

L'EYE TRACKER NELLA RICERCA E NELLA PRATICA OPTOMETRICA

A cura di Nicola Megna, docente IRSOO

Introduzione

Negli ultimi anni la ricerca optometrica sta impiegando sempre più diffusamente l'eye tracker. Si tratta di un apparato che, nella sua versione più recente, illumina gli occhi con raggi prossimi agli infrarossi e ne registra il riflesso corneale, permettendo in maniera non invasiva ma estremamente precisa di tracciare il percorso delle cornee durante un compito visivo (fig. 1).

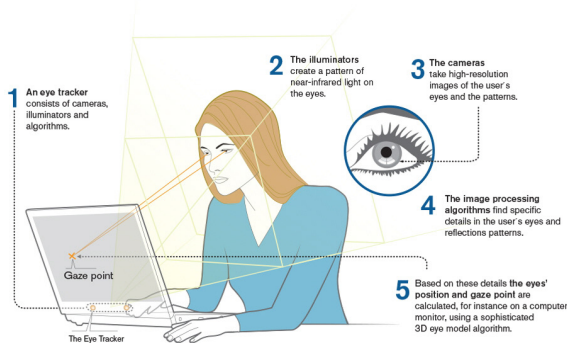


Figura 1. Principi generali di funzionamento di un eye tracker. © Tobii AB 2019.

Esistono diversi dispositivi in commercio: da quelli di tipo stazionario per rilevare i movimenti oculari di una persona che sta guardando un monitor, a quelli di tipo mobile che sono dei veri e propri occhiali indossabili che contengono una telecamera per la registrazione della scena visiva che sta osservando il soggetto oppure uno schermo per la realtà virtuale o aumentata, nonché un giroscopio per la misurazione dei movimenti della testa. Ognuno di questi tipi di eye tracker è particolarmente adatto a differenti campi di ricerca. Gli eye tracker mobili sono usati soprattutto nell'ambito del marketing e dello studio del comportamento umano nell'ambiente reale o virtuale e, a fronte della loro estrema versatilità, presentano generalmente una precisione minore dei loro "cugini" stazionari, che sono invece utilizzati soprattutto nell'ambito clinico e di ricerca di base sulla visione (Irving et al., 2006; Murray et al., 2007). Fino ad oggi questo strumento è stato generalmente poco

utilizzato nella pratica clinica optometrica soprattutto a causa dei suoi costi, che però ultimamente si sono ridotti di molto, come spesso avviene nell'ambito della tecnologia nel momento in cui si amplifica il bacino di utenza. Diventa quindi interessante anche per i singoli professionisti conoscere le potenzialità di questo dispositivo, più accessibile rispetto al passato (Gantz & Caspi, 2020; Jones et al., 2019).

Una crescita esponenziale di applicazioni

Se si effettua una ricerca bibliografica su PubMed utilizzando la stringa "eye tracker" AND (optometry OR optics), si troveranno ad oggi ben 1.101 lavori scientifici optometrici che hanno usato questo dispositivo, pubblicati tra il 1987 (2 articoli/anno) e il 2020 (149 articoli/anno). In fig. 2 si può osservare il trend esponenziale con cui sono stati pubblicati ogni anno nuovi articoli, che denota il progressivo sempre maggiore interesse per questo strumento.



Figura 2. Nel corso degli anni il numero di studi scientifici che hanno utilizzato l'eye tracker è aumentato esponenzialmente.

Questi lavori sono particolarmente rilevanti per i professionisti della visione, in quanto trattano di argomenti che vanno dalla stanchezza oculare (Kim et al., 2011; Wang et al., 2019) al comportamento di lettura (Glimne et al., 2015; Nahar et al., 2011; Vinuela-Navarro et al., 2017), dalle forie (Anderson et al., 2010; Gantz & Caspi, 2020; Hrynychak et al., 2010) alla disparità di fissazione (Švede et al., 2015), dalle variazioni della potenza rifrattiva durante i movimenti oculari lenti e

di vergenza (Okuyama et al., 1990) alla sicurezza stradale (Larue et al., 2020), dallo sviluppo del sistema visivo (Hall et al., 2000; Irving et al., 2006; Irving & Lillakas, 2019; Murray et al., 2007) ai correlati comportamentali delle patologie oculari (Asfaw et al., 2020; Asfaw, Jones, Mönter, et al., 2018; Asfaw, Jones, Smith, et al., 2018; Crabb et al., 2010; Giacomelli et al., 2020; Glen et al., 2015; Jones, 2020; Jones et al., 2019; Wyatt, 2011).

Nel seguito dell'articolo sarà illustrata una rassegna di alcuni studi che si sono avvalsi dell'eye tracker.

Affaticamento oculare

Per molte persone il lavoro al computer (ancora più diffuso durante l'emergenza COVID-19), le ametropie sempre più frequenti (Dolgin, 2015) e la malsana difficoltà a staccare gli occhi dal cellulare o da altri device di uso comune determinano un sovraccarico del sistema visivo che sfocia quasi invariabilmente nell'astenopia. Quando i muscoli intrinseci ed estrinseci dell'occhio non riescono più a compiere il loro lavoro, si possono evidenziare difficoltà nell'accomodazione e nella vergenza, dolore e secchezza oculare, mal di testa, visione annebbiata e sdoppiamento delle immagini. Basandosi sull'osservazione di Kim et al. (2011), secondo cui all'aumentare dello stress oculare i movimenti saccadici si diradano mentre la frequenza degli ammiccamenti aumenta, Wang et al. (2019) propongono un sistema di misura dell'affaticamento oculare che faccia uso della rilevazione di questi due parametri attraverso un eye tracker.

Gli autori hanno validato questo sistema attraverso un esperimento nel quale affaticavano gli occhi dei loro soggetti (N=105), per poi misurare lo stress a cui erano stati sottoposti attraverso l'eye tracker, insieme ad alcuni test optometrici e a un questionario. I risultati evidenziano che, mentre la percezione soggettiva dell'affaticamento oculare è estremamente variabile e può quindi rappresentare un indicatore non affidabile, l'eye tracker è in grado di rilevare la stanchezza oculare dei soggetti attraverso la graduale variazione dei parametri sopra citati.

Difficoltà di lettura

La lettura è uno degli aspetti del comportamento umano più studiato attraverso l'eye tracker. La rilevazione delle caratteristiche delle saccadi e delle fissazioni durante questo

comportamento potrebbe permettere infatti di distinguere un lettore efficace da uno con difficoltà. Tuttavia, non è semplice distinguere le cause di una cattiva lettura, che può derivare da fattori strettamente visivi, visuomotori o ancora da fattori di tipo cognitivo.

Vinuela-Navarro et al. (2017) hanno cercato di determinare il peso dei movimenti oculari nel ritardo dell'apprendimento della lettura su un campione di 163 bambini (di cui 43 con ritardo di lettura) dai 4 agli 11 anni utilizzando un eye tracker unito a una batteria di test optometrici. Sullo schermo di un computer veniva presentato per qualche secondo un personaggio dei cartoni animati su una linea orizzontale che andava dai -20° ai $+20^\circ$ rispetto al punto di fissazione, in gradini da 5° . Nessun parametro oculare è risultato differente tra i bambini con e senza ritardo di lettura, né relativo ai movimenti oculari (fig. 3) né relativo ad altri parametri come acuità visiva, disparità di fissazione, stereopsi o accomodazione.

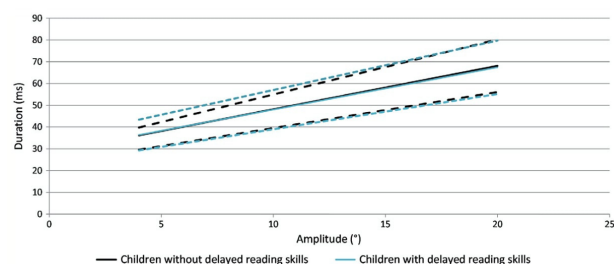


Figura 3. Relazione tra durata e ampiezza delle saccadi in bambini con acquisizione normale delle abilità di lettura (linee nere) e con ritardo (linee celesti). Le linee continue rappresentano i valori medi, mentre quelle tratteggiate rappresentano le relative deviazioni standard. Non si osserva alcuna differenza, nello studio in esame, tra i due gruppi (immagine ripresa dal lavoro di Vinuela-Navarro et al. [2017]).

Gli autori concludono che i movimenti oculari dei bambini con ritardo di lettura sono quantitativamente simili a quelli dei bambini con normale sviluppo. Ciò ha una certa rilevanza pratica in quanto pone in dubbio gli interventi basati sul miglioramento del controllo dei movimenti oculari. Tuttavia,

questo studio non è esente da punti di criticità, primo tra tutti il fatto di aver usato come stimolo del materiale non verbale anche per i bambini più grandi; in questi ultimi sarebbe stato invece possibile utilizzare lettere o parole.

È noto che il comportamento di lettura è alquanto speciale, in quanto presenta delle configurazioni che non sono rilevabili con altri tipi di stimoli (per esempio, le saccadi retrogradi, che si hanno quando gli occhi tornano indietro per rileggere una parola su cui erano appena passati) e quindi è possibile che ciò che hanno misurato Vinuela-Navarro et al. (2017) non sia legato strettamente ad una performance di lettura. Tuttavia i risultati di questo studio sono interessanti in quanto escludono che a livello generale ci sia una diversità nei movimenti oculari dei bambini con e senza ritardo nell'acquisizione della lettura.

Con l'eye tracker è possibile naturalmente studiare non solo le differenze nei movimenti oculari durante la lettura in popolazioni cliniche ma anche i possibili disturbi che possono derivare dall'ambiente di lettura. Per esempio, Glimne et al. (2015) hanno rilevato attraverso l'utilizzo di un eye tracker che l'abbagliamento al videoterminale non solamente degrada fortemente le immagini, ma induce un allungamento dei tempi di fissazione, che rappresenta un indice della difficoltà di elaborare lo stimolo e provoca un rallentamento della velocità di lettura. Le implicazioni pratiche di questo studio riguardano l'importanza di seguire le raccomandazioni sul modo di illuminare il luogo di lavoro allo scopo di evitare i fenomeni di abbagliamento.

Forie e disparità di fissazione

Vista sfocata, mal di testa, diplopia ed affaticamento oculare possono derivare da una deviazione degli assi ottici, che gli optometristi possono misurare in vari modi. Uno degli strumenti più diffusi è il cover test, che comunemente viene considerato un test oggettivo in quanto non richiede che l'esaminato produca una risposta verbale. Tuttavia, esso si basa sul giudizio dell'esaminatore e dipende in una certa misura dalla sua esperienza clinica. I criteri di valutazione possono variare da professionista a professionista e deviazioni oculari ampie vengono generalmente sovrastimate (Anderson et al., 2010; Hrynchak et al., 2010). In sostanza, il cover test non può essere considerato un test oggettivo propriamente detto. Alcuni ricercatori hanno tentato di misurare le eteroforie utilizzando un eye tracker

unitamente ad un filtro a raggi infrarossi, che permette di occludere l'occhio senza interferire con il segnale di misurazione dello strumento (Gantz & Caspi, 2020).

I risultati dello studio confermano sia la validità dell'eye tracker che quella del cover test, in quanto le differenze tra le misurazioni ottenute sugli stessi soggetti con i due strumenti sono state inferiori alle due diottrie sia nella condizione di occlusione breve (3 secondi) che lunga (10 secondi), che possono essere considerate non clinicamente rilevanti in quanto l'osservazione del clinico difficilmente riesce ad avere una risoluzione migliore (fig. 4). Gli autori concludono che l'utilizzo di un eye tracker in ambulatorio potrebbe portare a migliorare l'affidabilità delle misurazioni delle eteroforie.

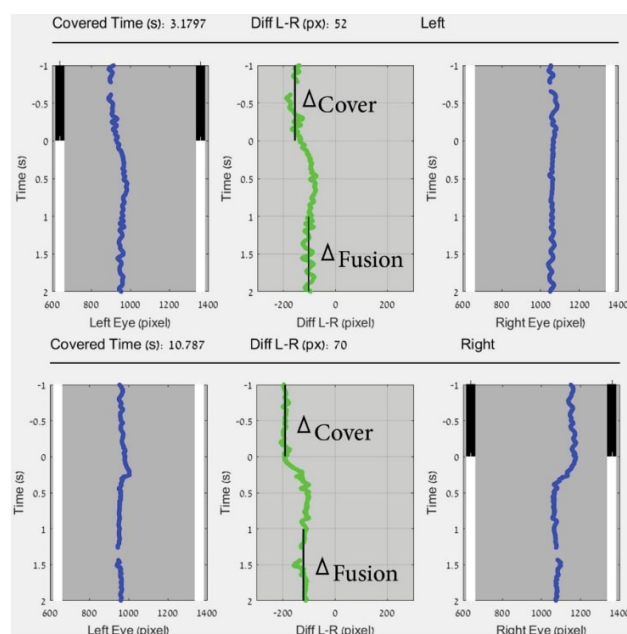


Figura 4. Analisi dei movimenti oculari ottenute da un soggetto durante il cover test compiuto con l'eye tracker. Sono riportate le posizioni dell'occhio sinistro (pannelli a sinistra) e dell'occhio destro (pannelli a destra) in funzione del tempo. Le bande nere di fianco ai tracciati indicano la durata dell'occlusione di uno dei due occhi. In alto sono mostrati i dati relativi alla condizione di occlusione dell'occhio della durata di 3 secondi, in basso quella dell'occlusione della durata di 10 secondi. I pannelli centrali sono relativi alla differenza tra le posizioni dell'occhio destro e sinistro, calcolata per misurare l'eteroforia. L'occhio scoperto fissava il bersaglio e, come si può notare, il tracciato mette in evidenza lo spostamento dell'altro occhio nel momento in cui viene rimossa l'occlusione (immagine ripresa dal lavoro di Gantz & Caspi[2020]).

Visione e sicurezza stradale

L'eye tracker può essere utilizzato per valutare la dinamica della funzionalità visiva. È possibile per esempio correlare direttamente le variazioni nella potenza rifrattiva con i movimenti di vergenza e l'accomodazione (Okuyama et al., 1990), oppure effettuare misurazioni ancora più ecologiche e vicine alla reale performance quotidiana delle persone. Uno di questi lavori ha preso in esame i pericoli cui possono andare incontro i pedoni che sono distratti dal loro smartphone mentre attraversano la strada.

Si può intuire che in queste condizioni le persone guardino per meno tempo e con meno efficienza la strada, e l'eye tracker consente non solo di misurare questo fenomeno ma anche l'efficacia degli interventi stradali mirati a evitarne le pericolose conseguenze, come per esempio l'illuminazione intermittente attraverso luci LED a terra dei percorsi pedonali.

Gli autori di uno di questi studi hanno determinato in laboratorio su un campione di 24 persone la capacità di notare simili luci, rilevando sia i movimenti oculari che i tempi di reazione quando i soggetti erano distratti da altri stimoli visivi e acustici.

Tali distrazioni aumentavano i tempi di reazione di circa 143 e 124 millisecondi, rispettivamente, mentre le luci riuscivano a diminuirli nuovamente fino a 159 millisecondi. I dati registrati con l'eye tracker hanno mostrato che le persone non hanno bisogno di fissare i LED, facendo uso della loro visione periferica, e che l'intermittenza delle luci è un aspetto fondamentale di questo tipo di intervento stradale (Larue et al., 2020).

Un altro studio (Glen et al., 2015) ha tentato di stabilire quali siano i difetti del campo visivo che sono di impedimento alla guida di veicoli, in particolare per verificare l'ipotesi che la perdita binoculare del campo visivo superiore sia più pericolosa di quella del campo visivo inferiore. A tale scopo è stato utilizzato un sistema che permettesse di regolare lo stimolo in funzione dei movimenti oculari, attraverso quindi l'uso dell'eye tracker, per simulare uno scotoma.

I risultati ottenuti su 30 soggetti indicano in effetti una maggiore pericolosità dei danni a carico del campo visivo superiore. Questo tipo di ricerche potrebbe avere importanti conseguenze pratiche sui test da effettuare nell'ambito del rilascio delle patenti di guida.

Aspetti comportamentali correlati allo sviluppo e alla patologia oculare

Grazie al fatto che l'eye tracker è adatto a studi su soggetti di qualsiasi età, sono stati effettuati molti studi sullo sviluppo tipico delle caratteristiche dei movimenti oculari. Irving et al. (2019) per esempio hanno studiato una serie di parametri (latenza, velocità, ampiezza) delle saccadi orizzontali e verticali su un campione di 131 soggetti dai 3 agli 86 anni di età. Mentre non sono state trovate differenze significative tra la latenza (ovvero il tempo tra l'apparizione dello stimolo e l'inizio del movimento oculare) e la velocità delle saccadi verticali verso il basso e verso l'alto in funzione dell'età, è stato osservato che le saccadi verticali sono generalmente ipometriche, ovvero meno ampie rispetto a quanto ci si aspetterebbe in funzione delle caratteristiche dello stimolo, e presentano una maggiore latenza di quelle orizzontali.

Le saccadi verso il basso sono generalmente più ampie di quelle verso l'alto e questa caratteristica tende ad aumentare con l'età. La latenza è una caratteristica che si mantiene stabile nel corso della vita, a parte una iniziale diminuzione dai 3 ai 4 anni e un aumento in avanzata età. La velocità delle saccadi si mantiene relativamente stabile tra i 20 e i 60 anni, mentre risulta essere più bassa nelle altre fasce di età. Queste caratteristiche (e molte altre qui non riportate) così diverse in funzione dell'età e del tipo di saccade dimostrano che i movimenti oculari sono un comportamento complesso, legato sia ad aspetti sensoriali che cognitivi, e soprattutto sono controllati da differenti aree del cervello, con tempi di maturazione e di deterioramento diversi.

Quanto all'applicazione dell'eye tracker nell'ambito delle patologie oculari, si evidenziano molti studi sul glaucoma e sulle maculopatie degenerative. Il glaucoma è una condizione che sicuramente ha conseguenze sui movimenti oculari. Tali cambiamenti potrebbero a loro volta permettere, se misurati con un sistema sufficientemente sensibile, di valutare in tempo i primi segnali della malattia.

Asfaw et al. (2020) hanno verificato se tali variazioni sono realmente rilevabili ed utili dal punto di vista della valutazione precoce usando ancora una volta l'eye tracker in un paradigma di alterazione simulata del campo visivo. I loro risultati indicano che un eye tracker può essere in grado di rilevare le alterazioni dovute al glaucoma quando la malattia può essere diagnosticata con la classica microperimetria.

A prima vista quindi si direbbe che in questo caso l'eye tracker non aggiungerebbe niente allo stato attuale dell'arte: tuttavia, la microperimetria è un test complesso, il macchinario per effettuarla è ingombrante e costoso ed è utilizzato dal personale medico-sanitario cui a volte le persone non si rivolgono come prima scelta all'inizio di un problema oculare, e può quindi essere un test poco adatto allo screening o ad una valutazione precoce del glaucoma. Un eye-tracker di ultima generazione può al contrario essere uno strumento relativamente meno costoso e sicuramente più portatile, visto che può essere usato anche solamente con un software all'interno di un tablet (Jones, 2020; Jones et al., 2019).

Per finire, l'Azienda Ospedaliera Universitaria di Careggi in collaborazione con IRSOO ha dato un primo contributo a questo settore di ricerca, che continuerà con altre imminenti ricerche. Nel lavoro di Giacomelli et al. (2020) sono stati misurati i movimenti saccadici di soggetti con scotoma centrale e che quindi utilizzano un punto eccentrico di fissazione per osservare gli stimoli.

Correlando i dati dell'eye tracker con altri test riguardanti le abilità di lettura, l'acuità visiva, la sensibilità al contrasto e la microperimetria, questi autori hanno rilevato una diminuzione della velocità delle saccadi nei pazienti (N=10) rispetto ai controlli (N=10), che risulta ancora più marcata nel caso in cui lo stimolo visivo ricada sulle zone retiniche danneggiate. Tale diminuita velocità saccadica tende ad essere correlata con gli indici di performance di lettura. Negli sviluppi futuri di questo studio si intende mettere a punto un test che permetta di stimare l'area dello scotoma retinico attraverso la misurazione dei movimenti oculari. Già Wyatt et al. (2011) tentarono questo approccio con successo, anche se a spese di una sostanziale riduzione della ripetibilità delle misure rispetto a quella della microperimetria.

Conclusioni

In questo articolo si è presentata una selezione di studi di ricerca, senza pretesa di esaustività, che dovrebbe far riflettere sulle opportunità per la ricerca e per la pratica clinica offerte dall'utilizzo dell'eye tracker in ambito optometrico, anche in considerazione del rapido sviluppo tecnologico, che potrebbe rendere questo strumento facilmente accessibile ai singoli professionisti nel prossimo futuro, fornendo nuove occasioni di lavoro, di formazione e di ricerca.

Bibliografia

- Anderson, H. A., Manny, R. E., Cotter, S. A., Mitchell, G. L., & Irani, J. A. (2010). Effect of examiner experience and technique on the alternate cover test. *Optometry and Vision Science*, 87(3), 168–175. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181d1d954>
- Asfaw, D. S., Jones, P. R., Edwards, L. A., Smith, N. D., & Crabb, D. P. (2020). Using eye movements to detect visual field loss: a pragmatic assessment using simulated scotoma. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66196-2>
- Asfaw, D. S., Jones, P. R., Mönter, V. M., Smith, N. D., & Crabb, D. P. (2018). Does glaucoma alter eye movements when viewing images of natural scenes? A between-eye study. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 59(8), 3189–3198. <https://doi.org/10.1167/iovs.18-23779>
- Asfaw, D. S., Jones, P. R., Smith, N. D., & Crabb, D. P. (2018). Data on eye movements in people with glaucoma and peers with normal vision. *Data in Brief*, 19, 1266–1273. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.05.076>
- Crabb, D. P., Smith, N. D., Rauscher, F. G., Chisholm, C. M., Barbur, J. L., Edgar, D. F., & Garway-Heath, D. F. (2010). Exploring eye movements in patients with glaucoma when viewing a driving scene. *PLoS ONE*, 5(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009710>
- Dolgin, E. (2015). 7543_The myopia boom. *Nature*, 519(7543), 276–278.
- Gantz, L., & Caspi, A. (2020). Synchronization of a removable optical element with an eye tracker: Test case for heterophoria measurement. *Translational Vision Science and Technology*, 9(7), 1–13. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.7.40>
- Giacomelli, G., Farini, A., Baldini, I., Raffaelli, M., Bigagli, G., Fossetti, A., & Virgili, G. (2020). Saccadic movements assessment in eccentric fixation: A study in patients with Stargardt disease. *European Journal of Ophthalmology*. <https://doi.org/10.1177/1120672120960336>
- Glen, F. C., Smith, N. D., & Crabb, D. P. (2015). Impact of superior and inferior visual field loss on hazard detection in a computer-based driving test. *British Journal of Ophthalmology*, 99(5), 613–617. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2014-305932>
- Glimme, S., Brautaset, R. L., & Seimyr, G. Ö. (2015). The effect of glare on eye movements when reading. *Work*, 50(2), 213–220. <https://doi.org/10.3233/WOR-131799>
- Hall, E. C., Gordon, J., Hainline, L., Abramov, I., & Engber, K. (2000). Childhood visual experience affects adult voluntary ocular motor control. *Optometry and Vision Science*, 77(10), 511–523. <https://doi.org/10.1097/00006324-200010000-00005>
- Hrynychak, P. K., Herriot, C., & Irving, E. L. (2010). Comparison of alternate cover test reliability at near in non-strabismus between experienced and novice examiners. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30(3), 304–309. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2010.00723.x>
- Irving, E. L., & Lillakas, L. (2019). Difference between vertical and horizontal saccades across the human lifespan. *Experimental Eye Research*, 183, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2018.08.020>

- Irving, E. L., Steinbach, M. J., Lillakas, L., Babu, R. J., & Hutchings, N. (2006). Horizontal saccade dynamics across the human life span. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 47(6), 2478–2484. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-1311>
- Jones, P. R. (2020). An Open-source Static Threshold Perimetry Test Using Remote Eye-tracking (Eyecatcher): Description, Validation, and Preliminary Normative Data. *Translational Vision Science & Technology*, 9(8), 18. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.8.18>
- Jones, P. R., Smith, N. D., Bi, W., & Crabb, D. P. (2019). Portable perimetry using eye-tracking on a tablet computer—A feasibility assessment. *Translational Vision Science and Technology*, 8(1). <https://doi.org/10.1167/tvst.8.1.17>
- Kim, D., Choi, S., Choi, J., Shin, H., & Sohn, K. (2011). Visual fatigue monitoring system based on eye-movement and eye-blink detection. In A. J. Woods, N. S. Holliman, & N. A. Dodgson (Eds.), *Stereoscopic Displays and Applications XXII* (Vol. 7863, p. 786303). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.873354>
- Larue, G. S., Watling, C. N., Black, A. A., Wood, J. M., & Khakzar, M. (2020). Pedestrians distracted by their smartphone: Are in-ground flashing lights catching their attention? A laboratory study. *Accident Analysis and Prevention*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105346>
- Murray, K., Lillakas, L., Weber, R., Moore, S., & Irving, E. (2007). Development of head movement propensity in 4-15 year old children in response to visual step stimuli. *Experimental Brain Research*, 177(1), 15–20. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0645-x>
- Nahar, N. K., Gowrisankaran, S., Hayes, J. R., & Sheedy, J. E. (2011). Interactions of visual and cognitive stress. *Optometry*, 82(11), 689–696. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2011.07.003>
- Okuyama, F., Tokoro, T., & Fujieda, M. (1990). Eye-tracking infra-red optometer - PubMed. *Ophthalmic and Physiological Optics*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2216479/>
- Švede, A., Treija, E., Jaschinski, W., & Krūmiņa, G. (2015). Monocular Versus Binocular Calibrations in Evaluating Fixation Disparity With a Video-Based Eye-Tracker. *Perception*, 44(8–9), 1110–1128. <https://doi.org/10.1177/0301006615596886>
- Vinuela-Navarro, V., Erichsen, J. T., Williams, C., & Woodhouse, J. M. (2017). Saccades and fixations in children with delayed reading skills. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 37(4), 531–541. <https://doi.org/10.1111/opo.12392>
- Wang, Y., Zhai, G., Chen, S., Min, X., Gao, Z., & Song, X. (2019). Assessment of eye fatigue caused by head-mounted displays using eye-tracking. *BioMedical Engineering Online*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0731-5>
- Wyatt, H. J. (2011). Automated perimetry: Using gaze-direction data to improve the estimate of scotoma edges. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 52(8), 5818–5823. <https://doi.org/10.1167/iovs.10-6398>

DISABILITÀ VISIVA E DEPRESSIONE: UNA BREVE REVISIONE SISTEMATICA

A cura di IRSOO, autore: Lorenzo Fossetti

E' noto l'impatto che la disabilità visiva, un problema che affligge oltre un miliardo di persone (Bourne et al., 2017), ha sulla qualità della vita di chi ne è affetto più di quanto ne abbiano molte altre condizioni croniche (Langelaan et al., 2007).

Alcuni studi sembrano mettere in luce il fatto che, oltre al chiaro impatto dovuto alla riduzione delle capacità visive, questo genere di problemi abbia conseguenze anche sulla salute mentale dei pazienti affetti (Court et al., 2014) e, dal momento che le condizioni di salute mentale avversa sono comuni in pazienti anziani (World Health Organization, 2017), l'esame della correlazione tra i due problemi è diventato

un argomento di ricerca molto popolare negli ultimi anni. Una rapida ricerca tramite il servizio Web of Science, usando termini come “Visual Impairment”, “Low Vision” e “Blindness”, associati a “Depression” e “Mental Health”, ha fornito immediatamente oltre 5000 risultati, ridotti poi a 1164 una volta limitata agli ultimi 5 anni e rimossi i duplicati ottenuti dalle ricerche. Un semplice screening dei titoli, per eliminare tutti quelli che non prendevano in considerazione disabilità visive e problemi di salute mentale, ha portato inizialmente a selezionarne soltanto 82.

Di questi, soltanto 50 sono stati presi in esame poiché gli altri non studiavano propriamente la prevalenza di sintomi depressivi in persone con disabilità, ma altri fattori come l'efficacia di specifici trattamenti o il peso socio-economico

della cura di problematiche di questo tipo. Gli abstract dei 50 studi selezionati sono stati letti attentamente: il panorama di questo argomento è principalmente popolato da studi trasversali, ma tra di essi hanno visto la luce 8 interessanti studi longitudinali, condotti per periodi lunghi fino a 12 anni. Tra questi sono stati scelti i 3 più significativi, al fine di poter fornire uno sguardo comprensivo sull'argomento.

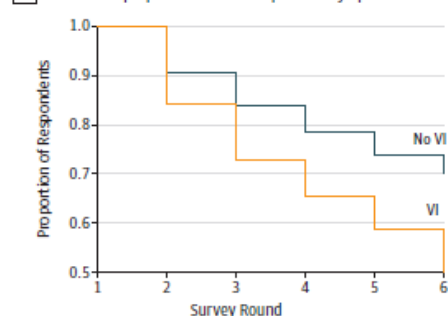
“Longitudinal Associations of Self-reported Vision Impairment With Symptoms of Anxiety and Depression Among Older Adults in the United States” (Frank et al., 2019) è uno studio condotto per 5 anni, dal 2011 al 2016, su un gruppo di 7584 pazienti (56,6% donne) di 65 anni o più (53% di età inferiore ai 75 anni). I dati di baseline riguardanti le disabilità visive sono stati sfruttati per identificare, statisticamente, se ci fosse una più elevata probabilità che coloro che si erano autodichiarati affetti da disabilità visiva (circa l'8,9% del totale) riportassero successivamente di soffrire di depressione o ansia. I risultati dello studio sottolineano che già alla baseline erano più frequenti nei partecipanti affetti da disabilità visiva sintomi di depressione (31,2% contro 12,9%; $p < 0.001$) ed ansia (27,2% contro 11,1%; $p < 0.001$).

Per segnalare quanto la disabilità visiva, successivamente, influisce sulla depressione, viene utilizzato l'Hazard Ratio (HR), che rappresenta il rapporto tra i pazienti con disabilità visiva che dichiarano depressione, e quelli che dichiarano depressione ma che hanno una visione normale. I dati mostrano come vi sia un'associazione tra la disabilità visiva e la tendenza a sviluppare depressione (HR 1.33; 95%CI, 1.15-1.55), mentre l'incremento di sintomi di ansia non è risultato statisticamente significativo (HR 1.06; 95%CI, 0.85-1.31).

Per rappresentare visivamente la differenza, lo studio utilizza poi delle curve di Kaplan-Meier: i grafici di fig. 1 mostrano infatti la differenza di incidenza dei disturbi depressivi e di ansia nei pazienti con e senza disabilità visive. Questo tipo di grafici è fatto per poter analizzare studi longitudinali nei quali i pazienti non iniziano il percorso tutti insieme, ma possono entrare in tempi diversi, e restare nello studio per periodi diversi. Si tratta di curve dette di sopravvivenza: sull'asse delle ascisse troviamo il numero di sondaggi effettuati dal momento in cui un paziente è stato reclutato per lo studio, mentre sull'asse delle ordinate la percentuale di pazienti che non ha avuto alcun sintomo depressivo. La proiezione delle linee orizzontali sull'asse delle ordinate, quindi, rappresenta

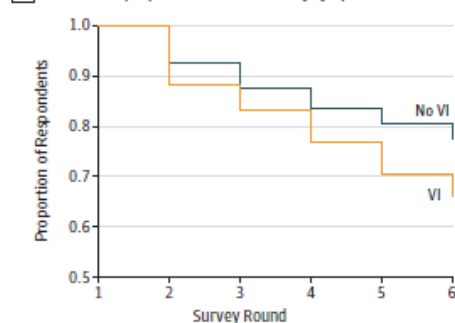
la percentuale di pazienti che dopo un determinato tempo non ha dichiarato sintomi di depressione o ansia, mentre la percentuale complementare indica quelli che ne hanno subito. La lunghezza delle linee orizzontali rappresenta la permanenza dei pazienti nello studio.

A Cumulative proportion without depression symptoms



No. at risk		1	2	3	4	5	6
No VI	5747	4868	3718	2895	2470	2124	
VI	569	481	335	228	175	135	
No. of depression events							
No VI	0	454	284	186	139	104	
VI	0	76	45	23	18	20	

B Cumulative proportion without anxiety symptoms



No. at risk		1	2	3	4	5	6
No VI	5910	5018	3886	3093	2681	2331	
VI	612	516	361	264	203	151	
No. of anxiety events							
No VI	0	371	215	139	97	86	
VI	0	60	21	20	17	9	

Figura 1. Pazienti che non hanno dichiarato depressione (A) o ansia (B), divisi tra quelli con e senza disabilità visive.

Lo studio prende inoltre in esame un altro fattore interessante: sembra che col passare degli anni ci sia stata una tendenza significativamente più alta nel riportare lo sviluppo di disabilità visive tra coloro che alla baseline avevano mostrato sintomi di depressione (HR 1.37; 95%CI, 1.08-1.75) o ansia (HR 1.55; 95%CI, 1.19-2.02), rispetto a chi non lo aveva fatto (vedi fig.2).

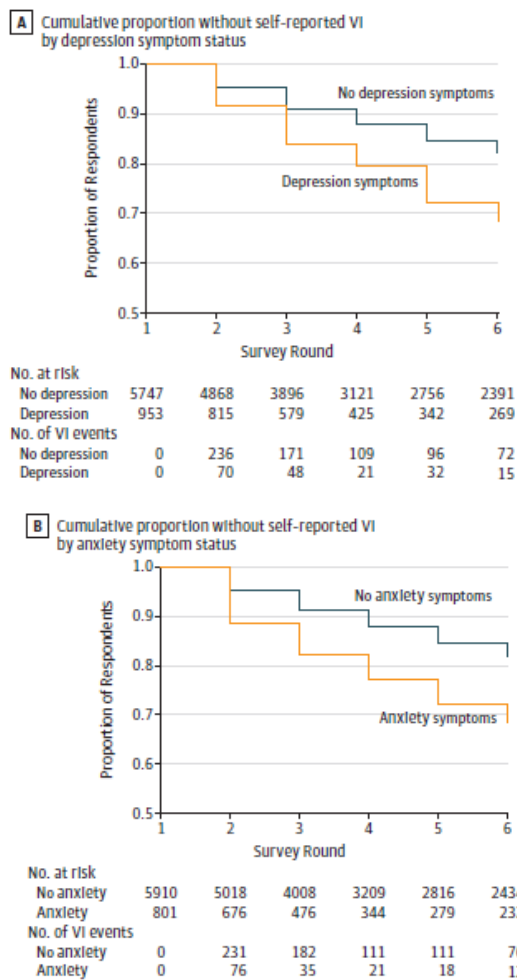


Figura 2. Pazienti che non hanno dichiarato disabilità visiva all'inizio dello studio, divisi per la presenza o assenza di sintomi di depressione (A) o ansia (B).

I risultati suggeriscono dunque che vi possa essere una correlazione bidirezionale longitudinale tra la disabilità visiva e le problematiche legate alla salute mentale, ovvero che non solo la presenza di gravi disabilità visive possa favorire lo sviluppo di depressione e ansia, ma anche che disturbi come la depressione o l'ansia possano favorire nel tempo un deterioramento delle capacità visive.

Quanto riportato da tale studio sembra confermato anche da "Visual impairment and risk of depression: A longitudinal follow-up study using a national sample cohort" (Choi, Lee and Lee, 2018). Condotta in Corea del Sud tra il 2002

e il 2013, questo secondo studio raggiunge conclusioni estremamente simili, facendo però una differenziazione particolare. Tra gli oltre un milione di pazienti presi in esame, 5846 sono stati trovati affetti da disabilità visive e senza alcuna precedente diagnosi di depressione (vedi fig.3).

Questi soggetti sono stati divisi in due sottogruppi per esaminare separatamente le persone affette da cecità e gli ipovedenti, e i loro dati sono stati confrontati con quelli di 23384 pazienti in un gruppo di controllo. I risultati portano anche in questo caso a sottolineare un'associazione significativa tra disabilità visiva e depressione, con un rischio decisamente più elevato nel sottogruppo dei pazienti affetti da cecità (adjusted HR = 1.31, p = 0.016) rispetto a quello dei pazienti ipovedenti (adjusted HR = 1.19, p = 0.002).

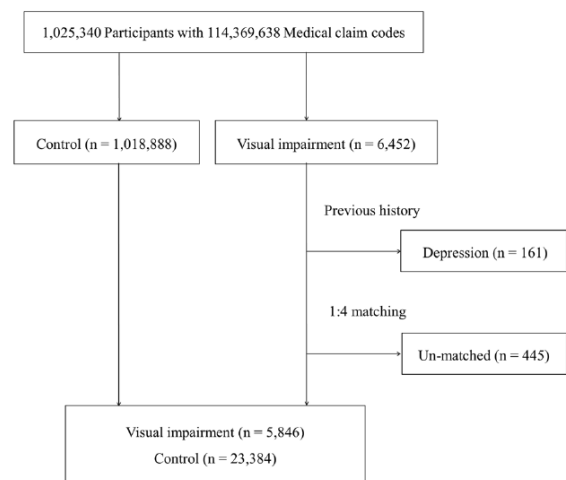


Figura 3. Flowchart della selezione dei pazienti per lo studio "Visual impairment and risk of depression: A longitudinal follow-up study using a national sample cohort".

La depressione però, viene normalmente vista come una problematica unidimensionale: o c'è, o non c'è. Ma si può parlare di dimensioni di depressione? Questo è quello che viene definito nello studio "The association of vision loss and dimensions of depression over 12 years in older adults: Findings from the Three City study" (Cosh et al., 2019), che esamina lo stesso tema cercando però di dividere la depressione secondo un concetto quadridimensionale piuttosto che lineare, esaminando differentemente quattro aspetti della depressione, in base ai sintomi riportati dai pazienti.

Lo studio utilizza infatti il CES-D, un questionario sviluppato da Radloff nel 1977, e ritenuto tra i più validi e completi da studi più recenti (Shafer, 2006), che divide la depressione in quattro aspetti: aspetti depressivi, aspetti positivi, sintomi somatici e problemi interpersonali. Il questionario prevede che il paziente descriva quanto spesso si è trovato a provare, durante l'ultima settimana, 20 diverse sensazioni che spaziano da un semplice “mi sono sentito depresso” e “mi sono sentito solo” a cose più articolate come “non riesco a farmi passare la tristezza nemmeno con l'aiuto di familiari o amici” e “sono stato disturbato da cose che di norma non mi disturbano”. Tra queste, però, vi sono i positive affect (aspetti positivi), alcune sensazioni positive come “mi sono sentito felice” e “mi sono sentito al pari delle altre persone”, che possono fare da contraltare, perché avere sensazioni negative è normale ma non necessariamente, se tali sensazioni sono bilanciate da quelle positive, è sintomo di depressione.

I risultati dello studio sembrano dimostrare che c'è una maggior propensione a sviluppare sintomi depressivi laddove i pazienti con problemi principalmente nella visione per vicino sembrano avere un incremento relativamente più contenuto di aspetti depressivi ($b = 0.04$, $p = 0.002$) ed un decremento di aspetti positivi ($b = -0.06$, $p < 0.001$), mentre in quelli con problemi per la distanza è stato notato un incremento longitudinale soltanto di aspetti depressivi ($b = 0.01$, $p = 0.001$), anche se le condizioni di salute mentale dei pazienti con problemi nella visione a distanza era significativamente peggiore già alla baseline su tre dei quattro aspetti esaminati (aspetti depressivi, aspetti positivi e sintomi somatici). L'aumento di sintomi somatici e di problemi interpersonali non sembra essere stato invece rilevante in nessuno dei casi.

Lo studio cita anche l'esistenza di una correlazione opposta, ma come propria limitazione: dice infatti che essendo la disabilità visiva autodichiarata, la sua presenza può essere influenzata dall'esistenza pregressa di sintomi depressivi. In tutti questi studi, in sostanza, si va a confermare l'esistenza di una correlazione tra la disabilità visiva e i sintomi depressivi. Una correlazione che avviene anche al contrario, per ragioni che sono forse da ricercarsi in un “disuso” delle proprie funzioni visive dato dalla minore pratica di attività di vario genere, dalla più rara tendenza a cercare soluzioni per i propri problemi (anche visivi), o dalla possibilità che si

sviluppano altri fattori di rischio legati ad esempio ad una peggiore dieta o ad altre modifiche dello stile di vita del soggetto depresso.

Interessante, ma tralasciato in questa review, è un altro aspetto a questo affine: la depressione si può sviluppare, secondo alcuni studi, non soltanto in persone con disabilità visive, ma anche in coloro che vivono a stretto contatto con tali persone o che se ne prendono cura. Un simile aspetto potrebbe essere interessante da sviluppare ed esaminare più approfonditamente con uno studio dedicato.

Bibliografia

- Bourne, R. R. A. et al. (2017) 'Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis', *The Lancet Global Health*. Elsevier Ltd, 5(9), pp. e888–e897. doi: 10.1016/S2214-109X(17)30293-0.
- Choi, H. G., Lee, M. J. and Lee, S.-M. (2018) 'Visual impairment and risk of depression: A longitudinal follow-up study using a national sample cohort OPEN', *SCIENTIFIC REPORTS* 1, 8, p. 2083. doi: 10.1038/s41598-018-20374-5.
- Cosh, S. et al. (2019) 'The association of vision loss and dimensions of depression over 12 years in older adults: Findings from the Three City study', *Journal of Affective Disorders*. Elsevier B.V., 243, pp. 477–484. doi: 10.1016/j.jad.2018.09.071.
- Court, H. et al. (2014) 'Visual impairment is associated with physical and mental comorbidities in older adults: a cross-sectional study'. doi: 10.1186/s12916-014-0181-7.
- Frank, C. R. et al. (2019) 'Longitudinal Associations of Self-reported Vision Impairment with Symptoms of Anxiety and Depression among Older Adults in the United States', *JAMA Ophthalmology*. American Medical Association, 137(7), pp. 793–800. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2019.1085.
- Langelan, M. et al. (2007) 'Impact of visual impairment on quality of life: A comparison with quality of life in the general population and with other chronic conditions', *Ophthalmic Epidemiology*. *Ophthalmic Epidemiol*, 14(3), pp. 119–126. doi: 10.1080/09286580601139212.
- Radloff, L. S. (1977) 'The CES-D Scale', *Applied Psychological Measurement*. Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, 1(3), pp. 385–401. doi: 10.1177/014662167700100306.
- Shafer, A. B. (2006) 'Meta-analysis of the Factor Structures of Four Depression Questionnaires: Beck, CES-D, Hamilton, and Zung', *OF CLINICAL PSYCHOLOGY*, 62(1), pp. 123–146. doi: 10.1002/jclp.20213.
- World Health Organization (2017) *Mental health of older adults*. Available at: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults> (Accessed: 13 December 2020).