



Le abilità binoculari nell'analisi visiva integrata (AVI)

di **Silvio Maffioletti e Giulio Rocchitelli**

Scheiman e Wick (2002) hanno articolato l'analisi visiva integrata (AVI) in tre aree: la prima relativa all'integrità della funzione visiva (salute oculare, acuità visiva e condizione refrattiva), la seconda all'efficienza visiva (accomodazione, visione binoculare e abilità oculomotorie) e la terza al processamento delle informazioni visive (abilità visuospatiali, abilità di analisi visiva e abilità di integrazione visuo-motoria). L'analisi visiva integrata è la sintesi della loro specifica verifica e valutazione.

La visione binoculare

La visione binoculare (o binocularità) fa parte della seconda area del modello di Scheiman e Wick. Il termine 'binoculare' deriva dal latino 'bini' (a due a due) e 'oculus' (occhio) ovvero 'vedere con due occhi' (Devoto-Oli, 2006).

In ogni occhio, a livello retinico, esiste un'area che ha le medesime coordinate spaziali di un'altra area situata nella retina dell'occhio controlaterale; ciò costituisce il fondamento anatomico-fisiologico della binocularità. Le due zone vengono definite 'punti retinici corrispondenti' e sulla comune direzione visiva di tutti i punti retinici corrispondenti si fonda l'organizzazione dello spazio visivo e il meccanismo della fusione (Airaghi, Altimani, 1997).

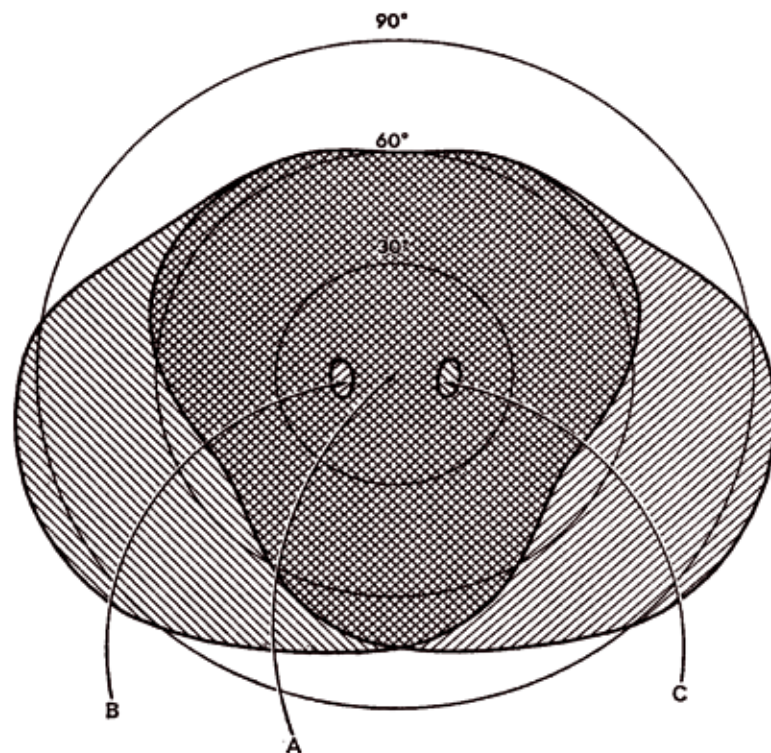
Il sistema visivo, grazie ai punti retinici corrispondenti, può assegnare a ogni stimolo una specifica localizzazione spaziale.




Per esempio, un oggetto situato a destra del punto fissato stimola due punti retinici corrispondenti, uno nell'area nasale della retina dell'occhio destro e uno nella corrispondente area temporale della retina dell'occhio sinistro; il soggetto, percependo l'oggetto in visione binoculare singola, lo colloca nello spazio destro del proprio campo visivo.

In visione binoculare gli occhi cooperano in modo attivo alla percezione. Le due im-

magini monoculari (che non sono uguali, in quanto gli occhi distano tra loro 60-70 mm) vengono integrate in un'immagine singola e di qualità superiore nella corteccia occipitale, dove esistono cellule con risposta binoculare in grado di rilevare differenza o corrispondenza tra gli stimoli che raggiungono i due occhi (Rossetti, Gheller, 2003).

La valutazione della qualità della visione binoculare prevede una sequenza di test



- A punto di fissazione
- B macchia cieca, occhio sinistro
- C macchia cieca, occhio destro
-  area vista dall'occhio sinistro
-  area vista dall'occhio destro
-  area vista da entrambi gli occhi

Integrità della funzione visiva	Efficienza visiva	Processamento delle informazioni visive
Salute oculare	Accomodazione	Abilità visuospatiali
Acuità visiva	Visione binoculare	Abilità di analisi visiva
Condizione rifrattiva	Abilità oculomotorie	Abilità di integrazione visuo-motoria

che indagano prima la visione simultanea, poi la fusione, infine la forma più fine di cooperazione binoculare ovvero la stereopsi (Faini, Maffioletti, 2006).

Lo sviluppo della visione binoculare

La visione binoculare non è presente alla nascita e matura gradualmente nel neonato attraverso un meccanismo di integrazione corticale che organizza e struttura la corrispondenza anatomico-funzionale tra i due occhi. Attorno alla tredicesima settimana il neonato inizia ad acquisire la capacità stereoscopica, che si affina insieme al progresso della convergenza e della capacità fusionale a livello corticale. Il pieno sviluppo della stereopsi viene raggiunto dopo i 6 mesi, quando è potenzialmente paragonabile a quello di una persona adulta, a condizione che lo sviluppo del rapporto accomodazione-convergenza e l'aumento dell'acutezza visiva procedano in modo adeguato (Salati, 2003).

La stabilità della visione binoculare si avvale delle esperienze senso-motorie compiute dal bambino durante il 'periodo sensibile' della crescita. Fino a due anni il suo sistema nervoso possiede grande capacità di trasformarsi in relazione all'esperienza, cosicché la recettività nei confronti di ogni tipo di apprendimento è elevatissima. In tale periodo qualsiasi ostacolo alla visione binoculare provoca significativi deficit della visione binoculare, ma un trattamento tempestivo consentirà un buon recupero; un intervento tardivo otterrà invece mediocri o scarsi risultati poiché l'apparato visivo perde

gradualmente la propria plasticità (Ruggeri, Ciriello, 2005).

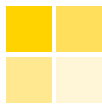
Corrispondenza bifoveale

Quando le fovee dei due occhi sono esattamente allineate al punto fissato, sia nella visione a

distanza che in quella prossimale, si è in presenza di corrispondenza bifoveale. Le tropie (orizzontali, verticali, torsionali) sono caratterizzate dall'assenza di corrispondenza bifoveale.

In caso di tropia la stimolazione simultanea, da parte dell'oggetto fissato, di punti retinici non corrispondenti dà luogo a direzioni visive soggettive incongrue e





quindi a diplopia; per eliminarla il sistema visivo mette in atto opportuni meccanismi adattivi come la suspensopia o la soppressione (Rossetti, Gheller, 2003).

In una deviazione esotropica l'immagine si forma sulla retina nasale dell'occhio deviato e l'oggetto è localizzato temporalmente; nell'esotropia la diplopia è quindi omonima o non crociata ('uncrossed' per gli anglosassoni). In una deviazione exotropica l'immagine si forma sulla retina temporale cosicché l'oggetto è localizzato nasalmente; nell'exotropia la diplopia è perciò eteronima o crociata ('crossed' per gli anglosassoni). Nell'occhio ipotropico l'immagine si forma sulla retina inferiore e l'oggetto è localizzato superiormente, l'inverso accade nell'ipertropia. Se la deviazione coinvolge la rotazione del meridiano verticale dell'occhio, si parla di diplopia torsionale (Rocchitelli et al., 2004).

La misura della deviazione può essere espressa in gradi oppure in diottrie prismatiche; il grado ($^{\circ}$), trecentosessantesima parte dell'angolo giro, è la comune

unità di misura degli angoli; la diottria prismatica (Dp, dp, Dpt, Δ), che è l'equivalente della deviazione di un centimetro a un metro di distanza su una superficie piana, è un'unità di misura di esclusivo uso optometrico. Il rapporto tra diottrie prismatiche e gradi è il seguente:

- $1^{\circ} = 1,74 \text{ Dp}$
- $1 \text{ Dp} = 0,57^{\circ}$

Le deviazioni possono essere evidenziate con vari test; il test di Hirschberg e il cover test sono tra i più semplici e diffusi. Il test di Hirschberg, che consente di determinare l'ampiezza della deviazione sia in posizione primaria che nelle posizioni secondarie, si esegue antepponendo una mira luminosa puntiforme e valutando la prima immagine di Purkinje riflessa dalle due cornee; il soggetto è normotropico se i riflessi corneali sono simmetrici, mentre la loro asimmetria indica una deviazione (Maffioletti et al., 2002).

Il cover test consente di evidenziare la deviazione per mezzo dello spostamento dell'occhio rimasto scoperto quando,

anteponendo uno schermo a un occhio, è stata interrotta la visione binoculare; la quantificazione della deviazione avviene con l'ausilio della stecca di prismi di Berens, ponendo davanti all'occhio deviato un valore prismatico (verticale e/o orizzontale) che compensi la deviazione provocandone la scomparsa (Giannelli, 2002).

Anomalie della visione binoculare

Le anomalie della visione binoculare possono riferirsi a squilibri riguardanti solo la visione a distanza, solo la visione prossimale oppure entrambe le condizioni. La definizione classica, conosciuta da Duane e poi modificata da Tait e da Borish, ne individua sei forme di cui tre sono relative alla condizione eso (eso di base, eccesso di convergenza, insufficienza di divergenza) e tre sono relative alla condizione exo (exo di base, insufficienza di convergenza, eccesso di divergenza).

Le anomalie della visione binoculare sono generalmente legate sia a un problema di convergenza che a un problema accomodativo ai quali, a volte, si somma anche un problema refrattivo. Per questo il professionista deve anzitutto prescrivere la precisa compensazione ottica dell'ametropia (con occhiali oppure con lenti a contatto) calcolando l'opportuno potere delle lenti per la visione a distanza e quello per la zona prossimale (lettura,

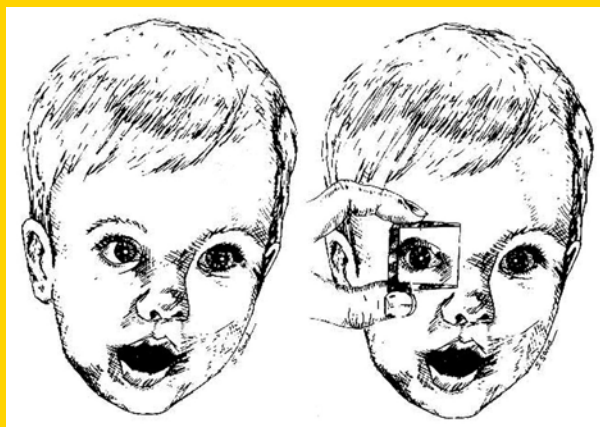
Ametropia (non compensata) Entità minima (in D) per interferire con la stabilità della visione binoculare

Ipermetropia	1,50
Miopia	1,00
Astigmatismo	1,00
Anisometropia	1,00 (nel valore sferico o in quello cilindrico)

Per verificare la visione binoculare (metodo di Hirschberg)

- Porsi frontalmente all'esaminato e chiedergli di fissare binocularmente una mira luminosa puntiforme tenuta in posizione centrale.
 - Osservare la posizione dei riflessi corneali del soggetto e valutare la loro posizione in relazione al centro della pupilla.
- L'esatta simmetria dei riflessi corneali nei due occhi caratterizza un soggetto normotropico; una dissimmetria è un forte indizio di deviazione. Un successivo e accurato cover test permetterà di distinguere uno strabismo reale da uno apparente (Dale, 1988). Se i riflessi corneali non sono simmetrici, si può determinare l'entità dell'assimetria (in mm) e quantificare la deviazione. Si riportano i valori proposti da vari autori, tra i quali c'è una certa discordanza (in parte giustificata dalla variazione delle dimensioni oculari riscontrabile da persona a persona):
- Una dissimmetria di 1 mm corrisponde a 8° oppure a 14 Dp (Hirschberg in Bredemeyer et al., 1986)
 - Una dissimmetria di 1 mm corrisponde, secondo calcoli teorici e risultati sperimentali, a circa 12° o 22 Dp (Griffin, 1979)
 - Una dissimmetria di 1 mm corrisponde a 13-20 Dp (Pickwell, 1989)
 - Una dissimmetria di 1 mm corrisponde a 11-13 Dp (Bredemeyer et al., 1986)
 - Se un riflesso corneale è centrale e l'altro è sul bordo pupillare, l'angolo di strabismo è di circa 15°; se è a metà tra margine pupillare e limbus, l'angolo di strabismo è di circa 22°; se è al limbus, l'angolo di strabismo è di circa 45° (Lang, 1976)
 - Se un riflesso corneale è centrale e l'altro è sul bordo pupillare l'angolo di strabismo è di 15-20°; se è a metà tra margine pupillare e limbus l'angolo di strabismo è di 30-33°; se è al limbus l'angolo di strabismo è di 45° (Dale, 1988)

La posizione dei riflessi luminosi corneali, quando non è simmetrica, può essere valutata anche eseguendo il test di Krimsky, più preciso di quello di Hirschberg ed eseguibile in posizione primaria oppure secondaria. Nel test di Krimsky la posizione del riflesso luminoso corneale dell'occhio disallineato viene modificata attraverso l'anteposizione di prismi di potere crescente, fino a quando corrisponde con quella dell'occhio adelfo. La misura dell'angolo di deviazione è espressa dal potere prismatico che è stato necessario per ripristinare la precisa simmetria dei riflessi luminosi. Si può procedere anche anteponendo i prismi all'occhio fissante; questa seconda modalità è definita test di Krimsky modificato (Spalton et al., 1995).



computer). La presenza di un'ametropia non compensata o compensata in modo errato può infatti accentuare i problemi binoculari, inducendo un'iper oppure un'ipofunzione accomodativa che (in virtù del rapporto AC/A) potrebbe minare la stabilità della visione binoculare provocando un'elevata foria e un'eccessiva richiesta di vergenza fusionale negativa o positiva (Maiocchi, 2007).

La tabella della pagina precedente, tratta da uno studio di Orinda (in Blum, 1958), indica l'entità minima di un'ametropia non compensata in grado di interferire in modo significativo con la stabilità della visione binoculare.

Per escludere una relazione di causa-effetto tra un'ametropia non compensata e la fragilità binoculare è quindi sempre opportuno eseguire, nella prima fase dell'esame, un'accurata analisi visiva e, quando necessario, prescrivere le lenti adeguate alle esigenze visive del soggetto.

Anomalie della visione binoculare			
	Eso di Base	eso L = eso V	Ac/A Normale
ESO	Eccesso di convergenza	eso L < eso V	Ac/A Alto
	Insufficienza di divergenza	eso L > eso V	Ac/A Basso
	Exo di Base	exo L = exo V	Ac/A Normale
EXO	Insufficienza di convergenza	exo L < exo V	Ac/A Basso
	Eccesso di divergenza	exo L > exo V	Ac/A Alto

Conclusioni

La binocularità fa parte della seconda area del modello visivo di Scheiman e Wick; la sua verifica mira a individuare anomalie consolidate oppure condizioni di fragilità che possono provocare una sintomatologia disturbante e una significativa riduzione di efficienza visiva del soggetto. Il professionista, in questi casi, cerca di

ridurre i sintomi e rendere più efficiente la prestazione visiva del soggetto attraverso una compensazione ottica e/o un trattamento visivo appropriato. Se la compensazione ottica e il trattamento visivo migliorativo delle abilità binoculari si rivelerà adeguato, il soggetto beneficerà di una riduzione dei sintomi o della loro scomparsa in concomitanza al rafforzamento delle abilità binoculari (Ravasi et al., 2005).



Per verificare l'angolo k

Lo scostamento del riflesso luminoso corneale rispetto al centro del diaframma pupillare viene misurato in mm ed è funzione dell'angolo k, formato dall'asse visivo e dall'asse pupillare. L'angolo k rende manifesta la discrepanza esistente tra la direzione anatomica dell'occhio (espressa dall'asse ottico, pressoché coincidente con l'asse pupillare) e la sua direzione visiva effettiva, espressa dall'asse visivo che coniuga la fovea con l'oggetto fissato (Rossetti, Gheller, 2003).

L'angolo k è positivo quando l'asse visivo passa all'interno dell'asse pupillare, è negativo quando l'asse pupillare passa all'interno dell'asse visivo.

Il test di Hirschberg, che valuta la posizione dei riflessi luminosi corneali, deve tener conto del tipo e dell'entità dell'angolo k.

Per quantificare l'angolo k:

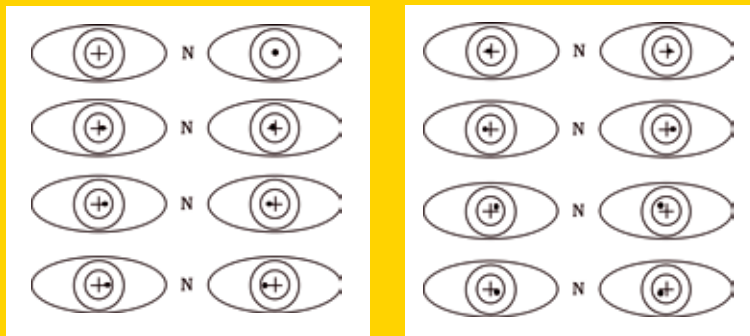
- Porsi frontalmente al soggetto, occludere il suo occhio sinistro e chiedergli di fissare una mira luminosa puntiforme tenuta davanti al suo occhio destro.
 - Valutare (in mm) la posizione del riflesso luminoso corneale in relazione al centro della pupilla, quantificando l'angolo k dell'occhio destro.
 - Ripetere la procedura nell'occhio adelfo, quantificando l'angolo k dell'occhio sinistro.
 - Ripetere la procedura con i due occhi aperti, quantificando l'angolo k dei due occhi mentre fissano la mira luminosa, posta centralmente, in visione binoculare.
- In soggetti normotropici, binocularmente si possono riscontrare varie possibilità (Faini, 2001):

- Angolo k assente;
- Angolo k positivo con riflesso paracentrale nasale nei due occhi ovvero in prossimità del centro pupillare in zona nasale;
- Angolo k positivo con riflesso pericentrale nasale nei due occhi ovvero tra il centro e il margine pupillare in zona nasale;
- Angolo k positivo con riflesso extracentrale nasale nei due occhi ovvero al margine pupillare in zona nasale;
- Angolo k negativo con riflesso paracentrale temporale nei due occhi ovvero in prossimità del centro pupillare in zona temporale;
- Angolo k negativo con riflesso pericentrale temporale nei due occhi ovvero tra il centro e il margine pupillare in zona temporale;
- Angolo k negativo con riflesso extracentrale temporale nei due occhi ovvero al margine pupillare in zona temporale.

La condizione più frequente è quella in cui l'angolo k è positivo; il suo valore medio è di $+5^\circ$ (Rossetti, Gheller, 2003).

L'angolo k è correlato alle ametropie assiali. Aumenta in relazione alla diminuzione della lunghezza assiale dell'occhio e quindi nell'ipermetropia assiale, diminuisce in relazione all'aumentare della lunghezza assiale dell'occhio ovvero nella miopia assiale (Faini, 2001).

Oltre alla componente orizzontale, la posizione del riflesso corneale in soggetti normotropici può avere anche una componente verticale.



Riferimenti bibliografici

- Airaghi E., Altmani A., *I muscoli dell'occhio e la funzionalità binoculare*, Assopto Milano, 1997.
- Blum H.L., *Vision screening for elementary schools: the Orinda study*, University of California Press, Berkeley, 1958.
- Bredemeyer H., Bullock K., *Ortottica*, Piccin Nuova Libreria, Padova, 1986.
- Dale R.T., *Motilità oculare e strabismo*, USES, Firenze, 1988.
- Devoto G., Oli G.C., *Il Devoto Oli 2007, vocabolario della lingua italiana*, Le Monnier, Firenze, 2006.
- Faini M., *Lezioni di Optometria*, Assopto Milano Acofis, Milano, 2001.
- Faini M., Maffioletti S., *Optodizionario*, in www.soeo.it, 2006.
- Giannelli L., *Valutazione della visione binoculare e adeguatezza del sistema visivo all'anno della scolarizzazione*, in *Rivista Italiana di Optometria*, vol. 25/4, 2002.
- Griffin J.R., *Le anomalie binoculari*, SOE, Bruxelles, 1979.
- Lang J., *Strabismus*, Verducci, Roma, 1976.
- Maffioletti S., Maiocchi A., Notari Nardari M.E., *La riflessione corneale nell'ottica, nell'arte e nell'optometria*, in *Rivista Italiana di Optometria*, vol. 25/2, 2002.
- Maiocchi A., *Manuale pratico per l'esecuzione di un esame visivo*, Medical Books, Palermo, 2007.
- Pickwell D., *Binocular vision anomalies: investigation and treatment*, Butterwords, London, 1989.
- Ravasi A., Papagni A., Maffioletti S., Ruggeri L., Lorusso M.L., Facoetti A., *Acuità visiva, movimenti oculari e apprendimento della lettura*, Tesi di laurea in Ottica e Optometria, Università degli Studi di Milano Bicocca, a.a. 2004/2005.
- Rocchitelli G., Maffioletti S., Cattini G., *La diplopia: aspetti clinici, diagnostici e terapeutici*, Tesi di laurea in Ottica e Optometria, Università degli Studi di Milano Bicocca, a.a. 2003/2004.
- Rossetti A., Gheller P., *Manuale di optometria e contattologia*, Zanichelli, Bologna, 2003.
- Ruggeri L., Ciriello M., *Uno sguardo alla psicologia dello sviluppo, in Il bambino e le abilità di lettura: il ruolo della visione*, a cura di Maffioletti S., Pregliasco R., Ruggeri L., FrancoAngeli, Milano, 2005.
- Salati R., *Sviluppo della visione binoculare: metodiche sperimentali di studio*, in F. Polenghi, R. Salati (a cura di), *Appunti di strabologia. Contributi alle giornate di studio anni 1999, 2000, 2001*, Ghedimedia, Milano, 2003.
- Scheiman M., Wick B., *Clinical management of binocular vision, heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2002.
- Spalton D.J., Hitchings R.A., Hunter P.A., *Atlante di Oftalmologia Clinica*, UTET, Torino, 1995.