

# Apparecchiature tra passato e futuro

Strumenti in evoluzione: dagli esordi alle nuove proposte,  
frutto di tecnologie avanguardistiche





# Strumenti optometrici in evoluzione

di Angela Ravasi e Silvio Maffioletti

Corso di Laurea in Ottica e Optometria - Università degli Studi di Milano Bicocca

**G**li occhiali nascono in Italia tra il 1200 e il 1300 e a quel periodo risalgono le prime citazioni letterarie e le prime raffigurazioni artistiche che li riguardano: Petrarca li definisce “ocularum auxilium” nella sua *Epistola Posteritati* del 1365 mentre Tommaso da Modena, nel 1352, li raffigura al naso del cardinal Nicola da Rouen in un affresco realizzato nel convento domenicano di Treviso. Chi prescrive, realizza e fornisce occhiali affonda quindi le proprie radici professionali in una storia antica, espressa e plasmata da arti e professioni che si svolgevano nelle botteghe dei maestri vetrai, degli orefici, dei fotografi del tempo andato.

Nel corso dei secoli, lentamente, sono cambiati modi, ambienti e strumenti di lavoro. Oggi chi si occupa della visione ha a disposizione svariati e raffinati strumenti optometrici che lo supportano nello svolgimento della propria professione; alcuni hanno radice antica e si sono recentemente evoluti e perfezionati, altri (dotati di elevata precisione e affidabilità) si sono imposti negli ultimi anni prendendo il posto di mezzi strumentali ormai vietati e obsoleti.

La descrizione delle tre coppie di strumenti che segue (oftalmoscopio vs retinografo; schiascopio vs auto refrattometro; cassetta lenti di prova vs forottero) delinea l'evoluzione strumentale che accompagna e stimola l'evoluzione professionale degli specialisti della vi-

sione, migliorando le loro competenze e la qualità del loro servizio all'utente.

## Oftalmoscopio vs Retinografo

L'Oftalmoscopio permette di osservare in vivo la trasparenza dei mezzi oculari e

delle varie strutture che compongono la tonaca retinica, tra cui la papilla del nervo ottico, la fovea e i vasi sanguigni.

La progettazione dell'oftalmoscopio è del 1847, opera di Charles Babbage; lo strumento non è però stato diffusamente utilizzato fino a quando Hermann von



Figura 1  
Oftalmoscopio  
diretto

Helmholtz, nel 1851, ne ha realizzato un modello analogo presentandolo a Bruxelles in un convegno di oculisti i quali, riconoscendone l'utilità e la praticità, ne hanno abbracciato la pratica. Quello realizzato a metà dell'Ottocento era un **oftalmoscopio diretto**, prevedeva l'interposizione di una semplice lente convessa tra l'osservatore e il soggetto esaminato e forniva un'immagine reale e ingrandita (circa 3X) delle strutture osservate.

Nel corso del tempo l'oftalmoscopio diretto si è evoluto (Figura 1) ma il principio fondamentale è rimasto lo stesso ovvero un sistema di illuminazione del fondo oculare che permette un'osservazione diretta, chiara e ingrandita dell'area illuminata.

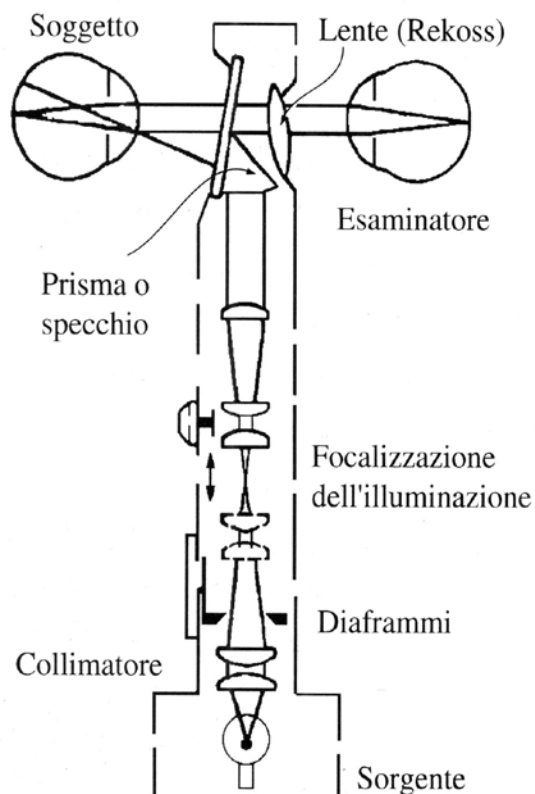


Figura 2 - Schema di funzionamento dell'oftalmoscopia diretta (Tratta da Rossetti et al., 2003)

La radiazione illuminante prodotta dall'oftalmoscopia diretta può essere convogliata all'interno della pupilla grazie a uno specchio (piano o concavo) forato al centro oppure per mezzo di un prisma (Prisma di May), oppure per mezzo di uno specchio semitrasparente (Figura 2). La testa dello strumento contiene un disco con lenti sferiche positive e negative (Disco di Rekoss) che permettono di focalizzare un'immagine nitida del fondo oculare. L'ingrandimento fornito dall'oftalmoscopia diretta è notevole (circa 15X), il campo di osservazione è limitato e l'immagine fornita è diritta, con i lati non invertiti.

Nel 1915, Willam Noah Allyn e Frederick Welch hanno messo a punto il primo **oftalmoscopia indiretta** autoiluminato, precursore dell'apparec-

chio oggi utilizzato dagli oftalmologi di tutto il mondo. L'oftalmoscopia indiretta attuale consiste in un caschetto (dotato di un potente sistema di illuminazione) e di un sistema di osservazione binoculare coassiale (Figura 3). Prevede l'utilizzo di una lente positiva (da sf+13 D a sf+25 D) che l'oftalmologo tiene pochi centimetri davanti all'occhio del soggetto esaminato; l'immagine fornita è capovolta e con i lati invertiti, mentre il campo visivo investigato è ampio e permette l'ispezione dell'intero fundus fino alla periferia retinica (previo utilizzo di sostanze midriatiche per la dilatazione della pupilla).

L'ingrandimento fornito dall'oftalmoscopia indiretta è modesto (2-4X) e varia in relazione al potere dell'occhio esaminato e al potere della lente utilizzata per l'osservazione:

$$I \text{ lineare} = F \text{ occhio} / F \text{ lente oftalmoscopia}$$

Per esempio, in caso di utilizzo di una lente di sf+15 D nell'esame di un occhio con caratteristiche nella media ( $F = 60$  D) si avrà:  $I \text{ lineare} = 60 / 15 = 4X$

Al principio di funzionamento dell'oftalmoscopia si è ispirata la tecnologia del **Retinografo**, uno strumento che consente di osservare (oltre che di acquisire, tramite il software connesso) immagini del fondo oculare di elevata qualità. Mentre l'oftalmoscopia richiede all'esaminatore un'ottima manualità e una solida esperienza che sono acquisibili soltanto con una pratica continua e prolungata (rimane comunque un esame ostico in caso di soggetti poco



Figura 3 - Oftalmoscopia indiretta



collaboranti oppure affetti da cataratta e/o altre opacità dei mezzi diottrici trasparenti), il retinografo è di facile e rapido utilizzo. È un importante sussidio per l'osservazione accurata del fundus retinico sia dal punto di vista clinico che per attività di screening in quanto fornisce allo specialista una documentazione dettagliata e archiviabile della porzione di retina osservata; il suo supporto si rivela essenziale nei casi in cui vanno controllati gli sviluppi nel tempo di determinate patologie retiniche oppure vanno valutati gli effetti di trattamenti chirurgici o di cure farmacologiche.

La chiarezza dei dettagli e la risoluzione dell'immagine realizzate nella retinografia, decisamente superiori a quelle fornite dall'esame oftalmoscopico, possono essere osservate direttamente sullo schermo del computer e hanno una significativa valenza didattica e comunicativa, consentendo maggior chiarezza e precisione nel dialogo tra lo specialista e il soggetto esaminato.

### Schiascopio vs Autorefrattometro

La progettazione del primo Schiascopio è stata attribuita a Bowman (1859) ma il suo perfezionamento è avvenuto più tardi (tra il 1870 e 1880) grazie a Cui-gnet, Landolt e Parent. Lo strumento è composto da una sorgente luminosa, una lente condensatrice e uno specchio che può presentare un foro nella parte centrale oppure essere uno specchio semitrasparente, in modo che l'esaminatore possa controllare la luce riflessa dall'occhio esaminato lungo la direzione del fascio luminoso prodotto dallo schiascopio (Cappa, 2004).

I primi schiascopi si servivano, come fonte di illuminazione, di una sorgente posta a fianco del soggetto esaminato e di uno specchio che permetteva all'esaminatore di riflettere la luce verso

l'occhio esaminato; lo specchio era munito di un piccolo diaframma, attraverso il quale avveniva l'osservazione da parte dell'esaminatore (Henson, 1983). Il successivo sviluppo di strumenti autoilluminanti ha consentito di utilizzare una sorgente reale all'interno dello strumento (Figura 4); il fascio di luce che emerge dallo schiascopio è generalmente privo di vergenza in quanto la sorgente si trova nel fuoco di una lente condensatrice e il fascio è riflesso da uno specchio piano.

La schiascopia, definita anche retinoscopia, è un metodo oggettivo nel quale l'esaminatore valuta e quantifica la condizione rifrattiva illuminando il fondo retinico, muovendo la sorgente luminosa e osservando il movimento dell'ombra a livello della pupilla dell'occhio osservato. Eseguendo la schiascopia, l'esaminatore considera l'occhio esaminato come una lente di potere sconosciuto e determina la sua condizione rifrattiva localizzando

il suo fuoco immagine nello spazio, ad accomodazione rilassata; si definisce quindi, durante l'esame schiascopico, un sistema ottico in cui la sorgente nota è la retina, mentre il punto nello spazio coniugato con essa è il suo punto remoto ed equivale al fuoco immagine dell'occhio stesso (Abati et al., 1999). Il risultato della schiascopia non è influenzato dall'ametropia dell'osservatore; è sufficiente che egli possieda una buona acuità visiva alla distanza di esecuzione del test, nel corso del quale osserva e valuta la radiazione luminosa che è stata riflessa dal fondo oculare del soggetto esaminato ed è stata rifratta dalle sue strutture oculari trasparenti. Nello schiascopio è possibile variare la posizione della lente condensatore (mediante un cursore posto sulla testa dello strumento), portandola dalla posizione che attribuisce allo strumento un comportamento simile allo specchio concavo alla posizione che induce un comportamento simile allo specchio convesso e viceversa; ciò permette di modificare la vergenza del fascio luminoso emesso (convergente oppure divergente) e ricercare la miglior qualità e precisione dell'esame (Figura 5).

L'esame del riflesso può avvenire in condizioni di accomodazione rilassata con l'esaminato che osserva una mira posta all'infinito (*schiascopia statica*), oppure con accomodazione attiva mentre il soggetto osserva una mira a distanza prossimale (*schiascopia dinamica*).

Esistono schiascopi a spot e a striscia. La radiazione luminosa emessa dallo schiascopio a spot ha un'area con intensità uniforme e forma circolare, mentre la radiazione luminosa emessa dallo schiascopio a striscia è una fessura prodotta da una lampadina a filamento, che ha spessore regolabile e può essere ruotata attorno all'asse dello strumento; la striscia luminosa, ruotata opportunamente, permette così di de-



Figura 4 - Schiascopio o retinoscopio

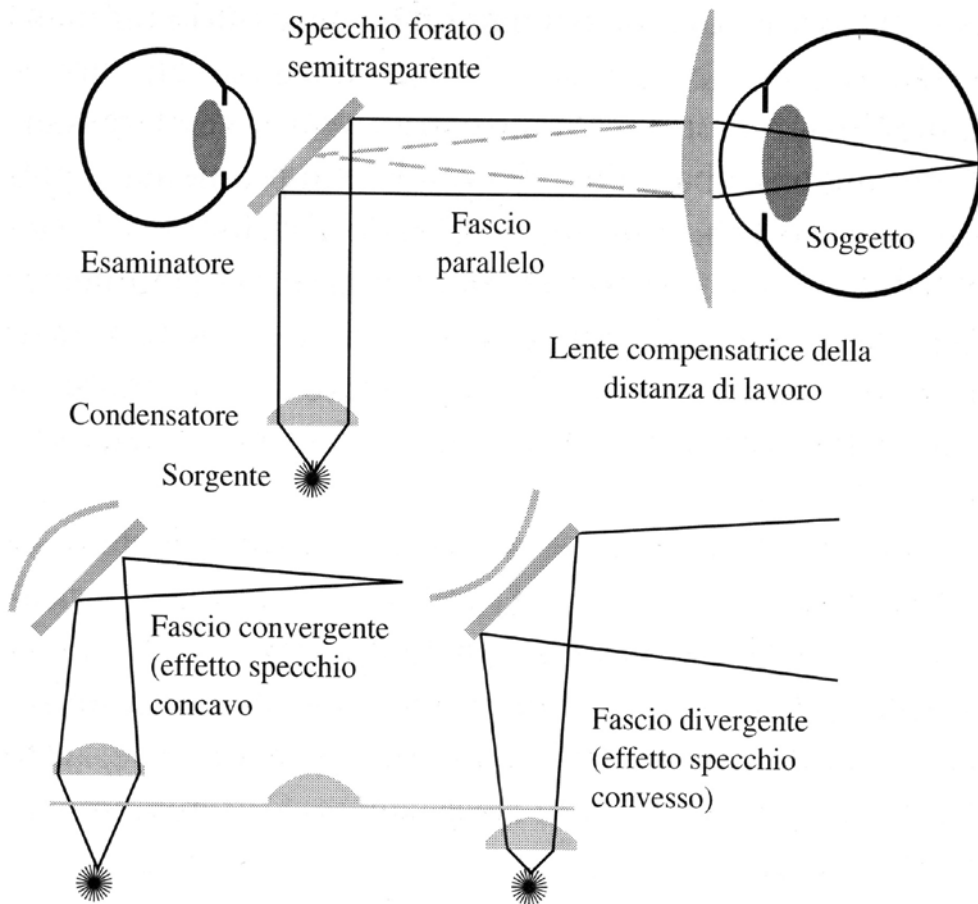


Figura 5 - Variazione della posizione della lente condensatore e suo effetto sulla vergenza del fascio luminoso emesso (Tratta da Rossetti et al., 2003)

terminare con maggior precisione l'asse dell'astigmatismo (Faini et al., 2002).

Al principio di funzionamento dello schiascopio si è ispirata la tecnologia dell'**Autorefrattometro**, uno strumento computerizzato (utile sia nella pratica clinica ordinaria che nell'attività di screening) che permette una rilevazione oggettiva rapidissima dello stato rifrattivo dell'occhio.

L'autorefrattometro funziona mediante la proiezione di un fascio di radiazione infrarossa sul fondo dell'occhio e la valutazione del relativo comportamento; viene usata radiazione infrarossa perchè rende più confortevole l'esame e permette di evitare la miosi pupillare riflessa che sarebbe inevitabilmente

provocata dalla radiazione visibile. La mira di fissazione può essere interna allo strumento (Figura 6) oppure essere esterna ovvero ambientale (ottotitipi, diapositive o filmati).

L'autorefrattometro a mira interna è progettato per minimizzare il rischio di errore dovuto all'accomodazione prossimale; il soggetto che guarda la mira all'interno dello strumento (che otticamente è posta all'infinito) è consapevole che tale mira non è realmente all'infinito e attiva una quantità (seppur minima) di accomodazione che rende maggiormente negativi i valori sferici espressi dalla misura. Anche altri fattori, come la dimensione della pupilla o l'illuminazione ambientale, possono influire sul risultato dell'autorefrattometria.

Il software dello strumento permette varie funzioni accessorie quali la misurazione della distanza interpupillare, la valutazione della trasparenza dei mezzi diottrici, la valutazione di lenti intraoc-



Figura 6 - Autorefrattometro con mira di fissazione interna



colari in situ (IOL) e l'identificazione di edemi corneali indotti da lenti a contatto (Rossetti et al., 2003).

### Cassetta lenti di prova vs Forottero

Nell'esecuzione dell'esame visivo, i professionisti utilizzano un set di lenti di potere noto definito **Cassetta lenti di prova** (Figura 7) inserendole in una speciale montatura (o occhiale) di prova (Figura 8).

La cassetta lenti di prova riunisce una serie di lenti sferiche negative e positive (da  $sf \pm 0,25$  a  $sf \pm 20$  D), una serie di lenti cilindriche negative e positive (da  $cil \pm 0,25$  a  $cil \pm 5$  D), prismi con passi di 1 dp e lenti accessorie.

Le lenti di prova sono racchiuse in cerchi di materiale plastico oppure metallico e possono così essere agevolmente inserite nella montatura di prova. Possono avere superfici piano-convexe e piano-concave, bi-convexe e biconcave oppure a menisco. Le lenti oftalmiche utilizzate per realizzare la maggior parte di occhiali in commercio sono lenti a menisco e, se si sono utilizzate lenti di prova con superfici diverse, tale differenza costruttiva può comportare significative variazioni in caso di poteri diottrici elevati.

Le lenti accessorie includono occlusore (per indurre visione monoculare), foro stenopeico, fessura stenopeica, coppia di filtri anaglifici Rosso/Verde per dissociare la visione, cilindro di Maddox, vetro smerigliato, coppia di filtri polarizzanti per dissociare la visione e infine una lente neutra per smascherare eventuali simulazioni.

All'inizio del Novecento, per agevolare lo svolgimento degli esami visivi (in particolare di quelli con una continua alternanza di numerose lenti), le lenti della cassetta di prova sono state riunite in un unico strumento, il **Forottero**.



Figura 7 - Cassetta lenti di prova



Figura 8 - Occhiale o montatura di prova

Il suo nome deriva da *phoro* (esame del sistema muscolare) e *optometer* (verifica della rifrazione); il termine è corretto perché il forottero contiene sia una serie di prismi per testare le forie e l'equilibrio muscolare, sia una serie di lenti per effettuare la verifica rifrattiva.

Il primo forottero somigliante a quelli moderni è stato realizzato da De Zeng nel 1908 e consisteva in una serie di quattro dischi, ciascuno con otto lenti in vetro poste in aperture circolari situate vicino al bordo dei dischi; ciò

permetteva di ottenere, nei fori per la visione, lenti con poteri variabili da  $sf+15.00$  D a  $sf-20.00$  D. In seguito erano stati aggiunti due dischi più piccoli che contenevano le lenti cilindriche. La maggior parte dei forotteri moderni (Figura 9) è costituita da tre dischi. Il più vicino all'occhio del soggetto esaminato contiene le lenti sferiche di potere diottrico maggiore, il secondo quelle di potere diottrico minore e il terzo contiene le lenti cilindriche. I due dischi con le lenti sferiche sono collegati da un sistema di ingranaggi



Figura 9 - Forottero

che permette di aumentarne o ridurne il potere mediante un'unica manopola, effettuando così salti gradualmente di 0.25 D lungo tutta la scala diottrica dello strumento. La regolazione dell'asse del cilindro inserito viene effettuata mediante una singola manopola; le nuove lenti cilindriche inserite si orientano,

tramite un sistema di ingranaggi, mantenendo il medesimo asse e ciò velocizza le normali procedure di rifrazione poiché l'esaminatore non deve orientare l'asse ogni volta che cambia la lente cilindrica.

Oltre ai dischi che contengono le lenti sferiche e le lenti cilindriche, i forotteri moderni presentano un disco con le lenti accessorie: occlusore, cilindro di Maddox, lente di sf+1.50 D per la retinoscopia, filtri polarizzanti e prismi dissocianti. Davanti ai fori per la visione sono fissati i prismi di Risley e i cilindri crociati, i cui assi sono collegati (attraverso ingranaggi) alla manopola di regolazione dell'asse delle lenti cilindriche cosicché, quando si controlla l'asse di una lente cilindrica inserita e si modifica il suo asse, si induce contemporaneamente l'opportuna rotazione del cilindro crociato posto davanti all'occhio.

Il forottero velocizza e rende più preciso e standardizzato lo svolgimento di vari test optometrici. Ha il limite di non garantire le condizioni posturali abituali in quanto la posizione della testa del soggetto esaminato non è naturale,

l'ampiezza del campo visivo è ridotta (visione tubolare e fusione periferica ridotta) e inoltre introduce varie lenti a distanze diverse davanti agli occhi del soggetto esaminato; ciò può indurre lievi errori di rilevazione, di valutazione e di prescrizione (Curci et al., 2007).

### Strumenti per un nuovo approccio ai problemi visivi

Nel nuovo secolo, i professionisti della visione hanno ulteriormente allargato le proprie competenze adottando un approccio più efficace per l'uomo d'oggi che, nell'attuale società tecnologicamente avanzata, è quotidianamente sollecitato da intense richieste visive prossimali. In questo nuovo contesto l'analisi visiva assume finalità più ampie e deve verificare la qualità della percezione visiva complessiva; il professionista oggi non si limita a individuare e quantificare le ametropie attraverso soluzioni compensative espresse dai tradizionali strumenti optometrici e da rigide regole matematiche, ma modula la soluzione ottica più adatta in rapporto alle necessità della persona, sia usando le proprie specifiche conoscenze, sia utilizzando l'efficace supporto della raffinata strumentazione che il progresso scientifico e tecnologico gli ha messo a disposizione.

## Riferimenti bibliografici

- Abati S., Migliori G., Parenti L., Volpe R., La schiascopia, Fabiano Editore, Canelli, 1999.
- Cappa S., Conspicilla, storia comparata di sette secoli della professione oftalmica, La Lontra, Genova, 2004.
- Curci F., Papagni A., Giannelli L.,

Maffioletti S., Santacatterina S., Valutazione del sistema accomodativo nelle diverse posizioni di sguardo in un campione di 150 videoterminalisti, Tesi di laurea in ottica e optometria, Università degli Studi di Milano Bicocca, a.a. 2006/2007.

- Faini M., Maffioletti S., Perris S., Pocaterra R., L'optometrista e l'astigmatismo, in:

Rivista Italiana di Optometria, vol. 25, n. 1/2002, pag. 16-27.

- Henson D.B., Optometric instrumentation, Butterworths, 1983.
- Rossetti A., Gheller P., Manuale di optometria e contattologia, Zanichelli, Bologna, 2003.