prescrivibile, a scopo preventivo, per la visione prossimale. L'aspetto più importante di questo "punto di variazione" riscontrato da entrambi gli autori, fu quello della sua distanza spaziale dal soggetto, perché²⁵:

- 1. Un *punto di stress* distante solo alcune decine di centimetri (es: 40 cm), avrebbe prodotto interferenze con le attività visive prossimali, maggiori se prolungate nel tempo;
- 2. Una localizzazione spaziale del *punto di stress*, molto vicino agli occhi del soggetto, sarebbe stata preferibile perché lontana da quella distanza in cui vengono svolte la maggior parte dei compiti visivi prossimali.

La posizione del *punto di stress* è stata relazionata dagli autori anche alla qualità della performance visiva, indicando un comfort e rendimento maggiore nel caso (2) piuttosto che nella situazione $(1)^{7,25}$.

Con uno studio sui meccanismi del corpo, Harmon scoprì che la postura più efficiente durante la lettura è quella per cui la distanza tra gli occhi e la pagina eguaglia la distanza tra l'angolo esterno del gomito e la nocca del dito medio della stessa mano: la distanza è famosa come "distanza di Harmon" ⁵². Se vi è un mantenimento di questa distanza, il corpo risulta essere in maggior equilibrio con la forza di gravità, con la minima pressione su muscoli del collo e della schiena (Harmon riscontrò stimolazioni elettromiografiche sfavorevoli se il materiale da lettura è mantenuto in una distanza maggiore o inferiore a quella "ideale").

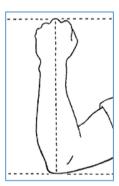


Figura 34: Rappresentazione grafica della distanza di Harmon.

In base alle conoscenze fisiologiche di Harmon e quelle optometriche di Kraskin, fu individuata una posizione "ideale" del *punto di stress*: almeno a 10 cm più vicino della distanza ottimale di lettura (*distanza di Harmon*)²⁵, per i soggetti adulti il punto si colloca a circa 20-22 cm dal viso⁷.

Una particolare evidenza clinica fu la scoperta che il *punto di stress* potesse essere modificato (posizione) con l'uso di *lenti oftalmiche*²⁵: le leni negative tendevano ad allontanare dal soggetto lo "stress point", invece le lenti positive tendevano ad

avvicinare il punto agli occhi del soggetto riducendone i disturbi legati allo stress per l'impegno visivo.

La procedura clinica ideata da Kraskin e chiamata *Stress-point Retinoscopy*, accentua il fatto che la funzione visiva è intrinsecamente connessa con le funzioni fisiologiche dell'intero organismo e come queste variazioni possano essere osservate mediante un'analisi retinoscopica, sensibile alle variazioni dello stato accomodativo risultanti da effetti stressori.

3.3.2: Esecuzione della Stress-point Retinoscopy.

Proceduralmente e concettualmente, la Stress-point Retinoscopy è simile alla tecnica di retinoscopia dinamica chiamata *Bell Retinoscopy*, ma con una differenza sostanziale⁷: nella Bell Retinoscopy l'aspetto del riflesso retinico da tenere in considerazione è il *movimento*, mentre nella Stress-point Retinoscopy si osservano le sole variazioni cromatiche e di luminosità. L'aspetto da ricercare con l'indagine retinoscopica è proprio quel punto nello spazio visivo in cui la brillantezza e il colore "calano", indicando la posizione di un *punto di stress*.

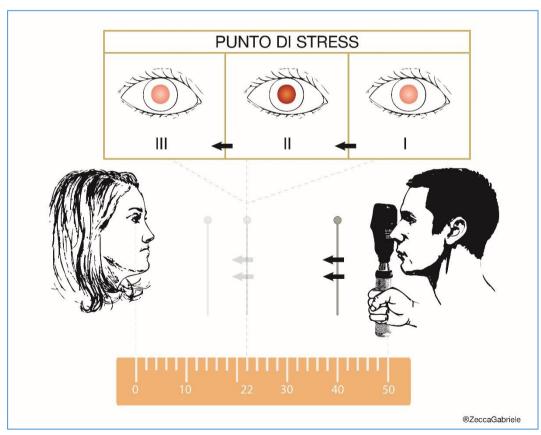


Figura 35: Rappresentazione grafica dell'esecuzione della Stress-point Retinoscopy. (immagine personale)

L'esecuzione clinica di questa tecnica dinamica, iniziò nel 1959, seguendo la seguente procedura²⁵:

- 1. L'illuminazione deve essere di tipo fotopico²²;
- L'esaminatore si dispone inizialmente a 50 cm dall'esaminato seduto d'innanzi a lui, impugnando preferibilmente un retinoscopio a spot (per evidenziare al meglio gli aspetti cromatici. L'optometrista chiede di fissare la sfera di Wolff (target) che inizialmente sarà posta alla stessa distanza del retinoscopio;
- 3. L'esaminatore inizia a muovere lentamente la mira verso l'esaminato, osservandone le variazioni del colore e della brillantezza nel riflesso retinoscopico;
- 4. Raggiunto il *punto di stress* (punto in cui si presenta una drastica *diminuzione* di luminosità, accompagnata da un riflesso "duller" susseguito da un *ritorno* alle caratteristiche iniziali di "brightening"), l'esaminatore annota la distanza di tale posizione spaziale dagli occhi del soggetto;
- 5. La procedura viene ripetuta più volte con l'anteposizione di lenti di vario potere (da +0.25 a +1.50 D), anche utilizzando dei *flipper binoculari* e, annotando gli effetti di tali lenti sulla posizione del punto di stress.

Per descrivere al meglio la casistica nello svolgimento della tecnica, Kraskin citò un suo caso clinico in cui l'esaminato fu un giovane soggetto di 7 anni, sottoposto alla Stress-point Retinoscopy alla fine dell'anno scolastico⁷. La distanza di Harmon del bambino misurata fu di 25 cm. Senza l'uso di lenti, Kraskin riscontrò uno stresspoint a 20 cm; con lenti sferiche di +0.75 (OU) il punto di stress si spostò a 15 cm; invece con lenti di +1.25 (sferiche, OU) si allontanò fino a 25 cm. Da queste prime misurazioni, emerse un apparente punto di stress senza lenti troppo vicino alla distanza di Harmon; e come un potere di +0.75 potesse aumentare il comfort visivo in compiti prossimali; nonostante le evidenze, Kraskin decise di non prescrivere lenti, poiché il bambino avrebbe passato un'estate all'aperto svolgendo attività motorie. In autunno, all'inizio del nuovo anno di scuola, il bambino fu di nuovo sottoposto alla Stress-point Retinoscopy: senza lenti il punto di stress fu a 15 cm; l'anteposizione di lenti di +0.75 D non cambio la distanza, rimase a 15 cm. Questa nuova misurazione indicò che lo stress-visivo si fosse "dissipato" durante l'estate, così non fu prescritta nessuna lente. Il bambino fu di nuovo controllato a metà dell'anno scolastico successivo: senza lenti si registrò un punto di stress di 23 cm; con +0.75 D a 15 cm; con lenti di +1.25 D si avvicinò ulteriormente a 10 cm.

In questa situazione furono prescritte lenti "contro lo stress": sebbene le lenti di +1.25 D (OU) avvicinarono di più il *punto di stress*, venne prescritta la lente di +0.75 D (lenti bifocali) per portare il punto alla posizione *ideale* (10 cm più vicino a partire dalla distanza di Harmon). Kraskin riportò come il bambino abbia giovato dell'uso di tali lenti, raggiungendo una ottima performance scolastica grazie all'utilizzo degli occhiali in tutti i compiti visivi prossimali, evitando così adattamenti visivi avversi (miopie).

Le osservazioni fatte dai primi esperimenti di Kraskin, gli permisero di raccogliere i seguenti dati²⁵:

- In molti casi si rilevava un alto grado di relazione tra le lenti suggerite dall'analisi visiva e quelle della Stress-point Retinoscopy;
- In generale il movimento riscontrabile in retinoscopia con tali lenti, era "discorde":
- Il punto di stress era relazionabile all'età del bambino: minore era l'età, più il punto di stress si avvicinava (bilanciando la ridotta distanza di Harmon);
- In molti giovani soggetti di 6-7 anni ai quali Kraskin, secondo l'analisi visiva, avrebbe prescritto lenti per il vicino, la Stress-point Retinoscopy indicava che non vi era bisogno di lenti o addirittura che fossero controindicate;
- In alcuni casi le lenti positive non avvicinavano il punto di stress, ma lo allontanavano. I casi furono chiamati "*Embedded*" (incassati): casi in cui il sistema visivo si presentava rigido e poco condizionabile dall'uso di lenti;
- Il punto di stress cambiava con il miglioramento visivo indotto da tecniche di *visual-training*. Se inizialmente sembrava allontanarsi, dopo le terapie visive, l'uso di lenti positive rendeva possibile l'avvicinamento entro la distanza di Harmon;
- Nei casi di miopia, la Stress-point Retinoscopy suggeriva valori di lenti "meno positivi" da quelli evidenziati da altre tecniche usate precedentemente;
- In molti casi in cui fosse presente anisometropia manifestante una asimmetria spaziale del punto di stress fra i due occhi, si verificò una minore asimmetria con l'addizione di lenti positive. I casi furono chiamati "Non Embedded"; nei casi in cui l'anisometropia fosse del tipo "Embedded" era necessario prescrivere una differenza diottrica tra i due occhi.

3.3.3: Utilizzo della Stress-point Retinoscopy.

La Stress-point Retinoscopy risulta essere una retinoscopia dinamica, capace di verificare se un'addizione positiva per la visione prossimale possa produrre un effetto benefico alla reazione di stress del sistema visivo rispetto a una condizione refrattiva abituale. Questa tecnica permette all'optometrista di misurare il volume di spazio, internamente alla distanza di Harmon, dove il processo visivo risulta *attivo*. Durante una fase "di impegno attivo", il riflesso rimane brillante aumentando lievemente la luminosità in prossimità del punto di stress, dove si riduce improvvisamente (effetto "dull") per poi ritornare all'aspetto luminoso di partenza (fase di Stress)⁷⁸.

Il *punto di stress* rappresenta il *limite interno* dello spazio visivo entro il quale la performance visiva può ancora essere funzionalmente confortabile⁷⁸. Se la lente oftalmica allontana il punto di stress dagli occhi del soggetto, non solo risulta inutile o addirittura controindicata, ma contribuisce ad aumentare l'effetto dello stress sulla funzione visiva, con effetti fisiologici atti a ridurne la complessiva performance individuale. La lente positiva *ideale* è quella il cui effetto porta il punto di stress a circa 10 cm più vicino rispetto alla distanza ottimale di lettura, in modo da rendere minimi, se non nulli, gli effetti stressori causati dalla visione prossimale.

Ciò nonostante, in molti casi la situazione ideale non è raggiungibile perfettamente; in tali situazioni la lente prescrivibile sarà quella capace di avvicinare di più il punto di stress alla distanza ideale nello spazio visivo prossimale.

I risultati clinici riscontrabili con la procedura possono essere divisi nelle seguenti categorie²²:

- 1. Il risultato della Stress-Point Retinoscopy può *confermare* l'indicazione derivante dall'Analisi Visiva a prescrivere lenti positive per la visione prossimale.
- 2. Il risultato della Stress-Point Retinoscopy può suggerire una possibile *controindicazione* a prescrivere tutto o una parte del risultato dell'Analisi Visiva.
- 3. Il risultato della Stress-Point Retinoscopy può fornire un suggerimento sull'eventuale possibilità di prescrizione di un'addizione positiva per vicino anche quando i netti dell'Analisi Visiva lo sconsigliano. In questi casi è possibile proporre una prescrizione temporanea di positivo indicato dalla Stress-point Retinoscopy associata a un programma di *rieducazione visiva*.

Negli studi effettuati è stato osservato che i metodi classici per la prescrizione della lente ottimale per la distanza prossimale tendano a suggerire lenti diottricamente più positive rispetto a quelle ricavate dalla Stress-Point Retinoscopy²². Infine è importante sottolineare come sia stato verificato che il punto di stress tenda ad avvicinarsi al soggetto se un programma di rieducazione visiva sta producendo benefici funzionali²²; confermando che per l'optometrista la posizione dello *stress point* sia un ottimo indicatore della performance visiva prossimale dell'esaminato.

CONCLUSIONE

La stesura di questa tesi, rappresenta personalmente, l'atto finale di un percorso di ricerca spinto dalla curiosità per la Retinoscopia, una tecnica o forma d'arte che mi ha sempre appassionato. Consolidati i principi, che stanno alla base della tecnica (riportati nel primo capitolo), prodotti da esperimenti fortuiti e contributi geniali di illustri professionisti della visione, qualunque optometrista può essere in grado di capire quanto può offrire la tecnica e quanto sia importante la sua esecuzione per incrementarne l'affidabilità nei risultati durante l'osservazione del riflesso retinico. Lo scopo della tesi è quello di poter incoraggiare l'uso della Retinoscopia nella routine analitica di ogni optometrista, soprattutto nei casi in cui egli sia tentato a sostituire la tecnica con metodi automatizzati in grado di rilevare oggettivamente lo stato refrattivo di un individuo in modo più rapido. La tesi riporta nello specifico due metodologie d'uso della retinoscopia a distanza prossimale: la Book Retinoscopy e la Stress-point Retinoscopy; le due tecniche sono ritenute particolarmente suggestive e rappresentano, grazie alle loro evidenze, quegli aspetti di importanza clinica che ogni optometrista dovrebbe sfruttare con l'uso del retinoscopio. Le tecniche descritte forniscono informazioni di varia natura, contenute tutte nella transitorietà del riflesso retinico capace di "riflettere" non solo i raggi uscenti dal retinoscopio, ma anche le reazioni di un intero sistema visivo sensibile alle variazioni a livello cognitivo e dell'ambiente esterno all'organismo. La Book Retinoscopy si relaziona con i caratteri cognitivi dell'individuo, evidenziando come un cambiamento dei soli aspetti cromatici e di brillantezza del riflesso retinico possa essere un indicatore del livello di performance visiva, di interesse e attenzione, o in generale del coinvolgimento intrinseco con il target stesso. La tecnica rivela un ruolo della retinoscopia che va oltre allo scopo refrattivo, risaltandone l'importanza di indagine a livello funzionale e fisiologico del sistema visivo. La tecnica consente inoltre all'optometrista di giudicare con il vantaggio dell'oggettività, il beneficio di una lente per la visione prossimale anteposta al soggetto; il quale può "leggere" le informazioni "raccontate" dal riflesso sulla efficienza visiva del soggetto durante un'attività visiva, richiedente sforzo di tipo cognitivo. La Stress-point invece rappresenta quel metodo di indagine retinoscopica capace di individuare un *punto di stress visivo*, esaltando la relazione tra la funzione visiva e le funzioni organico-fisiologiche di risposta a elementi di natura stressoria, che influenzano componenti del sistema visivo come lo stato accomodativo. Come la Book Retinoscopy, la Stress-point Retinoscopy rappresenta

un metodo oggettivo per verificare il beneficio di una addizione positiva da vicino analizzando la posizione del punto manifestante la reazione del sistema visivo allo stress sull'intero organismo.

I dati clinici rilevabili con la retinoscopia, non sono sostituibili; per un optometrista, osservare visivamente, in modo diretto e istantaneo le variazioni del riflesso retinico rispecchianti la fisiologia dell'individuo e riuscendo a trarre informazioni sullo stato refrattivo e sulla complessiva performance visuale, rappresentano il valore aggiunto di questa tecnica che richiede solo un solo strumento specifico e molta esperienza clinica acquisibile col tempo, ma che può dare grandi soddisfazioni personali.

BIBLIOGRAFIA.

- 1. Corboy, John M., Retinoscopy: its use and development In: Corboy, John M. The retinoscopy book: an introductory manual for eye care professional, Fifth edition, Slack incorporated; 2003.
- 2. Millodot M., A centerary of retinoscopy. J Am Optometric Assoc; 1973.
- 3. Robert M. Lockwood and George A. Rogers, Early Twentieth Century Optometry Authors, DA Goss Optometry & Vision Science; 2010.
- 4. Henson D.B. (1983), Optometric instrumentation, Butterworths; 1983.
- 5. Rossetti A. Gheller P, Manuale di optometria e contattologia, Bologna: Zanichelli; 2003.
- 6. Al Lens, Optics, Retinoscopy, and Refractometry. Second Edithion, Slack incorporated; 2006.
- 7. Valenti C.A., The Full Scope of Retinoscopy: introduction to behavioral optometry, Optometric Extension Program; 1983.
- 8. Skeffington A.M., Procedures in Ocular Examination, Cox & Co, 1928;
- 9. Borish I.M., Clinical Refraction, 3rd Ed, Professional Press, 1970, Chapter 18.
- 10. Skeffington A.M., Optometria Clinica 1, Sociètè d'Optomètrie d'Europe, 1928.
- 11. Gesell A., Frances M.D., L. Ilg., Glenna M.D., Bullis E, Vision: it's Developement in Infant and Child. Assisted By Vivienne Ilg, O. D. And Getman G. N., Paul B, Hoeber, 1949;
- 12. Safir A., Refraction and Clinical Optics, Hagerstown, Harper&Row; 1980.
- 13. Laurence L, Wood H.O., Some points on retinoscopy, Am. Optom Physiol Opt 3:354, 1922;
- 14. Charman W.N, Walsh G, Variations in the local refractive correction of the eye across its entrance pupil, Optom. Vis. Sci, 66:34-40, 1989;
- 15. Kennedy RH, Bourne WM, Dyer JA. A 48-year clinical and epidemiological study of keratoconus. Am J Ophthalmol. 101:267–73, 1986;
- Millodot M, O'Leary D.J, The Discrepancy between retinoscopic and subjective measurements: effect of age, Am. Optom. Physiol. Opt, 55:309-316, 1978;
- 17. Freeman H., Hodd F.A.B., Comparative analysis of retinoscopic and subjective refraction, Br. J. Physiol. Opt., 12:8-19, 1955;
- 18. Reimerst Paul L, Cohn T.E, Freeman R.D, The Influence of Bias Upon Retinoscopy, School of Opt, University of California; Berkeley, 1973;

- 19. French C.N, Nixon J.A, Wood I.C.J., Dioptron-and subjective retinoscopysubjective discrepancies: effect of age, Ophthalmol. Physiol. Opt, 2:227-230, 1982;
- 20. Hyams L, Safir A, Philpot J, Studies in refraction: II. Bias and accuracy of retinoscopy, Archives of Ophthalmology, 1971;
- 21. Keirl A, Christie C, Clinical optics and refraction: A guide for optometrists, contact lens opticians and dispensing opticians, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007;
- 22. Roncagli V., Valutazione e Trattamento dei Disturbi Visivi Funzionali, Vol.II: Le Retinoscopie Dinamiche, 1998;
- Cross A.J, Dynamic Skiametry in Theory and Practice, A. Jay Cross Optical Company, 1911;
- 24. Pascal J.I, Observations in Dynamic Retinoscopy, Canad J. Opt, 1954;
- 25. Kraskin R.A, Stress-point Retinoscopy, J. Am Optom Ass, 36:416-419, 1965;
- 26. Tait E.F, A Quantitative System of Dynamic Skiametry, Am J. Pshysiol. Arch. Am. Acad. Optom, 1928;
- Fry G.A, Skiametry determination of the Near point refraction, Optom. Weekly, 1950;
- 28. Sheard D, Dynamic Skiametry, Dept Eduzation Am. Opt. Ass, 1920;
- 29. Owens D.A, Mohindra I, Held R, The effectiveness of a retinoscope beam as an accommodative stimulus, Investigative Ophthalmology & Visual Science August, Vol.19: 942-949, 1980;
- 30. Dagi L.R, Chrousos G.A, Cogan D.C, Spasm of the near reflex associated with organic disease, American journal of ophthalmology, 1987;
- 31. A Jampolsky, Ocular divergence mechanisms, Trans Am Ophthalmol Soc, 68: 730–822, 1970;
- 32. Von Noorden G.K, Brown D.J, Parks M, Associated convergence and accommodative insufficiency, Vol. 34: 393-403, 1973;
- 33. Malim T, Processi Cognitivi: Attenzione, percezione, memoria e pensiero, Guide per l'Educazione, Erickson, 1997;
- 34. Nicoletti R, Rumiati R, I processi cognitivi, il Mulino, 2006;
- 35. Watson J.B, Psychology as the behaviorist views it, Psychological Review, 20:158-177, 1913;
- 36. Ruggeri V, L'esperienza estetica. Fondamenti psicofisiologici per un'educazione estetica, Armando Editore, 1997;
- 37. Peachey G.T, Minimum attention model for understanding the development of efficient visual function, J. B. Optom, v.2, 8:199-206, 1991;

- 38. Treisman A, Schmidt H, Illusory conjunctions in the perception of objects, Cogn. Psychology, 14:107-141, 1982;
- 39. Treisman A, Souther J, Search Asymmetry: A diagnostic of preattentive processing of separable features, Journal of Experimental Psycology, 114:285-310, 1985;
- 40. Schneider W, Shiffrin R, Controlled and automatic human information processing, Psy. Review, 84:1-66, 1977;
- 41. Ausubel D.P, Educazione e processi cognitivi. Guida psicologica per gli insegnanti, 3rd ed, Coll. Di Psicologia, FrancoAngeli, 1987;
- 42. Gick M.L, Holyoak K.J, Schema Induction and Analogical Transfer University of Michigan, Cogn. Psy, 15:1-38, 1983;
- 43. Getman G.N, Book retinoscopy, Santa Ana CA, Optom. Extension Program, C II, Ser 2, n°10-11, 1958;
- 44. Skeffington A.M, Transcript Northwest Congress of Optometry, Portland, 1958;
- 45. Haynes H.M, Clinical observations with dynamic retinoscopy, Optom Weekly, 1960;
- 46. Kruger P.B, Changes in fundus reflex luminance with inreased cognitive processing, Am. J. Optom. Phy. Opt, 54:445-451, 1977;
- 47. Kruger P. B, Brightness change during book retinoscopy, Am. J. Optom. Phy. Opt, 54:673-677, 1977;
- 48. Kruger P.B, The effect of accommodative changes on brightness of the fundus reflex, J Am. Optom. Ass, 49:47-49, 1978;
- 49. Kruger P.B, The Role of accomodation in increasing the luminance of the fundus reflex during cognitive processing, J. Am. Optom. Ass, 48:1493-1496, 1977;
- 50. Kruger P.B, The effect of cognitive demand on accomodation, Am. J. Optom. Phy. Opt, 57:440-445, 1980;
- 51. Getman G.N, Kephart N.C, Book retinoscopy, Optom. Ext. Program, 1958;
- 52. Forrest E.B, Visione e Stress, A.E.S.V, A.d.O, 1993;
- 53. Hess E.H, The tell-tale eye, N.Y, Van Nostrand Rheinhold, 1975;
- 54. Hess E.H, Pupillometrics: a method of studying mental, emotional and sensory process, In Handbook of psychophy, Eds. N.S. Greenfield and R.A Stembach, N.Y: Holt, Rinehart an Winston: 491531, 1972;
- 55. Hess E.H, Polt J.M, Pupil size in relation to mental activity during simple problem solving, Science, 143:1190-1192, 1964;

- 56. Lovasik J.V, Beauchamp R, Ocular accommodation neurons in brain stem of the alert cat, Am. J Optom. Physiol. Opt, Oct. 59:785-94, 1982;
- 57. Pheiffer C.H, Book Retinoscopy, Am. J of Optom and Arch. Of Am. Acc. Optom, Oct:540-545, 1955;
- 58. Miller S; Drucker A, Book retinoscopy as applied to distance, Opto J Rev. Optom, 19:32, 1961;
- 59. Pheiffer C.H, TV Retinoscopy, Am. J of Optom and Arch. Of Am. Acc. Optom, 11:32, 1955;
- 60. Apell R, Book Retinoscopy, Cong. Of Optom, Testo trad. in "Roncagli V, Valutazione e Trattamento dei Disturbi Visivi Funzionali, 1959;
- Getman G.N, Developmental Optometry: introduction to behavoral optometry, Optom. Ext. Prog, 1987;
- 62. Steele G.T, Dynamic retinoscopy--more than a snapshot, J Behav Optom, 18:127-9, 2007;
- 63. Polyak S.L, The Retina, University of Chicago Press, 1-37, 1941;
- 64. Birgit L, Michael C. B, Pediatric Ophthalmology, Neuro-Ophthalmology, Genetics: Strabismus New Concepts in Pathophysiology, Diagnosis and Treatment, Springer Science & Business Media, 2010;
- 65. Chen B, Makous W, Williams D.R, Serial spatial filters in vision, Vis. Res, 33:413-427, 1993;
- 66. Enoch J.M, Toby FL (Eds), Vertebrate Photoreceptor Optics, p 206, Berlin: Springer-Verlag, 1981;
- 67. Delori F.C, pflibsen K.P, Spectral reflectance of the human ocular fundus, Appl Opt 28:1061-1077, 1989;
- 68. . Gabel V. P, Birngruber R, Hillekamp F, Visible and Near Infrared Light Absorption in Pigment Epithelium and Choroid, Twenty-Third Conc. Opht, Kyoto, K.Shimizu, Ed.Excerpta Medica, 1978;
- 69. Bill A, Sperber G, Ujiie K, Physiology of the Choroidal Vascular Bed, Int. Opht. 6:101, 1983;
- 70. Horowitz B.R, Theoretical consideration of the retinal receptor as a waveguide, In Enoch JM, p 206. Berlin: Springer-Verlag, 1981;
- 71. Lopez-Gil N, Anal P, Comparison of double-pass estimates of the retinal-image quality obtained with green and near-infrared light, Opt. Soc. Am, 14:961-97, 1997;
- 72. Williams D.R, Brainard D.H, McMahon M.J, Navarro R, Double-pass and interferometric measures of the optical quality of the eye, Opt. Soc. Am, A11:3123-3135, 1994;

- 73. Herrick C.J, Neurological foundations of animal behavior, New York: Holt, 1924;
- 74. Owens D.A, The Mandelbaum effect:evidence for an accomodative bias toward intermediate viewing distances, J. Optom. Soc. Am, 69:646-652, 1976;
- 75. Leibowitz H.W, Owens D.A, New evidence for the intermediate position of relaxed accommodation, Doc. Ophtalmol, 46:133, 1978;
- 76. Gawron V.J, Ocular Accommodation, Personality, and Autonomic Balance, Am. J. Optom. Physiol. Opt, July, 7:630-639, 1983;
- 77. Harmon D.B, Reading posture and vision, Produced and copyrighted by author, Austin, Texas, film, 1958;
- 78. Koslowe K.C, The dynamic retinoscopies, J. Behav. Optom, 21:63-67, 2010;

RINGRAZIAMENTI

Terminata questa trattazione, colgo l'occasione per ringraziare di cuore tutta la mia famiglia per il supporto datomi durante questo percorso di studio, affinché potessi riuscire nei miei obiettivi.

Ringrazio l'amico Paolo Pra Floriani per avermi supportato durante gli studi e aiutato in più di un'occasione.

Ringrazio molto Giovanni Cavalieri per l'aiuto fornitomi durante la fase di ricerca.

Ringrazio tutti i miei amici, quelli che mi sono stati accanto in ogni tipo di circostanza.

Ringrazio infine quelle persone, che in molte occasioni non possono esserci state, ma che in qualche modo mi hanno permesso di trovare la *forza* necessaria a compiere questa esperienza.

Gabriele