



**Università degli studi di Padova**

Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei"

Corso di Laurea Triennale in Ottica e Optometria

Tesi di Laurea

*Uso dei dispositivi digitali e  
incidenze del DED  
(Dry Eye Disease)*

Relatore: Prof. Pietro Gheller  
Correlatore: Prof. Andrea Leonardi

Laureanda: Vivoda Sara  
Matricola: 1154025

Anno accademico: 2018-2019



# **INTRODUZIONE**

## **1. APPARATO LACRIMALE**

- 1.1 Cenni di istologia della ghiandola lacrimale principale e delle ghiandole lacrimali accessorie
- 1.2 Costituenti del film lacrimale

## **2. DEFINIZIONE DEL DED**

- 2.1 Occhio secco iperevaporativo (EDE)
  - 2.1.1 EDE legato ad alterazioni della componente lipidica
  - 2.1.2 EDE legato ad alterazioni palpebrali
  - 2.1.3 EDE legato ad alterazioni della superficie oculare
- 2.2 Occhio secco da insufficienza lacrimale (ADDE)
  - 2.2.1 Occhio secco da sindrome di Sjögren
  - 2.2.2 Occhio secco da sindrome non Sjögren
- 2.3 Ruolo dei questionari di screening
- 2.4 Valutazione del film lacrimale
- 2.5 DED nel passato e ai giorni nostri

## **3. IL VIDEOTERMINALISTA**

- 3.1 Sindrome da videoterminale (CVS)
- 3.2 DED associato al videoterminalista
  - 3.2.1 Fattori di rischio
- 3.3 Effetti visivi da schermi di visualizzazione

## **4. POSSIBILI RIMEDI E SOLUZIONI**

## **CONCLUSIONI**

## **BIBLIOGRAFIA**

# INTRODUZIONE

Negli ultimi anni le attrezzature informatiche hanno subito un forte sviluppo sia in ambito lavorativo che nella vita quotidiana, recando anche delle modifiche riguardo alle postazioni di lavoro al videoterminale, quest'ultimo ormai diventato uno strumento comunemente usato sul posto di lavoro, senza l'ausilio del quale molte attività non potrebbero neanche esistere. Oggi gli utenti utilizzano molto più spesso apparecchiature elettroniche come computer, smartphones e tablet, utilizzati in ogni dove.

Deve dedursi però, che frequentemente i lavoratori videoterminali sono sottoposti a malesseri quali mal di testa, secchezza oculare, lacrimazione, nervosismo, stress e quanto altro, dovuto maggiormente alla loro postazione di lavoro non adeguata, causando in tal senso, nel corso della giornata, una minor tolleranza da parte del lavoratore in quanto va a trovarsi in una posizione di disagio.

I lavoratori videoterminali non sempre hanno una postazione di lavoro adeguata, e possono nel corso della giornata, modificare l'ambiente in cui svolgono le proprie attività lavorative; grazie allo sviluppo dei vari dispositivi digitali disponibili il lavoro può essere svolto a casa oppure in viaggio, non è quindi più confinato nei soli uffici. Le postazioni di lavoro, le quali si aggiornano continuamente per alleviare le varie problematiche di salute lamentate dagli operatori, non hanno di certo ridotto le richieste visive e posturali, per questo è necessario allestirle correttamente ed aggiornarle in base allo sviluppo tecnologico.

Purtroppo, le leggi e le direttive ministeriali richiedono un lungo processo di approvazione, mentre la tecnologia immette sul mercato, molto più rapidamente, dispositivi all'avanguardia. Si pensi soltanto che le indicazioni ministeriali più recenti per il corretto uso dei videoterminali risalgono al 2000 (cfr. D.M. 2 ottobre 2000).

Il videoterminalista, secondo il d.lgs. 81/2008 in attuazione all'articolo 1 della legge 123/2007, è il lavoratore che fa uso di videoterminali, ovvero di attrezzature munite di schermi alfanumerici e grafici, per o più di venti ore la settimana; non c'è alcun dubbio quindi che, al giorno d'oggi, i lavoratori videoterminalisti risentano più di tutti gli altri operatori di videoterminale (VDT) delle problematiche lavoro/correlate, per la precisione dei disturbi visivi, oculari e muscoloscheletrici. Questi sintomi sono i problemi di salute che si verificano più frequentemente nei lavoratori che trascorrono gran parte della loro giornata lavorativa davanti ad uno schermo.

Per quanto riguarda i problemi oculari, è stato riscontrato, nel corso di numerosi studi, che il problema principale collegato ad una esposizione prolungata al VDT sia l'occhio

secco, il quale può essere secondario ad una riduzione della frequenza di ammiccamento (che sembra essere il fattore scatenante), ad un ammiccamento incompleto collegato al posizionamento errato dello schermo VDT rispetto alla linea primaria di sguardo, e alla presenza di lenti a contatto le quali favoriscono la riduzione dell'ammiccamento maggiormente rispetto ai non portatori.

Questo elaborato introduce le nozioni base dell'apparato lacrimale per arrivare alla definizione generale di DED (Dry Eye Disease), elaborata dal Comitato del National Eye Institute (NEI), al Industry Dry Eye Workshop (DEWS), e alla sua successiva classificazione. Data la grande varietà di segni e sintomi caratterizzanti la patologia in questione, non c'è un vero e proprio protocollo da seguire per effettuare una precisa diagnosi, vengono sommati i risultati di vari test; verranno spiegati quindi, i test lacrimali principali utilizzati nella pratica clinica assieme ai questionari di screening, utilizzabili anch'essi nella diagnosi di occhio secco. Questi test e questionari possono essere somministrati anche agli operatori di videoterminale, i quali presentano DED sottoforma di alterazione, non di vera e propria patologia cronica. I disagi lamentati quindi, possono essere diminuiti principalmente, grazie ad una corretta ergonomia delle postazioni lavorative.

Saranno trattati in questo elaborato inoltre, le caratteristiche principali del videoterminale e della Computer Vision Syndrome, sindrome che raggruppa un insieme di problemi oculari, visivi e posturali, e che risulta essere uno dei principali rischi professionali del XXI secolo; particolare attenzione sarà dedicata alla principale alterazione caratterizzante la sindrome, e cioè l'occhio secco secondario all'esposizione ad uno schermo videoterminale. Verranno citati i principali studi sull'argomento ed i vari fattori di rischio, si procederà inoltre a discutere delle varie problematiche visive collegate alle caratteristiche specifiche degli schermi, che influenzano il comfort e l'affaticamento visivo, per terminare con una descrizione dei vari rimedi e trattamenti da impiegare nel caso in cui, l'utente di VDT, lamenti secchezza oculare.

## 1. APPARATO LACRIMALE

L'apparato lacrimale è costituito dalla ghiandola lacrimale principale e dalle ghiandole lacrimali accessorie che sono responsabili della produzione del liquido lacrimale, dal film lacrimale, che ricopre la superficie esterna del bulbo oculare ed infine dalle vie lacrimali, che fanno defluire le lacrime nel sacco lacrimale e successivamente nella cavità nasale.

La secrezione lacrimale può essere suddivisa in basale e riflessa; quella basale è sempre presente e bagna costantemente la superficie esterna. È affidata a tre gruppi di ghiandole:

- a. Ghiandole responsabili della secrezione mucosa:
  - cellule caliciformi della congiuntiva
  - ghiandole di Henle
  - ghiandole di Manz
  
- b. Ghiandole responsabili della secrezione acquosa:
  - ghiandola lacrimale principale
  - ghiandole di Krause
  - ghiandole di Wolfring-Ciaccio
  
- c. Ghiandole responsabili della secrezione lipidica:
  - ghiandole di Meibomio
  - ghiandole di Zeiss
  - ghiandole di Moll

Questo tipo di secrezione è di fondamentale importanza per il mantenimento dell'omeostasi corneale <sup>1</sup>, ed è sotto il controllo del sistema nervoso simpatico.

La secrezione riflessa invece è opera della ghiandola lacrimale principale e viene stimolata da stimoli emotivi, meccanici, infettivi e/o irritativi del segmento anteriore o da eccessivi stimoli luminosi <sup>2</sup>.

## 1.1 Cenni di istologia della ghiandola lacrimale principale e delle ghiandole lacrimali accessorie

La ghiandola lacrimale principale si trova a livello dell'angolo supero-temporale dell'orbita ed è costituita da due porzioni: orbitale e palpebrale. Grossolanamente, è una struttura grigio-rosata siero-acinosa costituita da lobi divisi in lobuli e successivamente in acini, la cui dimensione può variare, ma in generale ha una media di circa 20 mm di lunghezza e 12 mm di larghezza, con uno spessore di circa 5 mm<sup>3</sup> (Fig. 1).

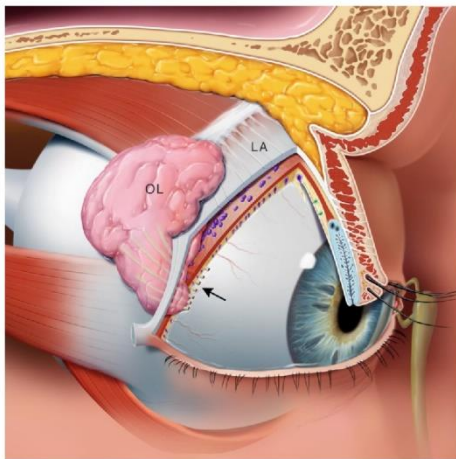


Figura 1: Rappresentazione della ghiandola lacrimale principale estratta da Christopher D. Conrady, Zachary P. Joos, Bhupendra C. K. Patel; Review: *The Lacrimal Gland and Its Role in Dry Eye*; in: *Journal of Ophthalmology*; 2006

La porzione orbitaria è quella più voluminosa ed è situata nella fossetta lacrimale dell'osso frontale. In basso è delimitata dal muscolo elevatore palpebrale che divide questa porzione da quella palpebrale sottostante e da cui poi partono i canali escretori principali ed accessori che terminano a livello del sacco congiuntivale nel fornice superiore.

Per quanto riguarda le ghiandole lacrimali accessorie, esse sono localizzate a livello congiuntivale e palpebrale e contribuiscono a formare i tre strati del film lacrimale. Sono circa 60 e istologicamente simili alla ghiandola lacrimale principale<sup>4</sup>.

Queste ghiandole accessorie vengono così suddivise:

- Le ghiandole di Henle sono cripte mucose congiuntivali contenenti un gran numero di cellule caliciformi, localizzate a livello della congiuntiva palpebrale.
- Le ghiandole di Manz sono localizzate a livello del limbus, fanno sempre parte della congiuntiva e contribuiscono a formare la parte mucosa.
- Le ghiandole di Krause sono localizzate in corrispondenza dei fornici superiore ed inferiore e vanno a formare la parte acquosa del film.
- Le ghiandole di Wolfring-Ciaccio sono sempre ghiandole a produzione sierosa e si trovano a livello della congiuntiva tarsale tra le ghiandole di Meibomio.

La parte lipidica del film invece, viene secreta dalle ghiandole di Meibomio, ghiandole superficiali di tipo sebaceo localizzate a livello del tarso sia superiore che inferiore, dalle ghiandole di Zeiss, anch'esse sebacee però localizzate a livello del follicolo pilifero delle ciglia ed infine dalle ghiandole di Moll, ghiandole di tipo sudoriparo.

## 1.2 Costituenti del film lacrimale

All'inizio si pensava che la funzione principale del film lacrimale fosse quella di mantenere un'adeguata omeostasi corneale, successivamente però, si arrivò alla conclusione che il compito principale del film fosse quello di prima superficie riflettente. Ricoprendo l'epitelio corneale, irregolare, il film lacrimale (con indice di rifrazione di 1.336), ne regolarizza la superficie per ottenere un'immagine chiara a livello retinico. Oltre alla funzione principale sopracitata, il film adempie a numerose altre funzioni secondarie: ottiche, metaboliche, difensive, antimicrobiche, riparative, di lubrificazione e di pulizia.

Il volume lacrimale è di 6.8-10.2  $\mu$ l e diminuisce con l'avanzare dell'età, mentre il pH è compreso tra 7.14 e 7.82 (Yamada e Coll, 1997).

F.J Holly e M.A Lemp definiscono il film lacrimale una struttura trilaminare composta da: strato mucoso, strato acquoso e strato lipidico (Fig. 2).

### *Lo strato mucoso*

È quello più profondo, con circa 1 micron di spessore, e ricopre le cellule epiteliali corneocongiuntivali. La superficie corneale è irregolare per la presenza di microvilli e micropliche e quindi risulta idrofoba; la mucina prodotta la rende liscia e bagnabile. I microvilli e micropliche sono ricoperti da un rivestimento filamentoso chiamato glicocalice, che viene prodotto da glicoproteine, il quale fornisce sostegno al

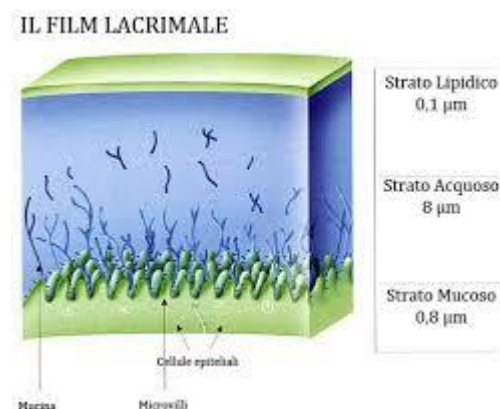


Figura 2: Costituenti del film lacrimale estratti da <http://alloptics.altervista.org>



muco lacrimale che si lega ad esso. Queste due strutture, aderenti all'epitelio, si legano tra di loro per la somiglianza chimica delle loro componenti, permettendo al film lacrimale di depositarsi. Il muco, oltre ad avere le funzioni sopracitate, protegge la superficie oculare dallo sfregamento palpebrale e impedisce l'adesione batterica.

Partecipano alla produzione dello strato mucoso le cellule caliciformi della congiuntiva insieme alle ghiandole di Henle.

#### *Lo strato acquoso*

Lo strato acquoso è lo strato intermedio del film lacrimale ed anche quello più spesso. Viene prodotto per il 95% dalla ghiandola lacrimale principale e per il restante 5% dalle ghiandole lacrimali accessorie di Krause e Wolfring-Ciaccio. Contiene numerosi componenti organici ed inorganici. Come è facile dedurre la componente più voluminosa di questo strato è l'acqua, mentre per quanto riguarda i principali componenti inorganici, essi sono composti principalmente da elettroliti, ed in particolare  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Dalla concentrazione ionica dipende il mantenimento di una corretta osmolarità, indispensabile per un'omeostasi delle cellule superficiali, che nell'occhio normale ha valore di circa 300 mOsm/L.

Per quanto riguarda le sostanze organiche tra quelle più importanti vengono ricordati gli acidi organici, il fosforo, il glucosio e le proteine (tra cui albumina, siero albumina, immunoglobuline e lisozima). Il lisozima costituisce la parte più cospicua delle proteine lacrimali e possiede azione antibatterica.

Lo strato acquoso regola la pressione osmotica, contribuisce all'eliminazione dei detriti cellulari, idrata le cellule corneocongiuntivali e contiene ossigeno disciolto, indispensabile per la respirazione corneale e il mantenimento del suo trofismo, assieme all'anidride carbonica, prodotto di scarto che viene successivamente rimosso.

#### *Lo strato lipidico*

È lo strato più esterno del film lacrimale e possiede spessore di 0.1 micron. La secrezione lipidica comprende una miscela di esteri di cera e di colesterolo, acidi grassi, fosfolipidi, oli neutri ed altri lipidi <sup>5</sup>. È prodotto principalmente dalle ghiandole superficiali di Meibomio, e per la restante parte da quelle profonde di Zeiss e di Moll.

Le funzioni principali di questo strato sono di ritardare l'evaporazione della parte acquosa, mantenere la superficie oculare idratata durante il sonno a palpebre chiuse, mantenere la tensione superficiale del film bassa ed infine formare una barriera idrofoba a livello della rima palpebrale per evitare la fuoriuscita del film lacrimale.

## 2. DEFINIZIONE DEL DED

Il DED (Dry Eye Disease), è una condizione sempre più comune nel XXI secolo. Numerose sono state le definizioni che si sono susseguite nel corso degli ultimi anni, il che fa subito dedurre la complessità della patologia. Il Comitato del National Eye Institute (NEI), al Industry Dry Eye Workshop del 1995, propose la prima definizione, che riportava quanto segue: «L'occhio secco è un disturbo del film lacrimale dovuto alla riduzione delle lacrime o ad eccessiva evaporazione che danneggia la superficie oculare interpalebrale ed è associato a sintomi di discomfort oculare» (DEWS I). Il Comitato classificò quindi il DED come una “disfunzione”. Alla luce però dei numerosi studi riguardo all'influenza dell'osmolarità e dell'infiammazione oculare legate all'occhio secco, il Comitato cercò di formulare una nuova definizione, la quale però, non ci fornisce informazioni adeguate riguardo la complessità e l'epidemiologia del DED: «L'occhio secco è una malattia multifattoriale della superficie oculare caratterizzata da una perdita di omeostasi del film lacrimale e accompagnata da sintomi oculari, in cui l'instabilità e l'iperosmolarità del film lacrimale, l'infiammazione e le lesioni della superficie oculare e le anomalie neurosensoriali svolgono ruoli eziologici» (DEWS II).

Il termine “malattia multifattoriale” riconosce che il DED è un disturbo funzionale significativo e complesso, che non può essere caratterizzato da un singolo processo, segno o sintomo.

L'occhio secco si identifica come disturbo dell'Unità Funzionale Lacrimale (Lacrimal Functional Unit - LFU), un sistema integrato comprendente ghiandole lacrimali, superficie oculare, palpebre e nervi sensoriali e motori <sup>6</sup>. Alterazioni, patologie o danni di qualsiasi componente dell'LFU possono destabilizzare il film lacrimale e portare ai disturbi dell'occhio secco, l'infiammazione della superficie oculare invece, è una conseguenza secondaria.

Il meccanismo centrale del DED, come dimostrato da studi recenti, è sempre più rappresentato dall'iperosmolarità indotta da evaporazione, che innesca successivamente una cascata infiammatoria nelle cellule della superficie epiteliale, coinvolgendo le chinasi MAP e NfκB e la produzione di citochine infiammatorie (IL-1α; -1β; TNF-α) e di MMP (MMP9) <sup>7</sup>. Esistono prove che questi eventi infiammatori portino alla morte per apoptosi delle cellule epiteliali superficiali, incluse le cellule caliciformi. Il risultato netto è il caratteristico staining puntato del DED e un'instabilità del film lacrimale che prima o poi ne determina la rottura precoce.

Nei primi stadi della disfunzione, si pensa che il danno della superficie oculare per stress osmotici e infiammatori porti a una secrezione riflessa di lacrime in risposta all'irritazione oculare. Questo meccanismo risulta essere una sorta di compensazione iniziale del danno fisiologico, ma, con il tempo, l'infiammazione che accompagna la disfunzione secretoria cronica e la diminuzione della sensibilità corneale, alla fine compromettono il riflesso lacrimale.

La maggior parte degli studi <sup>8,9</sup>, suggeriscono che la sensibilità corneale diminuisca conseguentemente agli effetti a lungo termine delle citochine infiammatorie a livello delle terminazioni nervose, il che indica che a un periodo iniziale di aumentata attività sensoriale riflessa segua un periodo cronico di ridotta stimolazione <sup>10</sup>.

Il DED può essere diviso in due forme in base all'eziologia: DED da insufficienza lacrimale e DED iperevaporativo.

Nel DED da insufficienza lacrimale, l'iperosmolarità si manifesta quando la secrezione lacrimale è ridotta in condizioni di normale evaporazione del film. Nel DED iperevaporativo invece, l'iperosmolarità lacrimale è causata dall'eccessiva evaporazione del film lacrimale in presenza di una ghiandola lacrimale inizialmente funzionalmente normale.

Nel caso di alterazione della ghiandola lacrimale la reazione secretoria riflessa compensatrice dell'iperosmolarità sarà insufficiente e, in un equilibrio dinamico, questa forma di occhio secco sarà caratterizzata da uno stato di iperosmolarità con un basso volume lacrimale e un basso flusso. Nell'occhio secco da aumentata evaporazione lacrimale invece, si può ipotizzare che, visto che in questa situazione la ghiandola lacrimale è inizialmente sana, la compensazione secretoria lacrimale è da principio capace di compensare l'iperosmolarità del film.

Il DED può presentare sia segni che sintomi, ed essere distinto da altre malattie della superficie oculare tramite l'impiego di questionari di screening e/o di test lacrimali specifici.

I principali sintomi lamentati dai pazienti affetti da questa patologia sono secchezza, sensazione di corpo estraneo, lacrimazione, irritazione, prurito e bruciore. I pazienti sintomatici senza segni clinici dimostrabili non rientrano nel gruppo con DED, ma vengono distinti in pazienti con malattia della superficie non oculare, al contrario, i pazienti asintomatici che presentano segni, vengono distinti in pazienti con sensibilità corneale scarsa oppure in pazienti che potrebbero essere a rischio di sviluppare DED manifesto nel tempo o se stimolati, ad esempio a seguito di chirurgia refrattiva, cheratoplastica o inserimento di lenti a contatto. Infine, per i pazienti che non mostrano segni né sintomi, esiste l'opzione, di essere classificati come "normali".

L'epidemiologia del DED continua ad essere di difficile classificazione a causa della mancanza di una definizione standardizzata e di protocolli diagnostici da seguire. Non esiste tutt'oggi quindi, nessuna correlazione tra sintomi e segni clinici di tale patologia (D. Schaumberg, 2006).

Numerosi studi condotti, tra i quali i più importanti, dal Women's Health Study (WHS) e dal Physicians' Health Study (PHS), fecero emergere i seguenti risultati: circa 3.23 milioni di donne e 1.68 milioni di uomini, per un totale di 4.91 milioni di americani con più di 50 anni, soffrono della patologia dell'occhio secco <sup>11,12</sup>. Come si può dedurre quindi la malattia sintomatica ed i segni del DED aumentano con l'età; vengono poi riportati tassi più elevati di DED nelle donne rispetto gli uomini (fattore scatenante la menopausa), sebbene le differenze divengano generalmente significative solo con l'avanzare dell'età.

## **2.1 Occhio secco iperevaporativo (EDE)**

Come accennato in precedenza, questa forma di occhio secco è caratterizzata dalla presenza di un alto tasso di evaporazione. Questa evaporazione può essere secondaria ad alterazione della componente lipidica, ad alterazioni palpebrali (come ammiccamento ridotto o apertura palpebrale alterata), oppure secondaria a disturbi della superficie oculare. Sono proprio questi fattori legati all'evaporazione del film lacrimale che portano al segno centrale del DED, e cioè all'iperosmolarità. La presenza di alcuni fattori ambientali come bassa umidità, temperatura elevata, vento forte e ambienti con aria condizionata possono essere fattori favorevoli al manifestarsi di questo tipo di occhio secco.

### **2.1.1 EDE legato ad alterazioni della componente lipidica**

La disfunzione delle ghiandole di Meibomio (MGD, Meibomian Gland Dysfunction), è una condizione di ostruzione, ed è la più comune causa di occhio secco da aumentata evaporazione lacrimale <sup>13</sup>. È causata da un'alterazione cronica di queste ghiandole sebacee. Esse producono sostanze lipidiche oleose che vengono rilasciate a livello dei margini palpebrali e raggiungono il film lacrimale grazie all'ammiccamento. La MGD

quindi, determina un'alterazione della componente lipidica del film, e questo può portare alla comparsa di un occhio secco evaporativo con successiva alterazione del film lacrimale. La MGD può avere due forme distinte, che determinano una minore erogazione della secrezione lipidica dalle ghiandole di Meibomio: la MGD cicatriziale (primaria o secondaria) e la MGD non cicatriziale (primaria o secondaria). La diagnosi di questa patologia si basa sulla morfologia delle ghiandole di Meibomio (meibomiografia) e sulla presenza di ostruzione dei dotti escretori (Fig. 3).

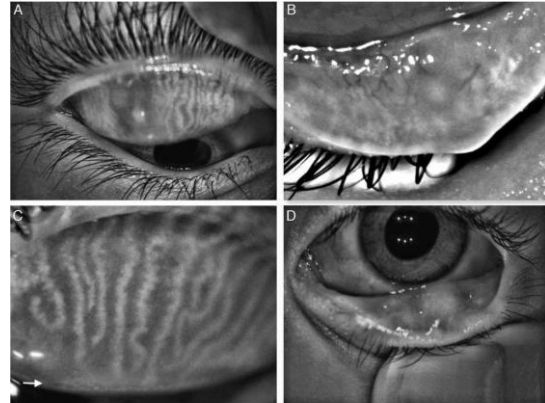


Figura 3: Esecuzione di una meibomiografia estratta da Manuel Garza-Leon, Nallely Ramos-Betancourt, Francisco Beltrán-Díaz de la Vega, Everardo Hernández-Quintela; Meibografía. Nueva tecnología para la evaluación de las glándulas de Meibomio; in: Revista Mexicana de Oftalmología; 2016

### 2.1.2 EDE legato ad alterazioni palpebrali

Un'altra causa di aumentata evaporazione del film lacrimale è da ricercarsi nell'aumento dell'ampiezza della rima palpebrale, successiva a malformazioni o alterazioni che ne determinano un'incompleta chiusura. Una maggiore esposizione della superficie oculare porterà successivamente a secchezza ed iperosmolarità. Lo stesso può verificarsi anche in particolari posizioni di sguardo, come lo sguardo rivolto verso l'alto<sup>14</sup> e in attività che inducono allo sguardo verso l'alto.

L'aumentata evaporazione del film e la successiva secchezza oculare possono presentarsi anche nei casi di riduzione dell'ammiccamento, il quale altera la ridistribuzione delle componenti del film lasciando la superficie anteriore non lubrificata. Questa riduzione può presentarsi in situazioni di elevata concentrazione (come per esempio il lavoro al videoterminale) oppure può essere secondaria a disordini sistemici.

### 2.1.3 EDE legato ad alterazioni della superficie oculare

Questa categoria comprende una serie di alterazioni in cui il ruolo decisivo non appartiene tanto al film lacrimale, quanto ai tessuti oculari ad esso esposti. La principale causa associata a questa categoria comprende l'ipovitaminosi A. La vitamina A è essenziale per la formazione della rodopsina, il pigmento presente nei bastoncelli della retina, e inoltre aiuta il trofismo delle cellule epiteliali. L'ipovitaminosi A si presenterà a

livello oculare con la xerofthalmia, che si manifesterà accompagnata da secchezza, alterata bagnabilità ed ispessimento di cornea e congiuntiva. Col progredire dell'alterazione appariranno chiazze schiumose superficiali associate a detriti epiteliali (molto probabilmente comprendenti cellule caliciformi e glicocalice epiteliale degenerato) a livello congiuntivale, (macchie di Bitot), per arrivare allo stadio finale di totale perdita di trasparenza corneale (Larry E. Johnson).

## **2.2 Occhio secco da insufficienza lacrimale (ADDE)**

Questa tipologia di occhio secco è dovuta all'insufficienza della secrezione lacrimale secondaria a distruzione o disfunzione della ghiandola lacrimale principale che causerà secchezza oculare <sup>15</sup>. Questo porta all'iperosmolarità lacrimale, perché, nonostante la componente acquosa evapori dalla superficie oculare in normale quantità, è presente un volume ridotto di lacrime.

### **2.2.1 Occhio secco da sindrome di Sjögren**

La sindrome di Sjögren è una patologia cronica autoimmune, caratterizzata dall'infiltrazione di cellule immunitarie in tutte le ghiandole esocrine, compresa la ghiandola lacrimale principale. Il quadro clinico è caratterizzato da secchezza della bocca, degli occhi e di altre mucose con conseguente disfunzione secondaria. Ha una frequenza pari al 1% e colpisce prevalentemente le donne dopo i 40 anni. Molteplici sono i fattori predisponenti: squilibri ormonali (specie in menopausa), predisposizione genetica, infezioni virali o ambienti inquinati. La secchezza oculare in questa tipologia di DED è caratterizzata da iposecrezione lacrimale, infiammazione della ghiandola e presenza di mediatori infiammatori a livello di cornea e congiuntiva. I sintomi includono: visione offuscata, sensazione di sabbia negli occhi e discomfort. I segni più comuni invece sono l'instabilità del film lacrimale, lo staining corneale e congiuntivale e la perdita delle cellule caliciformi <sup>16</sup>.

## 2.2.2 Occhio secco da sindrome non Sjögren

Questa tipologia di DED da insufficienza lacrimale è dovuta a disfunzione lacrimale nella quale però i processi autoimmuni della sindrome di Sjögren sono esclusi. Di seguito vediamo i principali fattori di rischio.

Insufficienze primarie della ghiandola lacrimale:

- *L'occhio secco legato all'età* è la forma più frequente. Le alterazioni che si riscontrano includono fibrosi degli acini della ghiandola lacrimale con conseguente atrofia. Alcuni studi evidenziarono che nel 70% dei casi questa fibrosi era data da infiltrazione linfocitaria (Damato et al.).
- *L'alacrimia Congenita* è una rara causa di occhio secco in giovane età<sup>17</sup>. È anche parte di alcune sindromi, tra cui ricordiamo la sindrome All-grove.
- Nella *disautonomia familiare* (conosciuta come sindrome di Riley Day), la disfunzione lacrimale è una delle principali caratteristiche di questo disordine, il quale è caratterizzato da un grave deficit di attività del sistema nervoso autonomo che evolve verso una disfunzione multisistemica (Dr. Gabrielle, 2007).

Insufficienze secondarie della ghiandola lacrimale:

- L'iposecrezione lacrimale può avvenire in seguito a *fenomeni infiltrativi infiammatori* come il linfoma, l'AIDS, il Graft Vs Host Disease, le infezioni virali da epatite C, l'HIV e più frequentemente la sarcoidosi.
- L'occhio secco può essere causato da un'*ablazione totale o parziale della ghiandola*. Dato che le due porzioni ghiandolari (orbitale e palpebrale) sono in comunicazione tramite i canali escretori, un'ablazione anche solo della parte palpebrale può portare al DED. Non è detto però che questo avvenga sempre, a volte le ghiandole lacrimali accessorie riescono a compensare il danno<sup>18</sup>.

*Ostruzione dei dotti della ghiandola lacrimale*

L'ostruzione dei dotti può avvenire a livello della ghiandola lacrimale principale e delle ghiandole accessorie, in seguito a fenomeni cicatriziali della congiuntiva. Le condizioni che portano alla cicatrizzazione della congiuntiva sono, in primis, il tracoma, caratterizzato dalla presenza di cicatrizzazione tarsale e congiuntivale, trichiasi e ostruzione delle ghiandole di Meibomio. L'occhio secco deriva da una ostruzione dei

dotti lacrimali e impossibilità di chiusura delle palpebre. Altre condizioni che portano alla cicatrizzazione congiuntivale sono il penfigoide cicatriziale e l'eritema multiforme<sup>19</sup>, infine l'esposizione a sostanze chimiche tossiche da anche luogo a processi cicatriziali.

*Anomalie dell'unità funzionale lacrimale, comprendente rami afferenti ed efferenti dell'arco riflesso secretorio*

Una riduzione dell'impulso trigeminale dalla superficie oculare (sistema afferente), favorisce l'insorgenza dell'occhio secco, non solo per la riduzione o inibizione completa della secrezione lacrimale, ma anche per la riduzione dell'ammiccamento. Si ipotizza inoltre, una perdita di supporto trofico alla superficie oculare, più precisamente della proliferazione epiteliale<sup>20</sup>, per la diminuzione dell'espressione dell'NGF (Nerve Growth Factor). Questi processi possono essere secondari all'uso di lenti a contatto, a denervazione successiva a chirurgia PRK o LASIK, a cheratiti neurotrofiche (in particolare quelle indotte da Herpes Zoster) a possibile compressione del nervo trigemino, o a diabete.

Un blocco del sistema secreto-motorio efferente invece può essere secondario all'uso di alcuni farmaci sistemici come antistaminici, betabloccanti, antispastici e diuretici.

### **2.3 Ruolo dei questionari di screening**

Lo scopo dello screening è quello di identificare le malattie presenti in una comunità in una fase precoce, permettendo così di giungere ad interventi terapeutici tempestivi in modo da ridurre la mortalità e/o i disturbi legati alla malattia. Anche se lo screening può portare a diagnosi precoci, e così facendo facilitare il trattamento di una patologia se rilevata, non tutte le procedure e i relativi test si sono rivelati benefici per la persona che viene investigata; per questo motivo, un test impiegato in un programma di screening, specialmente per malattie dove l'incidenza è bassa, deve avere una buona specificità (cioè capacità di identificare correttamente gli individui sani) in aggiunta ad una buona sensibilità (cioè capacità di identificare correttamente gli individui ammalati).



L'inclusione dei sintomi nella definizione dell'occhio secco comporta una scomoda implicazione nel contesto dello screening. Per identificare le persone a rischio di sviluppare la malattia o la cui malattia non è stata ancora riconosciuta, lo screening è generalmente effettuato su individui asintomatici che non si sono presentati per una diagnosi. Questo gruppo "a rischio" può essere rappresentato da soggetti il cui background fisiopatologico favorisca lo sviluppo di occhio secco; i cambiamenti ambientali inoltre favoriscono i sintomi in un gruppo a rischio più facilmente rispetto a soggetti considerati non a rischio.

Per essere di valore un test di screening dovrebbe essere semplice, efficace, applicabile ad una popolazione definibile, con una elevata specificità e sensibilità, e con un buon rapporto costo/beneficio.

In un efficace programma di screening, dove sono richiesti una serie di test per giungere a una diagnosi definitiva e iniziare un trattamento efficace, è possibile valutare la performance della combinazione di test, questo può includere una serie di test di screening seguiti da uno o più test diagnostici.

Poichè i sintomi lamentati dai pazienti affetti da DED assumono un ruolo fondamentale nella diagnosi precoce della patologia e nella vita quotidiana, negli anni si sono consolidati dei questionari sui sintomi, fondamentali sia nello screening e nella diagnosi che negli studi epidemiologici associati al DED.

Ognuno di questi contiene diverse tipologie di domande, ed assegna ad ognuna di queste un punteggio caratteristico, successivamente la somma dei punteggi delle diverse domande viene confrontata con dei cut-off che definiscono la diagnosi.

Tra i questionari più utilizzati vi sono il McMonnies, l'Ocular Surface Disease Index (OSDI), il Dry Eye Questionnaire (DEQ), il Contact Lens DEQ (CLDEQ), il Canadian Dry Eye Epidemiology Study (CANDEES) e l'Impact of Dry Eye on Everiday Life (IDEEL).

Le differenze principali tra i vari tipi di questionari vengono rilevate a livello del numero di domande proposte e dell'uso dei questionari nella pratica clinica. Se andiamo ad analizzare soltanto i 6 questionari sopracitati vediamo che quello con il maggior numero di domande è il Dry Eye on Everiday Life (IDEEL), con un totale di 57 domande divise in tre moduli comprendenti attività quotidiane del paziente in analisi, soddisfazione della terapia e fastidi procurati dai sintomi. Al secondo posto per numero di domande troviamo il Dry Eye Questionnaire (DEQ), con le sue 21 domande inerenti la prevalenza, la frequenza, la gravità quotidiana dei sintomi e la loro intrusione in una giornata tipica,

questi sintomi comprendono: discomfort, secchezza, visione offuscata, irritazione, sensazione di sabbia negli occhi, bruciore, sensazione di corpo estraneo, fotofobia e prurito. Vengono presentate anche domande inerenti a terapie farmacologiche in uso, secchezza delle mucose e stato generale di salute del paziente, per arrivare alla possibile diagnosi di occhio secco.

Il Contact Lens DEQ (CLDEQ) è molto simile per quanto riguarda il tipo di domande al DEQ normale, tranne per il fatto che viene somministrato a pazienti portatori di lenti a contatto e comprende solamente 13 domande.

Anche il Canadian Dry Eye Epidemiology Study (CANDEES) è composto da 13 domande, comprendenti età, sesso, uso di lenti a contatto ed effetti sui sintomi ed infine diagnosi di occhio secco. Le altre domande includono terapie farmacologiche in uso, momento della giornata in cui si presentano i sintomi, allergie, secchezza delle mucose, prurito/rossore/gonfiore palpebrale.

Il questionario di McMonnies comprende 15 domande e considera i fattori di sesso, età e uso di lenti a contatto. Anch'esso comprende domande relative a terapie farmacologiche, secchezza delle mucose, stato della tiroide e artrite reumatoide.

Per quanto riguarda invece l'Ocular Surface Disease Index (OSDI) esso comprende 12 voci inerenti la funzione visiva, i sintomi oculari ed i fattori ambientali, tutti in riferimento alla settimana precedente.

Analizziamo ora il campo d'uso di questi questionari.

Il questionario di screening per eccellenza è il McMonnies, per la presenza di domande chiave nella diagnosi dell'occhio secco. Può essere utilizzato anche per la rilevazione di fattori scatenanti quali l'ambiente, il nuoto e l'alcool. Un'altro questionario di screening è il CLDEQ, dalle cui domande si può estrapolare una diagnosi di occhio secco sulla base dei sintomi lamentati dai portatori di lenti a contatto.

Per quanto riguarda invece i questionari sugli studi epidemiologici, citiamo l'IDEEL e il DEQ, entrambi utili sia negli studi epidemiologici sia in quelli clinici.

Il CANDEES, a differenza dei due sopra citati, studia l'epidemiologia dei sintomi dell'occhio secco esclusivamente in Canada, a differenza del OSDI che misura la gravità dell'occhio secco e funge da end-point negli studi clinici.

Questi questionari studiano, in base alla loro lunghezza e struttura, i diversi aspetti della malattia dell'occhio secco in stadi differenti. La selezione di un questionario specifico dipenderà da fattori pratici e anche dall'uso che si intende fare dei dati raccolti; se saranno utilizzati esclusivamente per la diagnosi, per uno studio epidemiologico e/o clinico o per fornire un'indicazione al trattamento <sup>21</sup>.

La grande varietà dei segni e dei sintomi caratterizzanti il DED non consentono, almeno attualmente, di avere un unico test che sia in grado di diagnosticare questa patologia, si rende così necessario eseguire un gruppo di test per poi confrontarne i risultati. La diagnosi può essere fatta basandosi sui sintomi, sui segni o su una combinazione dei due. Per l'indagine sintomatologica, e quindi di screening, si fa riferimento ai questionari appena descritti, se invece si prendono in considerazione i segni caratteristici entrano in gioco delle misure cliniche oggettive.

I questionari dovrebbero essere utilizzati in combinazione con queste misurazioni cliniche per aumentare la sensibilità e la specificità e portare ad una diagnosi più accurata.

## **2.4 Valutazione del film lacrimale**

Come accennato nel precedente capitolo, per una corretta diagnosi del DED, oltre ai questionari sui sintomi sono necessarie ulteriori sperimentazioni cliniche. Quest'ultime comprendono una serie di valutazioni lacrimali, sia di tipo quantitativo che di tipo qualitativo. Per una diagnosi accurata oltre ad un solo tipo di test, risulta necessario sceglierne un paio e combinarne i risultati.

Per questo motivo si hanno a disposizione una serie di test i quali vengono classificati in due gruppi, in base alle loro finalità:

- test quantitativi, che valutano la quantità di secrezione basale e/o riflessa
- test qualitativi, che valutano la funzionalità e la stabilità del film lacrimale.

Di seguito i principali test utilizzati nella pratica di diagnosi.

## **Test quantitativi**

### *Test di Schirmer*

Questo test viene oggi utilizzato per la valutazione della secrezione lacrimale basale e riflessa, e viene eseguito introducendo una strisciolina di carta bibula nel fornice congiuntivale inferiore a livello del canto esterno. La striscia viene lasciata per 5 minuti. Schirmer preferiva effettuare le misurazioni ad occhio aperto e il più possibile immobile per evitare che la carta posta a contatto con la cornea potesse intensificare la secrezione riflessa, alcuni autori invece, preferiscono eseguire il test ad occhi chiusi, e questa modalità viene sempre più preferita nella pratica clinica. Dopo il tempo previsto si misura la lunghezza della porzione di strisciolina di carta che risulta bagnata escludendo la porzione ripiegata.

I soggetti con una produzione lacrimale normale otterranno valori compresi tra 10 e 30 mm, mentre valori uguali o inferiori a 5 mm sono considerati patologici e indici di iposecrezione lacrimale. Nella pratica quotidiana è possibile eseguire il test accorciando i tempi d'esecuzione ad 1' (Cho e Yap, 1993), i risultati devono essere poi moltiplicati per tre e quindi confrontati con quelli ufficiali definiti da Schirmer. Il test come appena descritto viene comunemente denominato "Test di Schirmer I".

Vi è un'altra tipologia di test di Schirmer, ("Test di Schirmer II"), la quale però prevede l'instillazione di una goccia di anestetico locale e la misurazione della sola lacrimazione riflessa.

### *Test del turn-over lacrimale*

Valuta il tempo necessario affinché il film lacrimale sia totalmente ricambiato mediante l'instillazione della fluoresceina. Viene instillato il colorante e successivamente viene osservata in lampada a fessura la completa scomparsa della fluorescenza, che corrisponde al completo rinnovamento del film lacrimale. In un soggetto normale il tempo necessario ad un completo turn-over è di circa 15 minuti.

### *Test dei menischi lacimali (MLMI)*

Poiché la parte lacrimale del film si ispessisce al margine palpebrale inferiore a formare il menisco lacrimale inferiore, la misurazione dello spessore di tale menisco può darci informazioni di tipo quantitativo sulla lacrimazione del soggetto, in particolare della

componente acquosa. È conveniente misurare l'altezza del menisco lacrimale marginale inferiore dove è più regolare e con i margini ben delimitati, e cioè nella parte centrale. È considerato normale uno spessore di 0,2-0,5 mm, mentre è considerato anormale se lo spessore è 0,1 mm o inferiore, il che indica una possibile insufficienza dello strato acquoso.

## **Test qualitativi**

### *Tempo di rottura (break up time)*

Il test del Tear Break-Up Time, spesso ritrovato in letteratura come B.U.T, è un test qualitativo ideato da Norn nel 1969, atto a verificare la stabilità del film lacrimale. Dalla sua introduzione, fino ai giorni nostri, rimane il test più citato nella letteratura scientifica ed anche il mezzo più diffuso per misurare la stabilità lacrimale.

Viene instillata della fluoresceina e viene misurato il tempo che intercorre dall'ultimo ammiccamento alla comparsa della prima zona di disidratazione. La sospensione dell'ammiccamento provoca l'evaporazione dello strato acquoso, e successivamente la contaminazione dello strato mucinico da parte dei lipidi.

Un valore di B.U.T. superiore a 10 secondi è normale, mentre possiamo chiamarlo clinicamente alterato se inferiore, anche se mancano ancora studi approfonditi a riguardo per stimare un cut-off adottato da tutti.

Considerato il test del B.U.T invasivo, Mengher, Pandher e Bron proposero nel 1983 un nuovo tipo di test definito Break-Up time non invasivo (N.I.B.U.T). Di solito vengono proiettati gli anelli del topografo sulla cornea, e viene misurato il tempo che passa dall'ultimo ammiccamento alla comparsa della prima zona irregolare degli anelli, che corrisponde alla prima zona di disidratazione.

I valori di normalità possono essere di 30 secondi, per quanto riguarda Efron (1998), e 10 secondi per quanto riguarda Wong (2002) <sup>22</sup>.

### *Valutazione della colorazione della superficie oculare*

È ormai pratica comune di diagnosi valutare la colorazione corneocongiuntivale mediante la fluoresceina. Questo colorante vitale penetra negli spazi intercellulari tra le cellule epiteliali, e l'impregnazione del colorante è segno di un'aumentata permeabilità epiteliale dovuta alla rottura delle giunzioni tra cellule. Diversi studi dimostrano che le colorazioni si correlano in maniera affidabile alla ridotta produzione lacrimale, all'aumentata evaporazione, al tempo di rottura del film, e all'alterata produzione di muco da parte delle

cellule caliciformi congiuntivali. Si dovrà valutare la presenza dello staining puntato, caratteristico segno del DED.

Il rosa bengala invece, è un colorante che colora selettivamente le cellule epiteliali degenerate o morte oltre che il muco; dove l'epitelio corneocongiuntivale presenti abrasioni o desquamazioni appariranno chiazze rosse, indice di scarsa lacrimazione. Il modello tipico di colorazione con rosa bengala nei pazienti affetti da occhio secco comprende la formazione di due triangoli, le cui basi sono situate a livello del limbus, sulla congiuntiva interpalpebrale.

Tuttavia l'instillazione del rosa bengala deve essere fatta precedere da un anestetico locale, in quanto il colorante produce bruciore (o addirittura dolore), con la caratteristica però di falsare i valori misurati.

Il verde di lissamina è un'ottima alternativa al rosa bengala in quanto non produce fastidi al paziente.

#### *Test dell'osmolarità*

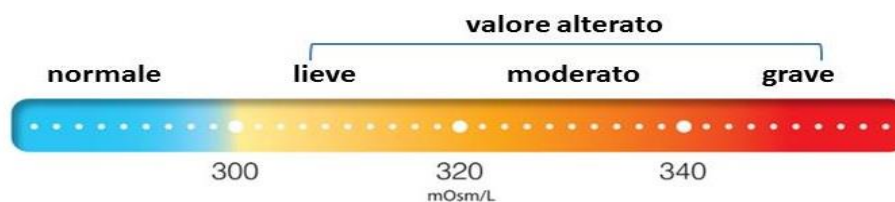
Negli ultimi decenni, la maggior parte degli autori espressero l'osmolarità come il numero di particelle presenti all'interno di una soluzione in mOsm/L (milliosmoli per litro di soluzione). È stato provato che la valutazione dell'osmolarità lacrimale è il metodo più accurato per la diagnosi e per i successivi disagi dei pazienti con occhio secco, perchè infatti l'iperosmolarità lacrimale può ragionevolmente rappresentare la caratteristica che più descrive la condizione di secchezza della superficie oculare.

Il test come lo conosciamo oggi viene eseguito facilmente grazie al TearLab (sistema per misurare l'osmolarità lacrimale), progettato per poter essere usato con una grande semplicità d'utilizzo ed una richiesta di volume lacrimale molto limitato.

Viene posizionato appena sopra la palpebra inferiore, per facilitare la raccolta delle lacrime, ed infine si vanno ad analizzare i valori ottenuti.

L'osmolarità del film lacrimale varia in condizioni di normalità, tra i 290 mOsm/L, ad occhi chiusi, e i 310 mOsm/L, ad occhi aperti fino all'evaporazione dell'acqua (Fig. 4); la pressione osmotica è dipendente principalmente dagli ioni presenti nello strato acquoso. La corretta osmolarità del film lacrimale regola il flusso di acqua tra il film lacrimale e le cellule superficiali di cornea e congiuntiva; le lacrime a palpebre aperte devono essere leggermente ipertoniche (uguali o maggiori alla concentrazione di 1% NaCl), mentre a chiusura palpebrale la pressione osmotica si riduce a causa della riduzione di concentrazione di NaCl successiva alla ridotta evaporazione.

L'alterazione dell'osmolarità lacrimale è definita da valori elevati, superiori a 300 mOsm/L, che indicano una perdita di omeostasi



oppure

quando la differenza dei valori di osmolarità tra i due occhi supera 8 mOsm/L, indicando una instabilità del film lacrimale



Figura 4: Schema riassuntivo dei valori di osmolarità lacrimale estratto da <http://www.oftaunibologna.it>

### Ferning test

Questo test viene utilizzato per valutare l'equilibrio delle mucoproteine con gli elettroliti delle lacrime.

Viene prelevato un campione di lacrima che successivamente viene fatto seccare su un vetrino a temperatura ambiente.

Il muco una volta secco assume la forma di felci cristallizzate (Fig. 5).

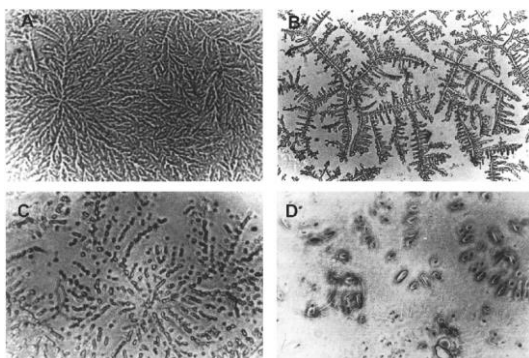


Figura 5: Il 1° e 2° grado sono presenti nella maggior parte della popolazione, indicano un equilibrio adeguato tra muco ed elettroliti. Il 3° e 4° invece, sono presenti soltanto in pazienti affetti da occhio secco; l'equilibrio risulta alterato anche se la mucina è normale<sup>23</sup>. Estratto da <https://www.researchgate.net>

## *Tearscope*

L'interferometria delle lacrime viene sempre più utilizzata nell'ambito della ricerca per l'osservazione della qualità e della quantità del film lacrimale insieme alla stratificazione dello strato lipidico.

Il Tearscope, è uno strumento sviluppato da Guillon nel 1986, ottimizzato per facilitare questa analisi avanzata del film in modo non invasivo. Può essere utilizzato ponendolo direttamente davanti all'occhio, oppure in combinazione con la lampada a fessura per ottenere un maggior ingrandimento. Questo strumento consente di svolgere il B.U.T non invasivo e la valutazione dello strato lipidico, attraverso l'osservazione delle frange colorate che si formano dall'interferenza tra la luce riflessa dallo strato lipidico e lo strato acquoso.

Lo strato lipidico viene valutato confrontando i vari quadri di interferenza.

## **2.5 DED nel passato e ai giorni nostri**

Il concetto di occhio secco, o meglio la comprensione della “necessità di piangere”, fu riconosciuta da alcuni studiosi più di 3500 anni fa, data la prima menzione del concetto di “lacrima” nel lontano 1550 a.C.<sup>24</sup>. La disciplina della cura della superficie oculare non iniziò però fino alla metà del 1850, quando fu proposto, per la prima volta, il meccanismo con cui avviene la secrezione lacrimale.

L'era moderna dell'occhio secco iniziò nel 1973, quando Frank Holli spiegò per la prima volta il ruolo della mucina. Poco dopo le opere di Tseng, Plugfelder, Lemp, Korb, Nichols e altri, permisero di comprendere ancora più dettagliatamente le interazioni tra la superficie oculare ed il film lacrimale.

All'inizio degli anni '60 si scoprì che una diminuzione della secrezione lacrimale causava “l'essiccazione” della superficie anteriore<sup>25</sup>. Successivamente, alla fine degli anni '70, fu introdotto il primo concetto sul ruolo delle ghiandole di Meibomio nella patogenesi dell'occhio secco iperevaporativo, ed il ruolo dello strato lipidico nel rallentare l'evaporazione dello strato acquoso fu identificato poco dopo<sup>26</sup>. Questi risultati clinici



hanno influenzato il modo in cui viene gestito il DED e svolgono un ruolo chiave nei test diagnostici e nel successivo trattamento di questa patologia.

Nel 1850, quando iniziarono le ricerche sull'occhio secco, le persone non sapevano di doversi lavare i denti, quindi alla fine li perdevano. Oggi, soprattutto a causa dell'uso dei dispositivi elettronici, le persone non si rendono conto della "perdita" di funzionalità delle loro ghiandole di Meibomio, e questo dovrebbe essere ridotto al minimo grazie ad un trattamento precoce della malattia prima che progredisca e peggiori ulteriormente.

La sindrome del DED è una delle patologie più frequenti in oftalmologia; si stima che il 20% delle persone tra i 30 e i 60 anni, ed il 70% oltre i 60 ne soffra.

In passato il DED non poteva venir diagnosticato, e solo negli ultimi cinque o dieci anni si ha iniziato a dargli peso. Per lungo tempo, nemmeno gli specialisti più esperti potevano stabilire che le lamentele dei loro pazienti fossero collegate a problemi di secchezza oculare.

Nel presente periodo, che può essere classificato come "l'era digitale", i media di intrattenimento informativo, non solo contribuiscono alla cessazione del contatto umano, ma aggravano i problemi dell'occhio secco.

Il problema principale delle persone che lavorano al videoterminale è la riduzione del numero di ammiccamenti al minuto, a causa dell'attenzione visiva e cognitiva richiesta (Himebaugh et al., 2009), che porta ad un aumento del tasso di evaporazione del film, e al successivo sviluppo di questa patologia.

### **3. Il videoterminalista**

Il terminale è definito in letteratura come un dispositivo costituito da una scheda video, un monitor e una tastiera. L'adattatore e il monitor, e talvolta pure la tastiera sono combinati in un'unica unità. La visualizzazione sullo schermo viene prodotta dall'impatto di un fascio di elettroni ad alta tensione pilotati su uno schermo di fosforo; si ottengono così dei punti fluorescenti.

Lo schermo deve avere una dimensione adattata alle attività che si è tenuti a svolgere; la dimensione minima deve garantire la visualizzazione contemporanea delle informazioni, con i caratteri ancora sufficientemente ampi e quindi di facile lettura. Lo schermo non deve però essere troppo grande; per un lavoro ottimale è opportuno poter vedere lo schermo per intero.

Non è opportuno raccomandare una dimensione fissa dello schermo, anche se, nella maggior parte dei casi, si ricorre a schermi di 15 pollici per creare condizioni di lavoro ottimali. In ogni caso è importante che la superficie disponibile dello schermo venga utilizzata al massimo (senza la presenza di bordi neri), e che non venga ridotta da elementi raramente utilizzati come per es. le icone. Si ricorda inoltre che schermi di grandi dimensioni richiedono distanze visive maggiori e di conseguenza tavoli di sufficiente profondità, il che risulta un problema dato che in ufficio, di solito, non si dispone della necessaria profondità del piano di lavoro.

Una lieve curvatura dello schermo invece, è di particolare importanza per la riduzione dei riflessi derivanti dall'illuminazione ambientale.

Lo schermo dovrebbe essere inoltre, inclinabile e girevole, nonchè regolabile in senso orizzontale e verticale, così da poterlo collocare nella posizione più opportuna in base alle richieste visive e posturali dell'utente.

Le norme definiscono i seguenti tipi di terminali <sup>27</sup>:

- Utente: che consente all'utente di comunicare con il computer
- Pagina di lavoro: ad esempio, computer grafica (CAD)
- Intelligente o programmabile
- Non programmabile
- VDT (Visual Display Terminal): terminale con display video o VDU (Visual Display Unit)

I terminali si trovano alla fonte di informazioni, e vengono impiegati per:

- Lavorare nei luoghi di lavoro dell'utente finale
- Inserimento di dati e programmi di elaborazione (elaborazione locale dei dati)
- Elaborazione remota dei dati (stazioni terminali in punti distanti dal computer centrale)

Ne fanno uso i professionisti, che si riferiscono a sviluppatori, operatori, organizzatori ed i non professionisti, utenti finali o fornitori di servizi.

Circa 35 anni fa, l'avvento dei computer ha rivoluzionato i posti di lavoro. Fino a quel momento le principali attività del lavoro d'ufficio coinvolgevano la lettura, la scrittura e l'archiviazione a mano, ed ognuno di questi compiti richiedeva requisiti di postura e visione differenti rispetto al lavoro su schermi da computer. L'introduzione di quest'ultimi, tuttavia, ha combinato questi compiti facilitandoli, e cioè svolgendone la maggior parte senza spostarsi dallo schermo, migliorando la qualità, la produzione e l'efficienza dei posti di lavoro. La successiva popolarità e accessibilità economica dei computer con internet a casa, introdusse ancora più utenti.

Non c'è dubbio quindi, che l'uso dei videotermini sia molto diffuso negli Stati Uniti e nel resto del mondo, non solo sui posti di lavoro, ma sempre di più anche nelle attività ricreative come per es. la navigazione su siti internet ed i videogiochi; ecco perchè le persone trascorrono gran parte della loro giornata davanti ad uno schermo.

Assieme a queste osservazioni sono aumentati i disturbi oculari collegati.

Il disagio visivo e i sintomi tipici che si verificano negli operatori di videoterminale devono essere riconosciuti come un problema di salute in crescita, e sono solo alcune delle cause alla base dell'uso dei videotermini che influiscono sulla vita.

I lavoratori videoterminalisti, riportano lamentele e sintomi legati alle condizioni di lavoro, inclusi disagio oculare, pressione muscolare e stress, ed il disagio aumenta con le elevate esigenze visive al VDT.

Studi recenti hanno dimostrato che la maggior parte dei lavoratori di VDT ha conseguenze associate alla superficie oculare (come la presenza di occhio secco) o alla sola visione (defocus).

In uno studio condotto da un gruppo di optometristi, è emerso che il 14% dei loro pazienti presentava sintomi relativi all'occhio secco o all'alterata visione, derivanti dal lavoro al VDT. I sintomi più comuni riscontrati furono affaticamento oculare, mal di testa, visione offuscata e dolore al collo o alle spalle (Lupelli L., 2004).

La misura in cui un individuo può manifestare questi sintomi, dipende in gran parte dalle sue capacità visive in relazione ai bisogni visivi dell'attività svolta. Questi disagi non sono una novità nell'uso sempre più comune del PC.

Condizioni di visione errate, design VDT ed ergonomia sul posto di lavoro scadenti, nonché un compito visivo estremamente impegnativo, possono contribuire allo sviluppo di disturbi visivi e condurre a lamentele dei lavoratori ai propri datori di lavoro. Se non viene fatto nulla per risolvere la causa del problema, esso continuerà a ripresentarsi ed a peggiorare.

I problemi di visione nei lavoratori di VDT sono generalmente temporanei e diminuiscono a fine giornata quando il lavoro giunge al termine, anche se alcuni soggetti potrebbero manifestare ancora capacità visive ridotte (come la visione sfuocata a

distanza), anche a fine giornata<sup>28</sup>. Normalmente i sintomi scompaiono del tutto durante il week end e le vacanze, se i sintomi non seguono questo schema, probabilmente non sono legati all'attività lavorativa.

Un lavoro visivamente e fisicamente faticoso può portare ad una riduzione della produttività, ad un aumento dei tassi di errore e ad una riduzione di soddisfazione personale sul posto di lavoro, per questo motivo è necessario adottare misure per ridurre il potenziale di stress e i disagi correlati alla superficie oculare ed alla visione.

La lettura allo schermo del PC è diversa dalla lettura su una pagina di carta stampata, spesso le lettere sullo schermo non sono così precise o nettamente definite, il loro contrasto rispetto allo sfondo è ridotto e la presenza di abbagliamento aumenta l'affaticamento visivo<sup>29</sup>.

Le distanze utilizzate dagli operatori per il lavoro al VDT sono spesso diverse da quelle comunemente usate in altre attività (come per es. la lettura o la scrittura), di conseguenza, la messa a fuoco richiede ulteriori sforzi visivi, ed aumenta la percentuale di ammiccamenti incompleti (Chu et al., 2014).

Gli occhiali e le lenti a contatto per uso abituale a volte non sono adeguate per i lavoratori di VDT che presentano segnali di DED o problemi di visione, in alcuni casi è necessaria la prescrizione di lacrime artificiali oppure una terapia optometrica di visual training. Una prescrizione adeguata, in base alle caratteristiche specifiche del soggetto, può aiutare a massimizzare le capacità visive e aumentare il comfort.

La normativa che tutela la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro stabilisce le regole che riguardano l'uso delle attrezzature con videoterminali sui luoghi di lavoro.

Infatti, nel d.lgs. 81/2008 in attuazione all'art. 1 della legge 123/2007 si legge che il datore di lavoro nel documento di valutazione dei rischi deve compiere un'analisi dei posti di lavoro, per rilevare: i rischi per la vista e per gli occhi; i problemi legati alla postura e all'affaticamento fisico o mentale; le condizioni ergonomiche e di igiene ambientale. Successivamente deve disporre le misure idonee ad eliminare o ridurre questi rischi, tenendo conto della somma ovvero della combinazione della incidenza dei rischi riscontrati.

Il lavoratore che utilizza videoterminali in modo sistematico ha il diritto ad usufruire di una interruzione della sua attività attraverso delle pause o cambiamento di attività. Normalmente i contratti di lavoro contengono delle disposizioni che riguardano le modalità di effettuazione delle pause, le quali devono consistere in almeno 15 minuti ogni 2 ore trascorse di fronte ad un videoterminale. I lavoratori non possono rinunciare alle pause e le stesse non possono essere cumulate e poi godute alla fine della giornata lavorativa. Se poi

il lavoratore presenta delle patologie particolari all'apparato visivo accertate dal medico competente, potrà concordare con l'azienda dei tempi di interruzione diversi oppure concordare di effettuare una "pausa attiva", cioè lo svolgimento di un'altra attività lavorativa senza l'impiego di VDT, senza il movimento continuo delle braccia e delle mani, e senza l'assunzione di una postura uguale a quella tenuta lavorando ad un videoterminale. In effetti, tali pause giornaliere servono proprio per ridurre lo stress visivo del lavoratore di VDT, in quanto molte attività di lavoro al VDT possono diventare stressanti sia mentalmente che fisicamente dopo un periodo di tempo prolungato e quindi, il riposo occasionale è utile per combattere la fatica, lo stress ed inoltre fornisce la possibilità di incorporare attività diverse e visivamente meno impegnative.

Infine, prima di essere destinati a svolgere un lavoro con attrezzature munite di VDT, i lavoratori devono essere sottoposti a visita medica. La normativa prevede inoltre che un lavoratore addetto ai VDT debba essere sottoposto a visita medica di controllo ogni 2 anni se presenta delle limitazioni o se ha un'età superiore ai 50 anni, invece ogni 5 anni in condizioni di normalità visiva o con età inferiore ai 50 anni. Il lavoratore può anche richiedere personalmente di essere sottoposto a visita di controllo, qualora lo ritenga opportuno <sup>30</sup>.

### **3.1 Sindrome da videoterminale (CVS)**

Con il termine di "Sindrome da videoterminale" o "Computer Vision Syndrome", si fa riferimento ad un insieme di problemi oculari, visivi e posturali successivi all'uso prolungato del VDT.

Nella nostra società i VDT più comuni collegati alla CVS sono i personal computer ed i computer portatili (laptop), anche se, ci sono molti altri dispositivi elettronici che possono, in percentuale minore, portare allo sviluppo di questa sindrome, e cioè gli smartphones, i tablet ed i e-readers.

La CVS è una dei principali rischi professionali del XXI secolo, ed i suoi sintomi sono presenti in circa il 70% degli utenti di computer. È causata, principalmente, da una combinazione di problemi visivi individuali e scarsa ergonomia visiva.

Data la scarsa disponibilità di dispositivi di protezione individuale, gli elevati carichi di lavoro e i tempi di pausa limitati durante l'uso del VDT nei paesi in via di sviluppo, la

prevalenza della CVS è molto elevata; si stima che 6 milioni di persone in tutto il mondo manifestino questo problema, con un'incidenza di 1 milione di nuovi casi all'anno.

Mentre si lavora al PC, è comune manifestare i sintomi tipici di questa sindrome, il motivo risiede nel fatto che i requisiti visivi per lavorare al VDT sono diversi da quelli associati alla maggior parte delle altre attività.

La "Sindrome da videoterminale" comprende i seguenti sintomi: affaticamento oculare, mal di testa, visione sfuocata da vicino, difficoltà di messa a fuoco nel passaggio dal lontano al vicino e viceversa, visione sfuocata da lontano dopo il lavoro prolungato da vicino, abbagliamento, bruciore, secchezza, iperemia, discomfort con LAC, dolore a collo, spalle e schiena. (Sheedy, 1992).

Sebbene finora non ci siano prove concrete che l'uso di un VDT porti a danni permanenti, questi sintomi possono rappresentare un problema significativo; essi si presentano quando la domanda visiva eccede le abilità visive dell'individuo, per es. se una persona ha meno di 40 anni, il defocus che deriva dal lavoro prolungato al PC è dovuto all'incapacità del cristallino di mantenere a fuoco l'immagine sulla retina, oppure è conseguenza di una mancata flessibilità accomodativa (e quindi di un problema di visione binoculare), nel passare dallo schermo alla tastiera e viceversa, per periodi prolungati. Se una persona invece ha più di 40 anni, questo problema potrebbe essere collegato anche all'insorgenza della presbiopia. La ricerca dimostra inoltre, che piccoli errori nella prescrizione optometrica possono contribuire allo sviluppo della CVS.

Questi individui dunque, che non manifestano i sintomi quando compiono le normali attività quotidiane, ne subiranno la loro manifestazione quando useranno il PC.

Inoltre, ci sono numerosi aspetti dello schermo del VDT e delle condizioni ambientali (l'illuminazione, i riflessi, la scarsa qualità del monitor, la disposizione della postazione di lavoro, ecc.) che possono causare un ulteriore incremento della domanda visiva, aggravando i sintomi. Un alto tasso di successo nella risoluzione di quest'ultimi (Sheedy e Parsons, 1990) si può ottenere solo trattando le condizioni visive che causano la CVS e, indagando e risolvendo le problematiche ergonomiche delle postazioni di lavoro.

Per un'analisi e un trattamento adeguati dei vari sintomi legati alla CVS, occorre suddividerli in:

- a. Sintomi visivi: visione annebbiata, refocus lento, perdita di fissazione frequente, diplopia (visione doppia), alterata percezione del contrasto

La visione annebbiata è un sintomo frequente, un annebbiamento costante però, è una chiara indicazione di un vizio refrattivo non corretto o dell'insorgenza di presbiopia. Una

visione annebbiata intermittente a lunghe distanze, dopo un lavoro prolungato da vicino, oppure esclusivamente a distanze ravvicinate è indice di un disordine accomodativo.

Un'altra causa è costituita dall'occhio secco, che può essere individuato chiedendo all'utente se la visione torna nitida dopo l'ammiccamento.

La diplopia, se si presenta dopo un lungo periodo di lavoro da vicino, può essere segno di un problema di convergenza.

L'alterato contrasto invece, era un problema più comune nel passato, con i vecchi monitor a tubo catodico; nonostante i moderni schermi a cristalli liquidi prevengano questo effetto indesiderato, il problema può comunque presentarsi.

- b. Sintomi oculari: irritazione oculare, bruciore, iperemia, iperlacrimazione, occhio secco, discomfort con LAC

Per la riduzione dell'ammiccamento, come conseguenza del lavoro al VDT, aumenta la presenza di soggetti che manifestano occhio secco, in più, per la posizione dello schermo, l'apertura della rima palpebrale è maggiore rispetto a quando si guarda in basso per leggere, quindi c'è una maggiore evaporazione del film lacrimale. L'iperlacrimazione invece corrisponde alla lacrimazione riflessa che entra in gioco per compensare la secchezza e l'infiammazione oculare, anche se, come ben sappiamo, a lungo andare questo tipo di lacrimazione cessa. Molti pazienti affetti da DED non presentano disagi significativi durante le normali attività quotidiane; i sintomi subiscono un'aumento durante il lavoro al computer. Se il paziente riferisce i sintomi di occhio secco, è bene chiedere se lo schermo del computer sia posizionato troppo in alto, se in ufficio il tasso di umidità è basso, e se, per es., ha l'aria condizionata posta davanti a sé. Una risposta affermativa identificherebbe la causa ambientale del problema: rimossa la causa sparirebbero anche i sintomi.

- c. Sintomi astenopici: mal di testa, stanchezza oculare

L'astenopia è uno dei sintomi più frequentemente lamentati dai videoterminalisti, con un'incidenza del 10-15% durante gli esami di routine. Ci sono numerose condizioni che portano ad astenopia: un errore refrattivo non corretto, la presbiopia, un problema di visione binoculare e condizioni ambientali sfavorevoli, come per es. l'abbagliamento causato da luci troppo forti.

- d. Sintomi che riguardano la sensibilità alla luce: sensazione di flickering, abbagliamento

La causa più frequente di un'aumentata sensibilità alla luce è l'illuminazione dell'ambiente di lavoro o dello schermo, è frequente quindi essere abbagliati dalle luci posizionate in alto e/o dalla luce che entra dalle finestre. Per alleviare i sintomi è sufficiente ridurre la luminosità del monitor e schermare le sorgenti di luce ambientale.

- e. Sintomi muscolo scheletrici: tensione o dolore a collo e spalle, dolore alla schiena, dolore alle braccia e ai polsi

Molti pazienti che mantengono la stessa posizione per lunghi periodi di tempo riferiscono di avere dolori al collo, alle spalle o alla schiena. I sintomi sono dovuti allo stress muscolare causato dall'assunzione di una postura non ottimale per lunghi periodi di tempo, e da una postazione di lavoro non ottimale.

L'operatore occasionale di VDT potrebbe cavarsela usando i suoi occhiali abituali, ma l'operatore che usa il VDT di professione può beneficiare dell'uso di un occhiale da computer. Il trucco sta nella giusta prescrizione in base alle richieste visive del soggetto. I presbinti, per es., devono prendere in considerazione che tipo di occhiali scegliere, e sono molto più a rischio di sviluppare problemi visivi legati al VDT; i bifocali convenzionali sono progettati per la visione a circa 50 cm con un angolo di circa 20 gradi, mentre gli schermi del PC sono posti di solito ad una distanza di 70 cm e leggermente inferiori rispetto alla direzione primaria di sguardo<sup>31</sup>. Le lenti migliori che si possono impiegare, quindi, sono quelle progressive, perchè comprendenti di una zona di visione intermedia, che corrisponderebbe appunto alla distanza alla quale è posto lo schermo (distanza più vicina rispetto alla guida ma più lontana rispetto alla distanza di lettura). Sebbene uno studio abbia dimostrato che gli utenti del PC abbiano preferito occhiali progressivi in passato<sup>32</sup>, essi stessi devono impegnarsi però in modo frustrante nella ricerca del perfetto "sweet spot" sullo schermo, il quale offre la visione ottimale, e questa ricerca si traduce in tensione della testa e/o del collo causando dolore muscolare.

Le lenti progressive ora disponibili, si sono evolute per compensare questo problema, e sono quelle occupazionali (di tipo office), le quali incorporano un'ampia zona superiore per la visione intermedia (ovvero schermo VDT), e un'ampia zona inferiore per la distanza ravvicinata (ad es. tastiera, mouse). Alcuni tipi di lenti presentano inoltre, un'ulteriore zona (più piccola rispetto alle altre due precedenti), e cioè quella per la visione a distanza, localizzata sopra a quella per la distanza intermedia<sup>33</sup>.

Un'ulteriore caratteristica delle suddette lenti è quella di incorporare dei trattamenti di superficie atti a filtrare in maniera specifica la luce blu per migliorare la capacità di discriminazione dei colori sullo schermo VDT. Feigin et al. rivelarono che 20 soggetti su 23 analizzati riportavano un miglioramento nell'affaticamento visivo dopo 4 settimane di uso di occhiali con questo particolare tipo di trattamenti di superficie.

Lazarus dimostrò in aggiunta che, utilizzando un prisma a base alta oppure un prisma a base interna, si alleviavano alcuni dei sintomi della CVS, perchè diminuiva la richiesta di convergenza.



La conferma di questa teoria arrivò subito dopo analizzando 30 utenti di VDT, riscontrando una preferenza di lenti positive con prismi inseriti a lenti positive senza prismi <sup>34</sup>.

### **3.2 DED associato al videoterminalista**

L'incidenza di DED sta marcatamente aumentando in relazione all'espansione radicale delle reti Internet mondiali e delle comunicazioni mediate dalla cultura di rete <sup>35</sup>.

Le persone che usano abitualmente videoterminali, hanno dimostrato una maggiore incidenza di disturbi muscoloscheletrici, affaticamento della vista e secchezza oculare; questi sintomi sono sempre più correlati all'uso/abuso quotidiano e abituale di dispositivi elettronici di comunicazione come computer, smartphones e tablet.

I risultati di un questionario web di auto-screening, relativo all'incidenza dell'occhio secco in utenti di Internet, dimostrarono che in generale il 36% degli intervistati riportavano sintomi di secchezza oculare, mentre uno studio trasversale condotto su impiegati giapponesi giovani e di mezza età, che utilizzano regolarmente VDT sul posto di lavoro, ha rivelato che lo stato di secchezza oculare è associato ad una minore produttività lavorativa e a prestazioni lavorative ridotte <sup>36</sup>.

Come già sottolineato lavorare al computer crea uno stato non fisiologico. Non a causa di particolare effetti patologici dati dallo schermo, ma principalmente a causa del tempo prolungato di esposizione. Se usassimo il PC solo per pochi minuti e non per ore, non ci sarebbero interferenze oculari fisiologiche, pertanto a causa della durata di esposizione innaturalmente lunga, assistiamo ad un'aumento di alterazioni, ed in particolare di secchezza oculare.

L'occhio secco è stato spesso citato come la principale alterazione della Computer Vision Syndrome (CVS). Alcuni studi collegano una riduzione del tempo di rottura del film lacrimale (break up time) come una causa di frequente disagio nei pazienti affetti da CVS, mentre un'altro studio condotto da Miki Uchino et al. <sup>37</sup> ha riscontrato una prevalenza di secchezza oculare nelle lavoratrici donne maggiore rispetto nei lavoratori uomini; di 672 impiegati analizzati (mediante la somministrazione di questionari e test lacrimali), la percentuale di donne con un esito positivo di DED era addirittura del 76,5%.

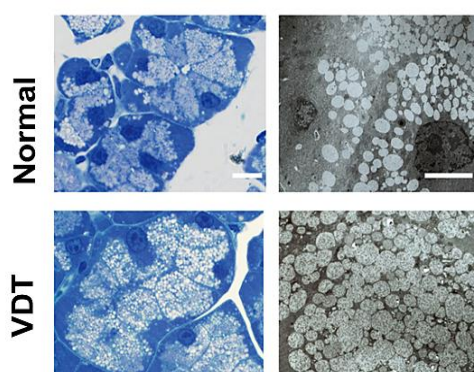
L'elevata prevalenza di secchezza oculare è stata correlata, quindi, con il tempo di esposizione; il gruppo con tempi di esposizione più lunghi al VDT ha riscontrato una maggiore prevalenza di DED <sup>38</sup>. Tale teoria è stata confermata in Giappone, dove si è riscontrata una variazione dei valori del test di Schimer negli operatori che utilizzavano videoterminali per più di 12 anni, a differenza di altri operatori che ne facevano un uso per meno di 4 anni. La stessa differenza si è notata negli utilizzatori di VDT per 8 ore al giorno rispetto a coloro che lo utilizzavano solo per 2 ore.

Ciò indica che la durata di esposizione prolungata al VDT, a lungo andare, può portare ad una diminuzione della secrezione lacrimale.

La stimolazione della ghiandola lacrimale principale, è mediata, come abbiamo già visto, da rami afferenti ed efferenti. La riduzione della secrezione basale è bilanciata, almeno all'inizio, da una marcata secrezione riflessa, mediata da stimoli nervosi a livello corneocongiuntivale, che però col tempo diminuisce <sup>40</sup>.

Un'analisi istologica della ghiandola lacrimale (sfruttando dei modelli animali), dimostrò la comparsa di una diminuzione del numero di cellule acinose accompagnata da un aumento del loro volume, della perdita nella struttura intracellulare e della comparsa di vescicole secretorie nel citoplasma, assieme ad una riduzione totale del volume della ghiandola.

Per caratterizzare ulteriormente questi cambiamenti, è stata valutata la struttura fine delle cellule acinose mediante l'instillazione di un particolare colorante (Fig. 6). Gli organuli cellulari erano apparentemente diminuiti ed infine i nuclei di colore scuro caratterizzavano ulteriormente il danno.



*Figura 6: Analisi al microscopio elettronico delle cellule acinose estratta da Shigeru Nakamura; Approach to Dry Eye in Video Display Terminal Workers (Basic Science); in: Investigative Ophthalmology & Visual Science; 2008*

Sulla base di questi risultati, si presume che l'ipofunzione della ghiandola lacrimale principale contribuisca alla patogenesi dell'occhio secco.

Come già discusso nel capitolo 2, il DED viene suddiviso in DED da insufficienza lacrimale e in DED iperevaporativo. Non c'è alcun dubbio che quello legato al VDT sia

principalmente un DED iperevaporativo, conseguente alla marcata attenzione che viene impiegata dagli operatori VDT, e che si traduce in una riduzione della frequenza di ammiccamento, la quale sembra essere il fattore scatenante. Altri fattori possono essere i tempi di esposizione prolungati (sopracitati), l'ammiccamento incompleto, con successiva esposizione della cornea all'ambiente esterno, e la presenza di lenti a contatto.

Molti soggetti ammiccano normalmente tra le 10 e le 15 volte al minuto, ed una riduzione significativa dell'ammiccamento si ha negli operatori di VDT <sup>41,42,43</sup>.

Un ammiccamento ridotto contribuisce ad una ridotta qualità del film lacrimale, assieme ad un'alterata redistribuzione delle sue tre componenti, e ad uno stress successivo corneale temporaneo. Oggi questa riduzione dell'ammiccamento è considerata la base di tutti gli altri disturbi associati alla disfunzione del film lacrimale nell'operatore di VDT. Perché si ammicca di meno? Ci sono diverse teorie; la prima riguarda una riduzione dello stimolo all'ammiccamento, la seconda riguarda la soppressione centrale all'ammiccamento.

In uno studio di Naase T. et al. condotto nel 2005, si sono utilizzati degli anestetici locali per inibire il riflesso spontaneo all'ammiccamento (SEBR). Da questo studio si è evidenziato che la sensibilità di superficie, quando eliminata, non influenza significativamente il SEBR <sup>44</sup>.

Acosta e Wallace dimostrarono inoltre, che puntando un ventilatore direttamente verso un soggetto, il quale concentrava tutta la sua attenzione sullo schermo VDT, non veniva in alcun modo alterata la frequenza di ammiccamento, e cioè il soggetto continuava ad ammiccare meno frequentemente. Sulle base di questo esperimento, McMonnies et al., ipotizzarono che una riduzione dell'ammiccamento non è una conseguenza di una stimolazione minore della superficie oculare, e di conseguenza di un bisogno meno frequente di ammiccare successivo all'attenzione marcata rivolta allo schermo, ma una soppressione corticale centrale; i segnali periferici che normalmente fanno aumentare il battito delle ciglia (come la secchezza oculare), sembrano essere sovraccaricati durante l'uso di VDT e di conseguenza, i compiti visivamente impegnativi ed i movimenti di inseguimento marcati, impediscono il riflesso all'ammiccamento, che si traduce all'operatore come una visione sfuocata che scompare subito dopo aver ammiccato. Nella pratica vediamo che non si può "imparare" ad ammiccare più frequentemente al VDT, in quanto questa azione risulta essere inconscia.

Quando ammicchiamo il film lacrimale viene redistribuito su tutta la superficie oculare, ma una volta riaperti gli occhi, il film non è subito perfettamente regolare, ma diventa tale dopo cca 5-7 secondi. Fino ad allora, la visione non è ideale, ma leggermente sfuocata. Successivamente dopo cca 10 secondi dalla formazione del perfetto film lacrimale, quest'ultimo si secca, evapora, e la visione ritorna ad essere leggermente sfuocata fino al

completo rinnovo del film. Questo fenomeno viene a malapena percepito per il tempo rapido in cui il film lacrimale si rinnova.

I soggetti che soffrono di DED mentre lavorano al VDT o guardano la TV, hanno maggiori oscillazioni dell'acuità visiva, per effetto dell'ammiccamento irregolare, rispetto ad altri soggetti. Spesso sono portatori di occhiali occupazionali (da computer) e presentano lamentele inerenti al "vedere sfuocato mentre lavorano al VDT". Un semplice concetto può risolvere questo dilemma; se la visione è generalmente buona all'inizio dell'attività svolta ai videoterminali, e peggiora col tempo di esposizione, si tratta di visione sfuocata secondaria alla riduzione della frequenza di ammiccamento. Goto et al. dimostrarono effettivamente che, nei soggetti con un film lacrimale instabile, una diminuzione dell'acuità visiva era riscontrabile e misurabile dopo 10-20 secondi dall'apertura palpebrale <sup>45</sup>, con maggiore frequenza in soggetti che lavoravano al PC o guidavano, quindi successivamente ad attività elevata concentrazione. Questo ci dà ancora una volta conferma che un'alterazione dell'ammiccamento porti a fluttuazioni visive.

La riduzione della frequenza di ammiccamento può raggiungere il 60% ed essere anche uno dei meccanismi patofisiologici di base che portano alla disfunzione delle ghiandole di Meibomio negli operatori di VDT. La mancanza di uno strato lipidico adeguato contribuirà a far evaporare il film lacrimale fino a quattro volte più del normale <sup>46</sup>, portando alla sindrome dell'occhio secco.

Ci sono degli studi relativi ai cosmetici applicati in modo inadeguato che possono anche avere un grosso contributo nel blocco delle aperture delle ghiandole di Meibomio, con conseguente alterazione dello strato lipidico, in misura maggiore se si prendono in considerazione le lavoratrici femmine di VDT <sup>47</sup>.

Inoltre, operatori di VDT precedentemente sottoposti a chirurgia LASIK possono aver bisogno di avvertenze aggiuntive sull'uso del computer, in quanto, la secchezza oculare che si manifesta successivamente all'intervento, può essere una reazione temporanea di circa 3-6 mesi di durata <sup>48</sup>.

I modelli animali sono strumenti essenziali per facilitare la comprensione dei meccanismi della malattia e per sviluppare nuovi approcci terapeutici. I modelli sperimentali possono includere inibizione della secrezione lacrimale, ablazione dell'innervazione parasimpatica e/o carenza di vitamina A.

Qualsiasi lavoro quindi che coinvolga l'osservazione di uno schermo a cristalli liquidi è caratterizzato da una diminuzione della frequenza di ammiccamento, ambiente professionale a bassa umidità e posture statiche sostenute per tempi prolungati durante attività ripetitive <sup>49</sup>. Sulla base di questi concetti è stato svolto un esperimento, che

prevedeva il posizionamento di alcuni topi su un'altalena, in combinazione con un ambiente secco, che aveva il compito di stimolare l'evaporazione del film lacrimale, per simulare il lavoratore di VDT<sup>50</sup>. La procedura si basava sul concetto che i segni riscontrati alla fine dell'esperimento, non sono necessariamente collegati solo ai compiti che richiedono elevata concentrazione come il lavoro al VDT, ma possono anche essere osservati nell'orientamento spaziale necessario per il mantenimento della postura, simile a quello osservato nei funamboli. Questo da un'idea dell'impatto ambientale nei VDT. In questo modello sperimentale, per simulare quotidianamente il ciclo lavoro-ripososonno degli impiegati, ogni topo è rimasto sull'altalena per 8 ore al giorno con 30 minuti di riposo per accedere a cibo e acqua. Per le restanti 16 ore sono stati collocati nelle rispettive gabbie.

Mentre si trovavano esposti a questo ambiente, la frequenza di ammiccamento è risultata notevolmente ridotta, pari ad 1/3, simile ai risultati riportati negli operatori di VDT, e questa diminuzione si accompagnava ad una clearance anch'essa ridotta, la quale stava ad indicare una riduzione nella velocità di deflusso lacrimale mediata da una bassa frequenza di ammiccamento. Inoltre è stato riscontrato uno lieve staining puntato, segno caratteristico di secchezza oculare. Inevitabilmente da questo esperimento emerse che una riduzione della frequenza di ammiccamento con successiva epiteliopatia, si presentava in ognuno dei singoli topi, il che conferma come le caratteristiche degli ambienti di lavoro dell'operatore VDT influenzino la frequenza di ammiccamento ed i successivi segni di secchezza oculare.

È stato osservato che la frequenza di ammiccamento viene ulteriormente ridotta in un ambiente buio dove la lettura risulta difficoltosa; la riduzione del contrasto e della dimensione dei caratteri sullo schermo, giocano un ruolo fondamentale nell'incidenza di questo tipo di DED; una qualità dell'immagine peggiore con dei caratteri più piccoli richiederà più attenzione cognitiva ed una conseguente riduzione della frequenza di ammiccamento.

L'idratazione inadeguata della superficie oculare è influenzata sia dalla secrezione lacrimale, che dalla sua distribuzione. Pertanto, Abelson ha introdotto il termine Ocular Protection Index (OPI), indice di protezione oculare:  $OPI = (\text{amm./min.}) : (60/\text{TBUT})$   
In pratica, ciò significa che una persona deve ammiccare prima che il film lacrimale evapori, e questo viene misurato tramite il TBUT.

Un OPI maggiore di 1 risulta nella norma, mentre uno minore di 1 indica una protezione inadeguata della superficie oculare con successiva secchezza.

Oltre alla riduzione dell'ammiccamento bisogna porre attenzione all'ammiccamento incompleto, in cui il disagio finale è dato da un film lacrimale più sottile a livello corneale inferiore <sup>51</sup>.

Chu et al. condussero uno studio su alcuni soggetti mentre svolgevano un'attività di lettura al computer. Constatarono che il numero di ammiccamenti incompleti aumentava col tempo di esposizione al VDT e che successivamente appariva il sintomo tipico di secchezza oculare.

Negli operatori VDT portatori di lenti a contatto gli ammiccamenti incompleti sono molto più frequenti, se inoltre, la posizione dello schermo risulta leggermente superiore rispetto alla linea primaria di sguardo, questo gioca un ruolo essenziale nell'esposizione della cornea all'ambiente esterno, in quanto questa attività, che non necessita di un abbassamento oculare marcato (come la lettura o la scrittura), si traduce in un'aumentata apertura della rima palpebrale.

Quando guardiamo verso l'alto infatti, l'occhio risulta più aperto, la superficie corneale più esposta e l'ammiccamento incompleto <sup>52</sup>. Guardando invece verso il basso, la superficie corneale è esposta all'esterno fino a quattro volte di meno. Perché questo è importante? Perché se il monitor del computer è posizionato troppo in alto, la superficie oculare sarà molto più esposta alla disidratazione.

Kazuo Tsubota e Katsu Nakamori (due docenti universitari giapponesi), studiarono i diversi fattori che influenzano la dinamica lacrimale in 104 impiegati, non affetti da occhio secco, che utilizzavano il PC con una media di tre ore al giorno. Misurando l'apertura palpebrale dei soggetti esaminati confermarono che effettivamente essa fosse maggiore lavorando al VDT che durante la lettura su foglio. In condizioni di lettura l'apertura palpebrale misurava  $1,2 \pm 0,4 \text{ cm}^2$ , mentre lavorando al VDT arrivava addirittura fino a  $2,3 \pm 0,5 \text{ cm}^2$ .

Il tasso di evaporazione del film è stato quindi misurato <sup>53</sup>, e venne riscontrato che la velocità di evaporazione aumentava con l'aumento dell'area della superficie oculare esposta.

Tuttavia, non è stato proposto un meccanismo principale che spieghi il progressivo peggioramento del DED negli operatori di VDT, il che rimane un importante problema vitale inesplorato, il quale necessita ancora di studi epidemiologici su larga scala su operatori VDT e su modelli animali appropriati per l'occhio secco. Lo studio riguardante i tempi di esposizione prolungati al videoterminale, ha come risultato, un'associazione eziologica con una diminuzione della secrezione lacrimale. Questo risultato suggerisce che la riduzione cronica della produzione di lacrime, successiva all'uso di VDT, ha come

conseguenza l'ipofunzione della ghiandola lacrimale coinvolta nel peggioramento progressivo del DED. Gli autori suggeriscono di prestare attenzione all'orario di lavoro complessivo, perchè, un certo livello di ritardo nella progressione del danno lacrimale, è stato raggiunto modificando le condizioni di lavoro quotidiane e/o gli stili di vita. Tuttavia, però, non ci sono molti studi riguardo questa teoria, inoltre, diverse limitazioni dello studio devono essere considerate nell'interpretazione dei risultati, principalmente; la popolazione in studio era composta esclusivamente da giapponesi e non si sono studiati gli altri fattori scatenanti la malattia.

Nell'esperimento sui topi invece, non è stato trovato alcun modo per ridurre la frequenza di ammiccamento direttamente esponendo i topi al VDT, in quanto risulta impossibile; si è solo cercato di imitarne l'uso, confermando il ruolo fondamentale che ha l'ambiente di lavoro nello sviluppare l'occhio secco.

Inoltre, l'analisi istologica della ghiandola lacrimale è stata svolta principalmente sfruttando modelli animali, non usando quindi un numero ampio di ghiandole lacrimali da donatori umani, il che sta ad indicare che una generalizzazione delle alterazioni ghiandolari a tutta la popolazione umana non è del tutto possibile e corretta.

Occorrono quindi, ulteriori studi relativi all'occhio secco associato al VDT, sfruttando approcci neuroscientifici, per valutare il disagio oculare imitando le condizioni dell'uomo.

### **3.2.1 Fattori di rischio**

Risulta abbastanza chiaro da diversi studi che l'uso di VDT causi secchezza oculare. Questa secchezza risulta essere la causa primaria di fatica oculare da VDT, e viene segnalata dal quasi 75% degli operatori videoterminali contro il 50% degli altri lavoratori. 60 sondaggi di optometristi in Italia, Stati Uniti e Regno Unito indicano che una modesta percentuale dei loro pazienti vengono esaminati principalmente a causa dei loro problemi oculari associati all'uso del VDT<sup>54</sup>. La cornea dunque, è molto sensibile alla secchezza, dovuta all'iperevaporazione del film lacrimale e allo squilibrio chimico dovuto a fattori ambientali come aria secca, ventilatori, aria condizionata, polvere dispersa nell'aria ecc. che troviamo di solito in ufficio<sup>55,56,57</sup>.

Nei lavoratori anziani di VDT (soprattutto nelle donne in menopausa), assistiamo alla comparsa di un DED da insufficienza lacrimale, in quanto la produzione di lacrime diminuisce gradualmente con l'avanzare dell'età. Conseguentemente la riduzione della frequenza di ammiccamento, successiva al lavoro prolungato al VDT, aggrava l'alterazione.

Sono stati analizzati inoltre, degli impiegati di VDT portatori di lenti a contatto, i quali riscontravano una maggiore gravità di DED <sup>58,59</sup>.

Le lenti a contatto rivestono un ruolo sui cambiamenti a livello congiuntivale. La congiuntiva bulbare ha una funzione critica nel mantenimento dell'integrità del film lacrimale e nella produzione mucinica. In particolare, dalla letteratura si evidenzia che la componente mucinica ha origine dalle cellule di Goblet, localizzate lungo l'epitelio congiuntivale, di qui, l'integrità del film lacrimale è strettamente dipendente dall'aderenza della porzione mucinica ai microvilli corneali. Qualsiasi evento impattante sulla salute delle cellule di Goblet può avere esiti negativi sulla stabilità del film lacrimale che a sua volta si riflette in sintomi di occhio secco. L'uso di lenti a contatto può portare a condizioni quali riduzione della densità delle cellule di Goblet dopo un periodo che varia tra i 3 e i 6 mesi di porto di lenti a contatto e percezione di sintomi legati all'incremento della frizione meccanica.

Tuttavia, gli studi affermano che tali condizioni sono reversibili in seguito alla cessazione dell'uso di lenti a contatto. È stato riportato anche un aumento della densità delle cellule di Langerhans che suggerisce l'intervento di una componente infiammatoria. La presenza delle lenti a contatto, inoltre, interferisce a livello dello spessore del film lacrimale che è direttamente a contatto con la superficie oculare e con la congiuntiva, come evidenziato tramite la presenza di staining congiuntivale, indentazione congiuntivale e congiuntivocalasi.

Le ragioni primarie che conducono all'intolleranza alle lenti a contatto sono discomfort e secchezza.

Alcuni studi hanno dimostrato che il 50% dei portatori di lenti a contatto lamenta sintomi associati alla secchezza oculare, motivo per il quale molti pazienti lamentano il fatto di dover ridurre il tempo di porto. Dallo studio emerge anche che i portatori di lenti a contatto hanno una probabilità 12 volte superiore rispetto agli emmetropi e 5 volte rispetto ai portatori di occhiali di riferire sintomi di occhio secco.

Il ruolo esercitato dall'aumentata frizione rientra tra le cause primarie di sintomi avversi dovute all'uso di lenti a contatto poiché l'impatto interessa il glicocalice corneale. Il glicocalice costituisce una barriera idrofilica formata dalle mucine secrete dalle cellule



epiteliali e gioca una funzione chiave per permettere di minimizzare la frizione dovuta agli ammiccamenti e per stabilizzare il film lacrimale.

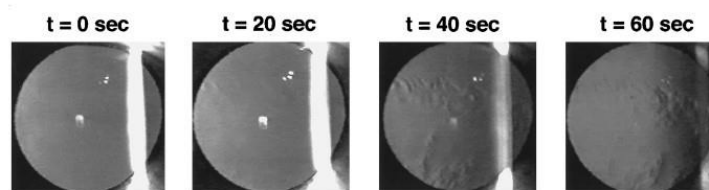
La percentuale di abbandono dell'uso di lenti a contatto varia tra il 10-50% dopo 3 anni dalla prima applicazione. Il motivo è da ricercare nel discomfort dovuto alle lenti a contatto con il 70% di pazienti che riportano discomfort alla sera. In particolare, si tratta di una condizione caratterizzata da sensazioni oculari avverse episodiche o persistenti legate all'uso di lenti a contatto che si traduce in una ridotta compatibilità tra la superficie della lente a contatto e l'ambiente oculare <sup>60</sup>.

L'obiettivo degli studi consiste nel saper comprendere i segnali di discomfort negli stadi precoci in modo da trovare le migliori strategie che permettano di gestire l'occhio secco associato all'uso di lenti a contatto. Per quanto concerne la gestione dei sintomi di occhio secco associati all'uso di lenti a contatto si rende necessaria l'identificazione dei fattori di rischio come la coesistenza di fenomeni allergici che potrebbero esacerbare i sintomi di discomfort e portare all'abbandono dell'uso di lenti a contatto.

Uno studio in Giappone ha confermato che le problematiche relative all'occhio secco, nei lavoratori di VDT, erano più comuni nei portatori di LAC rispetto ai non portatori <sup>60</sup>.

Il comfort delle lenti a contatto dipende fortemente dalla lubrificazione oculare, e cioè dalla necessità della LAC di essere costantemente bagnata dalle lacrime. Subito dopo l'ammiccamento la LAC è lubrificata e otticamente ideale ma, col progredire dei secondi, la lente si asciuga (Fig. 7).

**(A) exposed cornea**



**(B) cornea with contact lens**

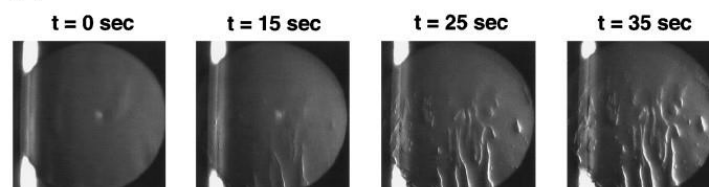


Figura 7: Esempi di secchezza oculare post ammiccamento in caso di occhio nudo (A) e di lenti a contatto morbide inserite (B) estratti da <https://www.slideshare.net/maurofrisani/>

Se la superficie oculare risulta asciutta invece, come conseguenza di un alterato ammiccamento, le lenti a contatto si seccano e aderiscono alla palpebra superiore durante il tentativo di ammiccare. Questo “effetto di attrito” si traduce in un marcato disagio. Possiamo anche avere la presenza di depositi proteici a fine giornata (per questo motivo la manutenzione delle LAC deve essere frequente), i quali una volta depositati, ed asciugati sulla superficie della lente, aggravano l’acuità visiva. Se si indossano lenti a contatto morbide quindi, per alleviare i sintomi di secchezza oculare secondari all’esposizione al VDT, si consigliano lenti a contatto morbide con una percentuale minore di acqua, oppure si ricorre ad un altro tipo di materiale per evitare i depositi.

### **3.3 Effetti visivi da schermi di visualizzazione**

Il “National Research Council Committee on Vision” afferma che: «La scarsa qualità dello schermo probabilmente contribuisce al fastidio ed al disagio a volte segnalati dai lavoratori... Le prestazioni visive sono influenzate da una serie di parametri dello schermo, come la dimensione, lo stile e la struttura dei caratteri; e dal contrasto e la stabilità dell'immagine»<sup>61</sup>.

Le immagini prodotte da uno schermo VDT consistono in migliaia di piccoli punti luminosi (pixel) o linee orizzontali (rasters), che collettivamente vanno a formare immagini irregolari, che sfuocano assieme, senza la presenza di bordi definiti; più pixel e rasters vengono impiegati per riprodurre un'immagine, più quest'ultima risulterà nitida e chiara. Si suppone che i caratteri leggermente sfuocati sullo schermo possano creare un'inibizione dell'accomodazione, conseguente all'assenza di un punto nitido e preciso dove poterla concentrare<sup>62</sup>.

Ziefle notò inoltre una caratteristica funzionale dei lavoratori VDT e della risoluzione degli schermi, attraverso la comparazione di un monitor di risoluzione di 62 dots per inch (dpi) con un altro di 89 dpi; questa misura sta ad indicare i “punti per pollice”, cioè i punti di colore per pollice quadrato (unità di misura del Sistema Inglese) dello schermo.

L'autrice dimostrò che i tempi di reazione e la durata di fissazione, mentre i soggetti fissavano lo schermo, erano significativamente maggiori con risoluzione dello schermo minore <sup>63</sup>, inoltre, l'entità della fatica visiva era decisamente correlata.

Fortunatamente, nell'ultimo decennio, la risoluzione degli schermi è migliorata, producendo display che assomigliano sempre di più ai documenti su carta stampata <sup>64</sup>.

Diversi fattori influenzano poi la scrittura e la leggibilità dei caratteri sullo schermo; per es. le parole contenenti lettere maiuscole in combinazione con lettere minuscole sono più facilmente interpretabili rispetto alle parole contenenti esclusivamente lettere maiuscole, inoltre, la spaziatura tra le parole e le righe influisce anche sulla qualità dell'immagine, e dunque dovrebbe essere di almeno metà carattere di spazio tra le parole e un carattere intero di spazio tra le righe <sup>65</sup>.

I caratteri per essere leggibili senza fatica, devono avere una dimensione in funzione della corretta distanza visiva. L'unità di misura per la dimensione dei caratteri è data dall'angolo dal quale si vede il limite esterno dei caratteri. Ad una distanza visiva di per es. 50 cm, l'altezza del carattere deve essere almeno di 2,5 mm, mentre per distanze di 60-80 cm, l'altezza minima si aggira attorno ai 3-4 mm.

I tipi di font con caratteri molto sottili o molto larghi sono difficili da leggere. La migliore leggibilità è ottenuta quando il rapporto tra la larghezza e l'altezza del carattere è di circa 3:4, e quando lo spessore corrisponde a circa il 15% dell'altezza del carattere.

È noto inoltre che alti livelli di contrasto e luminosità rappresentino maggiore sfuocatura del carattere; per evitare questi contrasti eccessivi l'involucro dello schermo non deve essere né lucente né di colore troppo chiaro, sono consigliati quindi involucri con superficie opaca. Si raccomanda inoltre che gli schermi contengano sempre caratteri scuri su sfondo chiaro anziché il contrario, occorre comunque porre attenzione a non scegliere uno sfondo troppo chiaro, altrimenti si ha un contrasto eccessivo e il pericolo di provocare fastidi al soggetto.

Se un operatore VDT dovesse passare costantemente da uno sfondo chiaro ad uno scuro, questo si tradurrebbe in un affaticamento visivo, in quanto, l'apparato visivo risulterebbe maggiormente sollecitato dallo sforzo di adattamento al chiaro-scuro, a causa delle enormi differenze dello sfondo dello schermo e del testo da digitare per es. su carta stampata <sup>66,67</sup>.

Condizioni di illuminazione innapropriate sui posti di lavoro, possono anche influire negativamente sul comfort visivo.

Un'illuminazione costante dalle fonti di luce ambientali (lampade a led, luce proveniente dalle finestre, lampade da tavolo) appare come eliminare l'immagine dei caratteri sullo schermo, creando riflessi e abbagliamento. Anche se questi problemi non sono

direttamente connessi a disturbi visivi cronici, possono essere fonte di fastidio e possibile affaticamento visivo.

Un recente studio ha confrontato una grande varietà di sfondi, con luminanza diversa, con valutazioni soggettive di astenopia in combinazione con misure oggettive. Dai risultati emerse che non ci sono differenze significative nell'incidenza che ha l'illuminazione ambientale sui sintomi astenopici, in riferimento sia a schermi a tubo catodico e sia a schermi a cristalli liquidi, tuttavia, è stato dimostrato che l'illuminazione ambientale altera però la risposta accomodativa <sup>68</sup>.

Si credeva che, dato che i riflessi sono immaginati dietro lo schermo del computer, dei segnali potenzialmente contrastanti potessero creare risposte accomodative inappropriate e influenzare l'ammiccamento <sup>69</sup>. Collins et al., però, trovarono poche prove che confermassero effettivamente che le riflessioni influenzino l'accuratezza della risposta accomodativa del soggetto in condizioni di visione binoculare, misurarono però degli errori in misura lieve, di cca 0.25D, in condizioni di visione monoculare.

Nei casi in cui non è possibile diminuire la luce ambientale, la riduzione dei riflessi e l'aumento del contrasto possono essere ottenuti scegliendo schermi di qualità con curvatura appropriata, spostando lo schermo, modificandone l'altezza o l'inclinazione oppure, come ultima alternativa, ricorrendo a particolari tipi di filtri antiriflesso.

Gli schermi in vendita oggi presentano, nella maggior parte dei casi, una superficie priva di riflessi, e soltanto in casi eccezionali occorre trattarli ulteriormente con speciali tipi di filtri; è utile informare il soggetto che, con questo trattamento superficiale dello schermo, si provoca un peggioramento della qualità dell'immagine.

Inoltre, se per es. lo schermo VDT si trova davanti ad una finestra non oscurata, il filtro non offrirà nessun miglioramento, sarà necessario quindi spostare lo schermo.

I semplici filtri antiriflesso di plastica non sono raccomandabili in quanto subiscono l'effetto riflettente, occorre quindi utilizzare filtri antiriflesso di vetro pluristratificato che riducono efficacemente i riflessi dello schermo. Inoltre, sono molto sensibili alle impronte digitali, le quali compromettono la riproduzione delle immagini, e devono quindi essere puliti regolarmente. Considerando, infine, che la luce ambientale e la luce emessa dallo schermo VDT attraversano il filtro antiriflesso, questi aumentano il contrasto complessivo dell'immagine.

Diversi studi analizzarono l'efficacia dei filtri antiriflesso per alleviare i sintomi; su 60 lavoratori di VDT, 40 dei partecipanti allo studio riferirono meno affaticamento durante il lavoro dopo un mese di utilizzo dei filtri, mentre nei restanti 20 non fu riscontrato nessun miglioramento.

Gli autori conclusero quindi che i filtri antiriflesso potrebbero migliorare le condizioni della percezione visiva e di conseguenza alleviare anche i vari sintomi oculari <sup>70</sup>.

In contrasto con questo studio troviamo uno relativo a 25.064 partecipanti, i quali applicarono dei filtri antiriflesso ai loro schermi, per studiare l'incidenza dell'astenopia. Furono presi in riferimento i giorni settimanali di lavoro al VDT assieme alla durata di osservazione. Il gruppo ha riferito che il filtro da solo non riduceva l'astenopia <sup>71</sup>. È evidente quindi, che sono necessarie ulteriori ricerche per determinare se i filtri antiriflesso siano effettivamente efficaci nell'alleviare i sintomi visivi.

Un'altro parametro importante che influenza il lavoro al VDT è la frequenza di refresh o di aggiornamento, la quale indica quante volte in un secondo lo schermo aggiorna l'immagine. Viene misurata in Hertz (Hz). Nei vecchi monitor a tubo catodico (CRT), il valore di refresh era di 60 Hz, cioè, l'immagine sullo schermo veniva ridisegnata 60 volte al secondo. Al contrario, i nuovi monitor a cristalli liquidi (LCD) possono garantire frequenze di refresh molto più alte e quindi, in questo modo, lo schermo può trasmettere molte più informazioni al secondo.

Se la frequenza di refresh è troppo bassa, i caratteri sullo schermo subiranno il fenomeno dello sfarfallamento (flicker), e cioè, i mutamenti dell'intensità luminosa (entro brevi periodi di tempo), verranno percepiti dall'occhio come sfarfallamento. Il tasso di flicker è di particolare importanza, in quanto, aumentando, diventa un fattore di disagio insopportabile. "Il National Research Council Committee on Vision" ha riferito che frequenze di refresh estremamente basse (da 8 a 14 Hz) potrebbero indurre lamentele soggettive di fastidio, affaticamento e mal di testa <sup>72</sup>, visto che il massimo disagio derivante dallo sfarfallamento si ha tra queste frequenze; a partire da 20 Hz lo sfarfallamento diminuisce sensibilmente, mentre, da 50-60 Hz, sparisce completamente; questa frequenza viene anche definita "frequenza di fusione dello sfarfallamento".

La "Video Electronic Standards Association" ha raccomandato una frequenza di refresh minima di 75 Hz, che minimizza il flicker a tutti i livelli di luminosità.

La frequenza di fusione critica invece, è un'altro parametro che si affianca alla frequenza di aggiornamento, e corrisponde al valore al quale gli esseri umani non possono distinguere più i fasci di luce pulsante come entità separate. Nella maggior parte dei casi questo valore è compreso tra i 30 e i 50 Hz.

Berman et al forniscono prove a sostegno di questa teoria con il loro studio dell'elettroretinogramma (ERG); esso dimostra che una frequenza di refresh molto alta può ridurre i sintomi di affaticamento visivo e aumentare la funzionalità dell'utente. Jashchinski et al. confrontarono una frequenza di refresh di 300 Hz con la frequenza più bassa che non produceva sfarfallamento nei soggetti esaminati (50-90 Hz cca in questo studio).

Alla frequenza di refresh più bassa, diminuiva anche la durata media dell'ammicciamento di circa il 6%, mentre l'intervallo tra un ammicciamento e l'altro aumentava del 15%, questo senza dubbio, riconduce a sintomi di secchezza oculare <sup>73</sup>.

Kennedy e Murray rivelarono inoltre che le frequenze di refresh più basse corrispondevano a saccadi imprecise, meno accurate ed incomplete, che terminavano prima della fine della frase <sup>74</sup>.

Recentemente è stato pubblicato un confronto sulla produttività degli schermi LCD rispetto ai vecchi CRT. Il tempo di ricerca (in millisecondi per riga), il tempo di fissazione (il tempo necessario per estrarre informazioni) e la frequenza di fissazione per linea (numero di fissazioni eseguite per la scansione di una riga) sono stati valutati sfruttando entrambi i tipi di schermi; gli schermi LCD hanno fornito una performance migliore in modo significativo in tutte e tre le categorie.

Lo schermo LCD quindi, è un progresso importante nella tecnologia moderna, ottimizzando la produttività dei lavoratori VDT, minimizzando lo sforzo oculomotore e l'affaticamento visivo della lettura allo schermo.

Per non produrre effetti fisici indesiderati, lo schermo non deve né causare rumori fastidiosi né emanare calore eccessivo, né tantomeno produrre radiazioni nocive.

Gli schermi VDT riproducono segni e grafici che devono essere visibili nel modo migliore possibile, è questa la forma di radiazione che si desidera avere da uno schermo, tuttavia, alcuni esperti affermano che il VDT produce anche altri tipi di radiazioni o campi d'energia, che vengono a crearsi involontariamente.

Di estrema importanza risulta il potenziale rischio per la salute, che persiste nell'opinione pubblica, riguardo le possibili emissioni di radiazioni dai VDT, che potrebbero essere responsabili di effetti pericolosi per l'utente.

Eppure, i VDT non producono né emettono radiazioni beta, gamma e radiazioni X (ionizzanti).

Vengono prodotte solo piccole quantità di radiazioni X cosiddette "molli", ma quasi tutta questa percentuale viene assorbita dal rivestimento di vetro che avvolge lo schermo <sup>75</sup>.

Numerose ricerche hanno mostrato che i raggi prodotti non sono praticamente misurabili a livello della superficie dello schermo, perchè la radiazione dell'ambiente risulta essere notevolmente maggiore, di conseguenza i valori misurati sono nettamente al di sotto dei valori limite per la prescrizione di protezioni individuali dalle radiazioni ionizzanti e per particolari caratteristiche di costruzione degli schermi.

La stampa, tuttavia, continua ad ipotizzare che i VDT possano essere potenzialmente responsabili di problemi alla pelle, aborti spontanei, disturbi somatici ed oculari.

Presso alcuni videoterminalisti dei paesi scandinavi, del Canada e in parte dell'Inghilterra sono state riscontrate delle irritazioni cutanee al viso. Al momento non si sa ancora con certezza se queste irritazioni siano dovute effettivamente all'esposizione ad uno schermo VDT. Si sostiene questa teoria in quanto, probabilmente, le particelle cariche elettricamente sospese in aria, subiscono l'influsso esercitato dal campo elettrostatico dello schermo, depositandosi sulla superficie di quest'ultimo e sulla pelle dell'operatore, provocando irritazioni cutanee. Il fatto che questo tipo di irritazioni vengano riscontrate esclusivamente nei paesi sopracitati, è dovuto all'umidità dell'aria estremamente ridotta a seguito delle basse temperature, soprattutto in inverno.

Alla fine degli anni '80 e all'inizio degli anni '90, la preoccupazione riguardo ai possibili effetti negativi e avversi in gravidanza, derivanti dall'uso di VDT, fu segnalata da gruppi di donne lavoratrici. Una recente revisione tuttavia, ha concluso che per la maggior parte delle donne nei moderni uffici, lavorare al VDT non aumenti il rischio di aborti spontanei.

Riguardo ai disturbi somatici invece, uno studio ha rivelato che la depressione e le ossessioni aumentavano con l'uso del computer, in particolare quando il tempo di esposizione era superiore alle 30 ore settimanali e l'utilizzo di oltre 10 anni <sup>76</sup>.

Tuttavia, i problemi oculari risultano essere i disturbi più frequenti del lavoro al VDT. Numerosi studi hanno dimostrato che non esistono prove a sufficienza per sostenere che, effettivamente, gli operatori VDT affrontino pericoli per la salute o siano esposti a campi di radiazioni elettrica, magnetica o ionizzante, significativamente sopra ai valori della norma.

Oftedal et al. hanno determinato che una riduzione del campo elettrostatico circondante un VDT, attraverso l'uso di un filtro per schermi a condensa elettrica, non ha rivelato una significativa riduzione della gravità dei sintomi oculari <sup>77</sup>.

I dati di questo esperimento però, risultano incoerenti e metodicamente difettosi.

Dovrebbe essere condotta quindi, una ricerca continua per definire e chiarire ulteriormente il rischio di emissione di radiazioni da parte dello schermo VDT <sup>78</sup>.

## 4. POSSIBILI RIMEDI E SOLUZIONI

Senza alcun dubbio, il trattamento dei problemi relativi all'esposizione al videoterminale, richiede un approccio multidirezionale a causa della grande varietà di sintomi lamentati dagli utenti. Per il professionista è essenziale, in questo moderno problema generazionale, ascoltare, esaminare correttamente i vari segni e sintomi ed infine trovare la soluzione adeguata per le esigenze del paziente. Non è realistico aspettarsi che qualsiasi rimedio elimini completamente i problemi collegati al lavoro al computer, in quanto ciò sarebbe possibile solo se si ridurrebbe la durata di lavoro a mezz'ora invece che a più di otto ore, il che risulta impossibile al giorno d'oggi in quanto molti lavori richiedono l'esposizione quotidiana ad uno schermo VDT.

Inoltre, numerosi utenti di computer non conoscono del tutto gli effetti collaterali sul sistema visivo e oculare, conseguenti all'esposizione prolungata al VDT; i problemi principali vengono lamentati, come abbiamo già discusso, successivamente ad una riduzione dell'ammiccamento. Informare gli utenti quindi, e modificare il più possibile le postazioni di lavoro, può essere di grande aiuto per alleviare i sintomi.

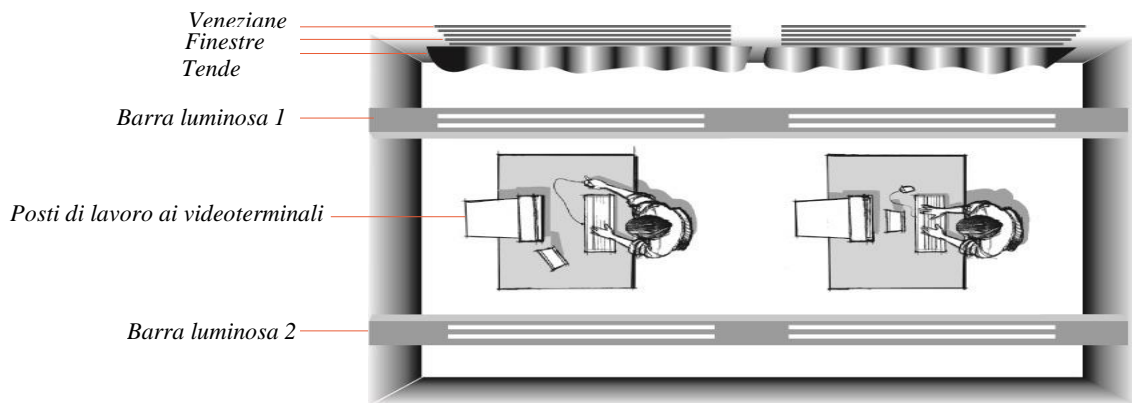
Durante il trattamento, dunque, è di fondamentale importanza considerare sia la terapia oculare che l'ergonomia dei posti di lavoro per una postura corretta, in un approccio che possiamo definire "ergo-optometrico".

Come accennato in precedenza, un'illuminazione corretta dell'ambiente di lavoro consentirà all'operatore di migliorare il comfort visivo e le prestazioni lavorative, eliminando i possibili riflessi e/o abbagliamenti, l'affaticamento e aumentando il contrasto sullo schermo. Le due operazioni principali che il sistema visivo dell'operatore è chiamato a svolgere davanti allo schermo VDT, determinano, per quanto riguarda l'illuminazione, esigenze opposte. Per la lettura del testo da digitare e per la digitazione sulla tastiera, viene preferita un'illuminazione elevata, mentre, per la lettura allo schermo, è importante il contrasto fra i caratteri e lo sfondo, contrasto che, come ben sappiamo, tende a diminuire con un'illuminazione ambientale elevata. È possibile fissare come valore di illuminamento minimo il valore di 500 lx, il quale è presente in tutti gli schermi di qualità attualmente sul mercato. Se l'operatore VDT è una persona di una certa età, l'illuminazione può essere aumentata fino a 1000 lx per facilitare il lavoro, e questo valore di illuminamento dovrebbe essere ottenuto localmente con l'aiuto per es. delle lampade da tavolo.

Un'ambiente ideale consente un'illuminazione uniforme in tutto il campo visivo dell'operatore <sup>79</sup>; le luci fluorescenti possono essere ridotte rimuovendo alcuni dei tubi di



illuminazione, e si consiglia inoltre, di scegliere delle lampade fluorescenti di colore bianco neutrale in modo da generare una piacevole colorazione ambientale. Queste lampade devono essere del tipo a barre e posizionate parallelamente rispetto alle finestre (Fig. 8).



*Figura 8: Ubicazione dei posti di lavoro al VDT e disposizione dell'illuminazione nei locali dotati di finestre estratta da Walter Lips, Carlo Matzinger, Helmut Krueger, Christoph Schierz; Il lavoro al videotermine: Informazioni dettagliate per specialisti e non; XX edizione; 2003*

Se l'ambiente è privo di finestre allora le fonti luminose vanno posizionate in senso parallelo alla direzione di sguardo.

La luce diurna proveniente dalle finestre invece, è un mezzo inadeguato per illuminare i posti di lavoro VDT, in quanto soggetta ad elevate oscillazioni giornaliere.

Poiché la maggior parte degli uffici dotati di videoterminali presentano finestre, occorre osservare che davanti e dietro lo schermo non devono esserci finestre e quindi i posti di lavoro dovrebbero essere sistemati, ove è possibile, lontano da esse, la direzione primaria di sguardo deve trovarsi parallela rispetto alle finestre ed inoltre devono venir oscurate il più possibile. Un'eccessiva illuminazione delle finestre dovrebbe essere filtrata con persiane, rouleau, rivestimenti appositi, tendaggi e vari tipi di colorazione.

Se l'illuminazione ambientale non può essere evitata, sarà necessario spostare la postazione di lavoro in una posizione più favorevole per l'operatore <sup>80</sup>.

Un'altro fattore da considerare sono le lampade da tavolo. Esse dovrebbero essere a incandescenza, e possedere la caratteristica di contenere più colore rosso, per diminuire l'abbagliamento e l'affaticamento visivo dell'operatore <sup>81</sup>. In generale però queste lampade sono troppo luminose, quindi è molto importante posizionarle con attenzione nella

posizione giusta, evitando di abbagliare troppo il soggetto e/o formare dei riflessi sullo schermo.

È necessario inoltre ridurre il flusso d'aria, e cioè non posizionare ventilatori verso gli occhi, ed evitare le zone asciutte (aria condizionata), in quanto peggiorano ulteriormente la secchezza oculare. Tutte le direttive nazionali e internazionali raccomandano un'umidità relativa non superiore al 30%; in caso di tempo molto freddo possono essere tollerati anche valori attorno al 20%.

Nelle vicinanze dei posti di lavoro al VDT non devono esserci apparecchi o macchine rumorose, il valore mirato dovrebbe essere entro i 35 ed i 45 dB(A).

Gli operatori di VDT spesso assumono posizioni scomode e scorrette per visualizzare meglio lo schermo, e questo si traduce, come già visto in precedenza, in dolore alla schiena, al collo e alle spalle. È quindi importante distanziare correttamente lo schermo e mantenerne una corretta altezza per migliorare le prestazioni degli utenti, l'occhio, dovrebbe trovarsi quindi, ad una distanza compresa tra 40 e 80 cm dallo schermo. Distanze al di fuori di questo intervallo indicano una scarsa risoluzione o immagini troppo piccole.

Si raccomanda inoltre, di posizionare lo schermo a 20 gradi sotto la linea primaria di sguardo, in quanto, trovandosi più in alto, gli utenti VDT saranno costretti ad inclinare le loro teste all'indietro, causando successivamente affaticamento dei muscoli del collo ed eccessiva evaporazione del film lacrimale, la rima palpebrale risulterà molto più aperta in questa posizione, rispetto a quando si guarda verso il basso <sup>82,83</sup>. Abbassando lo schermo quindi, l'operatore VDT è costretto a guardare verso il basso, in questo modo la rima palpebrale risulta meno aperta, e la superficie oculare meno esposta all'ambiente esterno, diminuendo il rischio di evaporazione <sup>84</sup>, Kietrys et al. riportano inoltre, che un monitor posizionato troppo in alto aggrava lo stress posturale della colonna vertebrale.

Per quanto riguarda la tastiera del computer, essa dovrebbe essere spostabile liberamente, in questo modo si ha la possibilità di posizionala in funzione delle esigenze lavorative (per es. davanti allo schermo o al documento su carta che si intende digitare). La fila mediana dei tasti dovrebbe trovarsi a 3 cm dal piano di lavoro e avere un'inclinazione in avanti di circa 5°-15° rispetto al piano orizzontale; in aggiunta, tra la tastiera e il bordo del tavolo dovrebbe esserci uno spazio di 10-20 cm per poter favorire l'appoggio dei polsi <sup>85</sup>. La superficie della tastiera deve inoltre essere opaca, non solo per evitare i riflessi fastidiosi per l'utente, ma anche per facilitare la leggibilità delle diciture sui tasti. Il grado di riflessione della tastiera quindi, dovrebbe collocarsi sempre tra il 30 ed il 60%, con colori neutrali di media tonalità che vanno dal grigio al marrone, o anche al verde. La grandezza, la forma e la disposizione dei tasti e degli spazi intermedi devono tenere

ampiamente conto della posizione naturale e abituale delle dita, quindi, si preferiscono di gran lunga tastiere con determinati tasti concavi <sup>86</sup>. Oggi sul mercato ci sono dei particolari tipi di tastiere pieghevoli a metà le quali creano condizioni più favorevoli per la posizione delle mani.

Per favorire ulteriormente la posizione naturale delle mani e non creare disagi all'operatore, occorre prestare attenzione anche al design del mouse.

Il lavoro di un videoterminalista consiste nel digitare allo schermo testi scritti a mano o stampati. La leggibilità di questi documenti è decisamente peggiore dell'immagine digitale, e quindi per non creare disagi visivi all'operatore, è necessario che i testi da digitare siano di buona qualità; fra la scrittura del testo ed il rispettivo sfondo deve esserci un sufficiente contrasto ed i caratteri devono avere contorni nitidi. Sono quindi da evitare (per quanto possibile) testi su fogli trasparenti, fotocopie e copie mal eseguite. La carta leggermente colorata non crea nessun inconveniente, basta evitare però colori troppo intensi. Quando l'operatore è costretto a spostare continuamente lo sguardo dallo schermo al testo, e viceversa, occorre badare che la distanza tra il testo e lo schermo sia uguale, in modo da evitare continue variazioni accomodative.

Il piano di lavoro deve offrire posto sufficiente per le attività da svolgere, in più, la superficie di quest'ultimo non deve essere di materiale freddo al tatto e deve inoltre possedere una colorazione neutrale, con un grado di riflessione tra il 20 ed il 50%. Conformemente alle raccomandazioni internazionali, per i posti di lavoro dotati di videoterminali si consiglia di usare tavoli della lunghezza minima di 120 cm con 80 cm di profondità. Ergonomicamente migliori però, sarebbero tavoli di 160 cm di lunghezza con 90 cm di profondità <sup>87</sup>.

Lo scrittoio o scrivania alta, fa ancora parte integrante di un ufficio classico, anche se non è però consigliabile per i posti di lavoro dei videoterminalisti. Sono invece idonee scrivanie che, possono essere trasformate da scrivanie normali a scrivanie alte, in modo che il passaggio dalla posizione seduta alla posizione in piedi rilassi i muscoli e riduca i disturbi dovuti alla mancanza di movimento.

In numerose pubblicazioni, per posizione seduta corretta davanti allo schermo, viene intesa quella con tronco eretto. Da inchieste svolte risulta che il 90% dei lavoratori videoterminalisti assuma una posizione inclinata all'indietro, aumentando la pressione esercitata sulla colonna vertebrale.

Al fine di evitare quindi le posture forzate e i disturbi che ne derivano, occorre tener conto, nell'insieme, della corretta posizione della testa, delle braccia, delle mani e delle gambe, grazie ai sistemi appena descritti, per ottenere un'ergonomia lavorativa quanto più fisiologica e limitare i danni ed i disagi sempre più comuni dei lavoratori videoterminalisti. Secondo le constatazioni fatte da diversi specialisti quindi, la posizione

preferita per il lavoro al VDT è quella leggermente reclinata ed infine i singoli elementi del posto di lavoro devono poter essere regolati in modo da adattarli alle varie esigenze dei soggetti (Fig. 9).



*Figura 9: Posizione corretta al videoterminale estratta da Walter Lips, Carlo Matzinger, Helmut Krueger, Christoph Schierz; Il lavoro al videoterminale: Informazioni dettagliate per specialisti e non; XX edizione; 2003*

L'installazione dei posti di lavoro ed il successivo adattamento delle sue componenti, devono essere realizzati e controllati da uno specialista incaricato dalla direzione aziendale.

Inoltre, va ricordato il ruolo che ha la frequenza di ammiccamento nel meccanismo patofisiologico della disfunzione delle ghiandole di Meibomio; per prevenire in parte questa alterazione, si possono massaggiare gli occhi occasionalmente con movimenti circolari, portando ad un aumento di secrezione lipidica da parte delle ghiandole, e diminuendo successivamente la percentuale di evaporazione e secchezza oculare.

La ricerca ha dimostrato che quando si effettuano pause regolari, l'efficienza sul posto di lavoro effettivamente migliora. Il "National Institute of Occupational Safety and Health" ha scoperto che brevi e frequenti pause hanno dimostrato una riduzione dei disagi lavoro/correlati ed un aumento della produttività lavorativa<sup>88</sup>. Fare una breve passeggiata per l'ufficio ogni tanto inoltre, rilassa i muscoli tesi, fa cambiare "scenario" e riduce la quantità di stress accumulato.

Lunghi periodi di lavoro (>4 ore) senza alcune interruzioni possono incrementare i sintomi oculari e portare ad astenopia, si raccomandano quindi, frequenti pause per rilassare l'accomodazione, che è in spasmo a causa della stimolazione costante su un

punto fisso, e per diminuire la concentrazione rivolta verso lo schermo, in modo da poter ripristinare la frequenza di ammiccamento.

Una volta si riteneva che distogliere lo sguardo dallo schermo verso un oggetto distante almeno due volte all'ora sarebbe stato sufficiente per la prevenzione dell'affaticamento visivo <sup>89</sup>, oggi invece, si reputa essenziale utilizzare la regola del 20-20-20 creata dall' "American Optometric Association". Questa regola consiglia di fare una pausa ogni 20 minuti per 20 secondi, guardando in lontananza ad una distanza di 20 piedi (circa sei metri), in questo modo l'accomodazione viene rilassata in maniera maggiore e più frequentemente, ed inoltre si possono evitare, almeno in parte, i sintomi di secchezza oculare.

Oltre alle frequenti pause e all'ergonomia dei posti di lavoro, uno dei rimedi più semplici per alleviare i sintomi di DED, consiste nel lubrificare la superficie oculare mediante l'instillazione di sostituti lacrimali. I sostituti lacrimali però, vengono considerati "l'ultima spiaggia", si preferisce utilizzarli solo quando tutti gli altri rimedi non sono stati efficaci, e per di più va ricordato al soggetto che essi agiscono solo per 15-20 minuti, passati i quali sarà necessaria una nuova instillazione. Tutto ciò può essere considerato un limite per l'operatore di VDT e può creare dipendenza. Inoltre, va sottolineato che alcuni conservanti presenti all'interno dei sostituti lacrimali multidose possono esacerbare la sintomatologia dell'occhio secco, per l'aumento della permeabilità epiteliale, anche se sono necessari per prevenire la contaminazione microbica <sup>90</sup>.

Si consigliano quindi sostituti lacrimali monodose, utilizzabili per una sola applicazione, che non presentano conservanti all'interno. La vasta disponibilità di preparazioni senza conservanti permette ai pazienti di usare i sostituti lacrimali in maniera più frequente senza doversi preoccupare dei possibili effetti tossici.

L'inflammatione della superficie oculare associata all'occhio secco è aggravata dall'uso di sostituti lacrimali con conservanti; tuttavia, gli stessi sostituti lacrimali senza conservanti non sono in grado di migliorare l'inflammatione della superficie e le alterazioni epiteliali riscontrate nell'occhio secco <sup>91</sup>.

Il cloruro di benzalconio per es., è il conservante più usato nei sostituti lacrimali topici ed i suoi effetti tossici sull'epitelio sono stati dimostrati <sup>92,93</sup>. La tossicità del BAK è legata alla sua concentrazione, alla frequenza del dosaggio, al livello della secrezione lacrimale e alla gravità dell'alterazione della superficie oculare. Inoltre, il BAK può danneggiare l'epitelio corneale e congiuntivale, intaccando le giunzioni tra le cellule, la forma delle cellule, i microvilli e portando infine alla necrosi cellulare con la perdita di 1-2 strati di cellule epiteliali <sup>94</sup>. I sostituti lacrimali monodose senza conservanti però, sono più costosi

per il produttore, più costosi per i pazienti e meno pratici da usare rispetto ai lubrificanti oculari in boccetta.

Le lacrime dei pazienti che soffrono di secchezza oculare mentre lavorano ad uno schermo VDT, presentano, nella maggior parte dei casi, un'osmolarità del film lacrimale più alta rispetto ad altri soggetti <sup>95,96</sup>. Un'alta osmolarità del film lacrimale causa dei cambiamenti morfologici e biochimici all'epitelio corneale e congiuntivale e agevola l'infiammazione <sup>97</sup>. Questa consapevolezza ha influenzato lo sviluppo di lacrime artificiali ipo-toniche per ripristinare la corretta fisiologia cellulare.

Abelson afferma: «Un sostituto lacrimale da banco può ripristinare il corretto volume di film lacrimale, ribagnare la superficie oculare e mantenere il corretto equilibrio di sali e acidità durante il lavoro al videoterminale». È importante, tuttavia, trovare il sostituto lacrimale adeguato per ogni singolo utente. Un recente studio giapponese ha rivelato che, la maggioranza degli utenti VDT, non era soddisfatta degli effetti terapeutici della maggior parte dei sostituti lacimali oggi presenti sul mercato <sup>98</sup>, anche se, venne successivamente scoperto, che i sostituti lacimali viscosanti sono molto vantaggiosi per alleviare i sintomi di secchezza oculare; essi normalizzano gli intervalli tra un ammiccamento e l'altro, anche se non vanno ad influire sulla frequenza di ammiccamento, proteggono l'epitelio corneocongiuntivale ed inoltre aumentano la resistenza del fluido al deflusso, aumentando il tempo di trattenimento del sostituto lacrimale e migliorando successivamente il comfort del paziente.

Sfortunatamente, questi sostituti lacimali viscosanti, se usati in concentrazioni da 0,5 a 1%, causano una diminuzione di acuità visiva complessiva, residui fastidiosi sulle palpebre e sono controindicati per i portatori di lenti a contatto morbide. Si preferisce quindi usare una concentrazione da 0,3 a 0,5%.

La frequente applicazione di sostituti lacimali viscosanti, la presenza di occhiali a camera umida o l'occlusione dei puntini lacimali mediante trattamento chirurgico sono state a lungo considerate strategie di gestione base per i sintomi dell'occhio secco. Tuttavia, questi trattamenti sono limitati alla conservazione del liquido lacrimale per evitare la disidratazione della superficie oculare. Le evidenze di studi epidemiologici sull'uomo e sui modelli animali di occhio secco al VDT, suggeriscono che la modulazione farmacologica della disfunzione della ghiandola lacrimale principale, può essere un trattamento prospettico per questo tipo di DED. Pertanto, la scoperta e lo sviluppo di nuovi interventi preventivi per mantenere in buona salute la funzionalità della ghiandola lacrimale, potrebbe essere al centro delle attività future.

Basandosi su questa teoria, diversi gruppi di studio hanno proposto vari rimedi naturali per combattere i problemi relativi all'occhio secco; i prodotti dell'apicoltura per es. sono profondamente radicati in culture diverse in tutto il mondo, la pappa reale, ha dimostrato

di possedere numerosi effetti biologici, come attività antibatteriche, antinfiammatorie e ipotensive <sup>99,100,101</sup>. Sfruttando anche in questo caso il modello animale dei topi, si sono studiati gli effetti migliorativi della pappa reale somministrata per via orale. Quest'ultima ha ripristinato la capacità di secrezione lacrimale, e insieme a questo effetto ha mostrato una conservazione dell'energia della ghiandola lacrimale principale, essenziale per mantenere i processi di secrezione. Un'altro studio ha analizzato invece, sempre sfruttando il modello animale, gli estratti di bacche naturali come integratori alimentari, grazie alle loro potenti proprietà antiossidanti <sup>102</sup>.

L'estratto di bacche di Maqui (*Aristotelia chilensis*) proviene dalla coltivazione nella Patagonia (Sud America) ed è stata utilizzata a lungo tempo nella medicina tradizionale per il trattamento infiammatorio dell'occhio secco (riducendo l'epiteliopatia corneale), preservando la secrezione lacrimale e sopprimendo le modificazioni patofisiologiche della ghiandola lacrimale <sup>103</sup>, gli effetti di questi estratti eliminano, quindi, lo stress ossidativo. È stata segnalata inoltre, l'assunzione dietetica di olivello spinoso, olio di bacche estratto da una pianta coltivata nelle aree centrali e settentrionali dell'Euroasia, il quale possiede anche la proprietà di ripristinare la secrezione lacrimale nei soggetti affetti da secchezza oculare <sup>104</sup>.

Oltre a questi ingredienti naturali, ricordiamo anche gli acidi grassi polinsaturi e saturi, riconosciuti come nutrienti essenziali per fonti energetiche, componenti strutturali vitali e importanti molecole di segnalazione cellulare con molteplici effetti biologici, ed in più i probiotici.

I probiotici sono integratori alimentari composti da micro-organismi vivi, che posseggono effetti benefici sulla salute dell'uomo. In particolare, il probiotico *Enterococcus faecium* WB2000 si è dimostrato efficace in alcuni soggetti, per mitigare in modo dose-dipendente la diminuzione della produzione lacrimale e sopprimere le alterazioni patofisiologiche della ghiandola lacrimale <sup>105</sup>.

Tutti questi risultati indicano che, la somministrazione orale di ingredienti naturali, è una possibile terapia per alleviare i sintomi di DED associati al videoterminalista.

Sono necessari però, ulteriori studi clinici su operatori di VDT affetti da occhio secco, con somministrazione diretta di questi particolari ingredienti, rispetto ai controlli placebo già effettuati in passato, per dimostrare effettivamente l'utilità dei rimedi naturali nella gestione del DED associato al VDT.

Un'altro rimedio che possiamo prendere in considerazione per combattere la secchezza oculare, riguarda gli aspetti nutrizionali. Facendo attenzione a quello che si mangia regolarmente, si possono ottenere miglioramenti nella qualità della secrezione lacrimale e delle cellule epiteliali, ed in più prevenire effetti infiammatori.

Gli acidi grassi Omega 3 contenuti per es. nel salmone, nella trota, nel merluzzo, ed in altre varietà di pesci, migliorano la secrezione lipidica e proteica essenziale per una corretta stabilità del film lacrimale. La vitamina E funge da forte antiossidante degli Omega 3 e reidrata le cellule, assieme alle vitamine B,C ed al Magnesio che facilitano la conversione ed il metabolismo degli Omega 3. La vitamina A invece, rinforza l'epitelio e ne facilita il trofismo, in più migliora lo stato di salute delle cellule caliciformi. Si consiglia di fare attenzione ai cibi raffinati come dolcificanti, zuccheri, latte pastorizzato, grano o frumento trattato, carne rossa e grassi saturi, in quanto questi cibi facilitano le infiammazioni croniche, le risposte allergiche ed infine aumentano la ritenzione idrica.



## CONCLUSIONI

Nel presente lavoro, dunque, si è voluto dimostrare come una eccessiva esposizione al VDT possa compromettere la salute dei lavoratori, sia in termini di postura che in termini di malesseri fisici come la visione, il mal di testa e lo stress. Inoltre, abbiamo avuto modo di constatare che con la conoscenza di tutte queste problematiche si può cercare di prevenirle, magari con un uso più adeguato di videotermini sia al lavoro che nella vita di tutti i giorni.

L'eccessiva esposizione ai VDT può provocare problemi oculari quali la sindrome dell'occhio secco, il che si verifica soprattutto in età avanzata, per modifiche fisiologiche che si presentano.

Per quanto riguarda il DED in termini generali, assistiamo ad alterazioni croniche, e per tale ragione si rende necessario un trattamento a lungo termine;

Invece, per quanto riguarda il DED secondario all'esposizione al VDT, occorre diagnosticare per tempo l'alterazione in modo da poter agire subito sull'ergonomia dei posti di lavoro e, dove necessario, prescrivere sostituti lacrimali. In riferimento ai rimedi naturali, occorreranno studi più approfonditi in merito, prima di poterli prescrivere direttamente ai vari soggetti.

Molti videotermini sono progettati ed introdotti negli ambienti di lavoro con scarsa considerazione dell'ergonomia e dei problemi visivi e oculari lamentati dagli utenti. Questo indica che, al giorno d'oggi, si dovrebbe prestare più attenzione a come viene costruita una postazione lavorativa.

Quando si parla di lavoro al VDT non si può non affrontare il problema ergonomia.

Questa disciplina si occupa dell'adattamento delle condizioni di lavoro alle capacità e alle caratteristiche del lavoratore. L'obiettivo dell'ergonomia è promuovere il benessere e la salute sul lavoro. Se il sovraccarico per l'individuo sul lavoro è minimo, a beneficiarne saranno la qualità e la produttività del suo lavoro.

Esistono, inoltre, come abbiamo visto, una vasta gamma di conoscenze relative alla qualità dell'immagine sullo schermo, all'illuminazione ambientale, ai riflessi e al design del posto di lavoro che vengono spesso trascurate, motivo per cui è probabile che le preoccupazioni e le problematiche relative alle prestazioni dei lavoratori videotermini siano sottovalutate nella progettazione delle apparecchiature VDT.

È quindi necessario trovare soluzioni specifiche per applicare queste conoscenze e per migliorare il comfort, le prestazioni e la soddisfazione personale dei lavoratori di VDT.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 Donald T. Tan, Roger W. Beuerman; Ocular Surface Research at the Singapore Eye Research Institute; in: *The Ocular Surface*; 2009; 7; 115-117
- 2 Luciano Liuzzi, Franco Bartoli; Film lacrimale precorneale; in: *Manuale di Oftalmologia*; IV edizione; Edizioni Minerva Medica; 2009
- 3 Christopher D. Conrady, Zachary P. Joos, Bhupendra C. K. Patel; *The Lacrimal Gland and Its Role in Dry Eye*; 2016
- 4 Rossetti A., Gheller P.; Apparato lacrimale; in: *Manuale di optometria e contattologia*; II edizione; Zanichelli; 2003
- 5 Rossetti A., Gheller P.; Film lacrimale; in: *Manuale di optometria e contattologia*; II edizione; Zanichelli; 2003
- 6 Stern ME., Beuerman RW., Fox RI., et al.; The pathology of dry eye and the interaction between the ocular surface and lacrimal glands; in: *Cornea*; 1998; 17:584-9
- 7 Baudouin C.; The pathology of dry eye; in: *Surv Ophthalmol*; 2001; 45; 2:S211-20
- 8 Xu KP., Yagi Y., Tsubota K.; Decrease in corneal sensitivity and change in tear function in dry eye; in: *Cornea*; 1995; 15:235-9
- 9 Bourcier T., Acosta MC., Borderie V., et al.; Decreased corneal sensitivity in patients with dry eye; in: *Invest Ophthalmol Vis Sci*; 2005; 46:2341-5
- 10 Benitez-Del-Castillo JM., Acosta MC., Wassfi MA., et al.; Relation between corneal innervation with confocal microscopy and corneal sensitivity with noncontact esthesiometry in patients with dry eye; in: *Invest Ophthalmol Vis Sci*; 2007; 48:173-81
- 11 Schaumberg DA., Sullivan DA., Buring JE., Dana MR.; Prevalence of dry eye syndrome among US women; in: *J Ophthalmol*; 2003; 136; 318-26

- 12 Miljanovic B., Dana MR., Sullivan DA., Schaumberg DA.; Prevalence and risk factors for dry eye syndrome among older men in the United States; in: Invest Ophthalmol Vis Sci; 2007 (ARVO abstract)
- 13 Foulks G., Bron AJ.; A clinical description of meibomian gland dysfunction; The Ocular Surface; 2003:107-26
- 14 Tsubota K., Nakamori K.; Effects of ocular surface area and blink rate on tear dynamics; in: Arch Ophthalmol 1995; 113:155-8
- 15 Scherz W., Dohlman CH.; Is the lacrimal gland dispensable? Keratoconjunctivitis sicca after lacrimal gland removal; in: Arch Ophthalmol; 1975; 93:81-3
- 16 Julian Ambrus; Sjogren's Syndrome; in: Clinical Immunology; 2017
- 17 Davidoff E., Friedman AH.; Congenital alacrima; in: Surv Ophthalmol; 1977;22:113-9
- 18 Scherz W., Dohlman CH.; Is the lacrimal gland dispensable? Keratoconjunctivitis sicca after lacrimal gland removal; in: Arch Ophthalmol; 1975; 93:81-3
- 19 Power WJ., Ghoraishi M., Merayo-Llodes J., et al.; Analysis of the acute ophthalmic manifestations of the erythema multiforme/Stevens-Johnson syndrome/toxic epidermal necrolysis disease spectrum; in: Ophthalmology; 1995; 102:1669-76
- 20 Cavanagh HD., Colley AM.; The molecular basis of neurotrophic keratitis; in: Acta Ophthalmol Suppl; 1989; 192:115-34
- 21 Report of the Diagnosis and Classification Subcommittee of the Dry Eye WorkShop (DEWS); Definition and Classification of Dry Eye; in: The Ocular Surface; 2007
- 22 Rossetti A., Gheller P.; Il film lacrimale; in: Manuale di optometria e contattologia; II edizione; Zanichelli; 2003
- 23 Rossetti A., Gheller P.; Il film lacrimale; in: Manuale di optometria e contattologia; II edizione; Zanichelli; 2003

24 Hirschberg, J.; *The History of Ophthalmology*, Translated by FC. Blodi; Wayenborgh; Bonn, West Germany; 1982; p. 73

25 Asbell, P., A, Lemp, M., A.; *Dry Eye Disease: The Clinician's Guide to Diagnosis and Treatment*; Thieme Publications; 2006; p. 73

26 Asbell, P., A, Lemp, M., A.; *Dry Eye Disease: The Clinician's Guide to Diagnosis and Treatment*; Thieme Publications; 2006; p. 73

27 Briggs, R.; Safety and health effects of visual display terminals; in: *Patty's Industrial hygiene and toxicology*; GD Clayton, FE Clayton; IV edizione; 1991; 1; p. 61

28 Kahn, J., Fitz, J., Psaltis, P., Ide CH.; Prolonged complementary chromatopsia in users of video display terminals; in: *Ophthal* 1984; p. 56

29 Briggs, R.; Safety and health effects of visual display terminals; in: *Patty's Industrial hygiene and toxicology*; GD Clayton, FE Clayton; IV edizione; 1991; 1; p.79

30 D.Lgs. 4/2008, n. 81 - Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro – Allegati

31 Sheedy JE.; Vision problems at video display terminals: a survey of optometrists; in: *J Am Optom Assoc*; 1992; 63:687–92

32 Bachman WG.; Computer-specific spectacle lens design preference of presbyopic operators; *J Occup Med*; 1992; 34:1023–7

33 Sheedy JE.; Presbyopia and Computer Users; *Refract Eyecare Ophthalmol*; 1999;3:5-9

34 Lazarus SM.; The use of yoked base-up and base-in prism for reducing eye strain at the computer; *J Am Optom Assoc*; 1996; 67:204–8

35 Wolkoff P.; Ocular discomfort by environmental and personal risk factors altering the precorneal tear film; in: *Toxicol Lett.*; 2010; 199:203–212

36 Uchino M., Uchino Y., Dogru M., et al.; Dry eye disease and work productivity loss in visual display users: the Osaka study; in: *J Ophthalmol*; 2014; 157:294–300

- 37 Uchino M., Schaumberg D. A., Dogru M. et al.; Prevalence of dry eye disease among Japanese visual display terminal users; in: *Ophthalmology*; 2008; 115:1982-1998
- 38 Rossignol A. M., Morse E. P., Summers V. M., Pagnotto L. D.; Visual display terminal use and reported health symptoms among Massachusetts clerical workers; in: *K Occup Med*; 1987; 29:112-118
- 39 Nakamura S., Kinoshita S., Yokoi N., et al.; Lacrimal hypofunction as a new mechanism of dry eye in visual display terminal users; in: *PLoS One*; 2010; 5:e11119
- 40 Dartt DA.; Neural regulation of lacrimal gland secretory processes: relevance in dry eye diseases; in: *Prog Retin Eye Res.*; 2009; 28:155–177
- 41 Acosta MC., Gallar J., Belmonte C.; The influence of eye solutions on blinking and ocular comfort at rest and during work at video display terminals; in: *Exp Eye Res*; 1999; 68:663–9
- 42 Patel S., Henderson R., Bradley L., et al.; Effect of visual display unit use on blink rate and tear stability; in: *Invest Optom Vis Sci*; 1991; 68:888–92
- 43 Yamada F.; Frontal midline theta rhythm and eyeblinking activity during a VDT task and a video game: useful tools for psychophysiology in ergonomics; in: *Ergonomics*; 1998; 41:678– 88
- 44 Naase T., Doughty MJ., Button NF.; An assessment of the pattern of spontaneous eye blink activity under the influence of topical ocular anaesthesia; in: *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*; 2005; 243(4):306-12
- 45 Goto E., Yagi Y., Matsumoto Y., Tsubota K.; Impaired functional visual acuity of dry eye patients; in: *J Ophthalmol*; 2002; 133(2):181-6
- 46 Craig JP., Tomlinson A.; Importance of the lipid layer in human tear film stability and evaporation; *Invest Optom Vis Sci*; 1997; 74(1):8-13
- 48 Kunal Kanitkar, Alan N. Carlson, Richard Yee.; *Review of Ophthalmology*; 2005

- 49 Smith MJ.; Psychosocial aspects of working with video display terminals (VDTs) and employee physical and mental health; in: *Ergonomics*; 1997; 40:1002–1015
- 50 Nakamura S., Shibuya M., Nakashima H., Imagawa T., Uehara M., Tsubota K.; D-beta-hydroxybutyrate protects against corneal epithelial disorders in a rat dry eye model with jogging board; in: *Invest Ophthalmol Vis Sci*; 2005; 46:2379–2387
- 51 French K., Veys J.; In the blink of an eye; in: *Optometry today*; 2007
- 52 Anshel J.; Contact lenses and VDT's; in: *CL Spectrum*; 1999
- 53 Tsubota K., Yamada M.; Tear evaporation from the ocular surface; in: *Ophthalmol Vis Sci*; 1992; 33:2942-2950
- 54 Ide T., Toda I., Miki E., et al.; Effect of blue light-reducing eye glasses on critical flicker frequency; in: *Asia Pac J Ophthalmol*; 2015; 4:80–5
- 55 Carter JB., Banister EW.; Musculoskeletal problems in VDT work: a review; in: *Ergonomics*; 1994; 37:1623–48
- 56 Sotoyama M., Villanueva MB., Jonai H., et al.; Ocular surface area as an informative index of visual ergonomics; in: *Ind Health*; 1995; 33:43–55
- 57 Udo H., Tanida H., Itani T., et al.; Visual load of working with visual display terminals—introduction of VDT to newspaper editing and visual effect; in: *J Hum Ergol; Tokyo*; 1991; 20:109– 21
- 58 Shimmura S, Shimazaki J, Tsubota K: Results of a population-based questionnaire on the symptoms and lifestyles associated with dry eye; in: *Cornea*; 1999; 18:408–11
- 59 Wiggins NP., Daum KM., Snyder CA.; Effects of residual astigmatism in contact lens wear on visual discomfort in VDT use; in: *Optom Assoc*; 1992; 63:177–81
- 60 Hikichi T., Yoshida A., Fukui Y. et al.; Prevalence of dry eye in Japanese eye centers; in: *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*; 1995; 233(9):555-8

- 61 Rinalducci EJ., Chairman; Video displays, work, and vision; National Research Council, Committee on Vision; National Academy Press; Washington, DC; 1983
- 62 Jaschinski W., Bonacker M., Alshuth E.; Accommodation, convergence, pupil diameter and eye blinks at a CRT display flickering near fusion limit; in: *Ergonomics*; 1996; 39:152–64
- 63 Ziefle M.; Effects of display resolution on visual performance; in: *Hum Factors*; 1998; 40:554–68
- 64 Thomson WD.; Eye problems and visual display terminals—the facts and the fallacies; in: *Ophthalmic Physiol Opt*; 1998; 18:111–9
- 65 Costanza MA; Visual and ocular symptoms related to the use of video display terminals. *J Behav Optom* 5:31–6, 1994
- 66 Campbell FW., Durden K.; The visual display terminal issue: a consideration of its physiological, psychological and clinical background; in: *Ophthalmic Physiol Opt*; 1983; 3:175–92
- 67 Taptagaporn S., Saito S.; How display polarity and lighting conditions affect the pupil size of VDT operators; *Ergonomics*; 1990; 33:201–8
- 68 Wolska A., Switula M.; Luminance of the surround and visual fatigue of VDT operators; *J Occup Saf Ergon*; 1999; 5:553– 81
- 69 Tsubota K., Miyake M., Matsumoto Y., et al.; Visual protective sheet can increase blink rate while playing a hand-held video game; in: *J Ophthalmol*; 2002; 133:704–5
- 70 Tsubota K., Miyake M., Matsumoto Y., et al.; Visual protective sheet can increase blink rate while playing a hand-held video game; in: *J Ophthalmol*; 2002; 133:704–5
- 71 Scullica L., Rechichi C., De Moja` CA.; Protective filters in the prevention of asthenopia at a videodisplay terminal; in: *Percept Mot Skills*; 1995; 80:299–303
- 72 Costanza MA.; Visual and ocular symptoms related to the use of video display terminals; in: *J Behav Optom*; 1994; 5:31–6

- 73 Jaschinski W., Bonacker M., Alshuth E.; Accommodation, convergence, pupil diameter and eye blinks at a CRT display flickering near fusion limit; in: *Ergonomics*; 1996; 39:152–64
- 74 Kennedy A., Murray WS.; The effects of flicker on eye movement control; in: *Q J Exp Psychol A*; 1991; 43:79–99
- 75 Costanza MA.; Visual and ocular symptoms related to the use of video display terminals; in: *J Behav Optom*; 1994; 5:31–6
- 76 Wang W.; Study on the psychological status of video display terminal operator; in: *Wei Sheng Yen Chiu*; 1998; 27:233–6
- 77 Oftedal G., Nyvang A., Moen BE.; Long-term effects on symptoms by reducing electric fields from visual display units; in: *Scand J Work Environ Health*; 1999; 25:415–21
- 78 Kirsner RS., Federman DG.; Video display terminals: risk of electromagnetic radiation; in: *South Med J*; 1998; 91:12–6
- 79 Abelson MB.; How to Fight Computer Vision Syndrome; *Rev Ophthalmol*; 1999; 144-6
- 80 Sellers D.; *25 Steps to Safe Computing*; Peachpit Press; Berkeley, CA; 1995
- 81 Cheu RA.; Good vision at work; in: *Occup Health Saf*; 1998; 67:20–4
- 82 Sheedy JE.; Vision problems at video display terminals: a survey of optometrists; in: *J Am Optom Assoc*; 1992; 63:687–92
- 83 Von Stroh R.; Computer vision syndrome; in: *Occup Health Saf*; 1993; 62:62–6
- 84 Psihogios JP., Sommerich CM., Mirka GA., et al.; A field evaluation of monitor placement effects in VDT users; in: *Appl Ergon*; 2001; 32:313–25
- 85 Walter Lips, Carlo Matzinger, Helmut Krueger, Christoph Schierz; *Il lavoro al videoterminale: Informazioni dettagliate per specialisti e non*; XX edizione; 2003; p. 40



- 86 Walter Lips, Carlo Matzinger, Helmut Krueger, Christoph Schierz; Il lavoro al videoterminale: Informazioni dettagliate per specialisti e non; XX edizione; 2003; p. 40
- 87 Walter Lips, Carlo Matzinger, Helmut Krueger, Christoph Schierz; Il lavoro al videoterminale: Informazioni dettagliate per specialisti e non; XX edizione; 2003
- 88 Sellers D.; 25 Steps to Safe Computing; Peachpit Press; Berkeley, CA; 1995
- 89 Cheu RA.; Good vision at work; in: Occup Health Saf; 1998; 67:20-4
- 90 Kaufman B., Novack GD.; Compliance issues in manufacturing of drugs; in: The Ocular Surface; 2003; 1:80-5
- 91 Albietz J., Bruce A.; The conjunctival epithelium in dry eye subtypes: Effect of preserved and nonpreserved topical treatments; in: Curr Eye Res; 2001; 22:8-18 (CS2)
- 92 Gasset AR., Ishii Y., Kaufman H., Miller T.; Cytotoxicity of ophthalmic preservatives; in: J Ophthalmol; 1974; 78:98-105 (BS1)
- 93 Smith L., George M., Berdy G., Abelson M.; Comparative effects of preservative free tear substitutes on the rabbit cornea: a scanning electron microscopic evaluation (ARVO abstract); in: Invest Ophthalmol Vis Sci; 1991; 32 (Suppl):733 (BS1)
- 94 Smith L., George M., Berdy G., Abelson M.; Comparative effects of preservative free tear substitutes on the rabbit cornea: a scanning electron microscopic evaluation (ARVO abstract); in: Invest Ophthalmol Vis Sci; 1991; 32 (Suppl):733 (BS1)
- 95 Gilbard JP.; Tear film osmolarity and keratoconjunctivitis sicca; in: CLAO J; 1985; 11:243-50 (CS1)
- 96 Gilbard J.; Tear film osmolarity and keratoconjunctivitis sicca; Lubbock TX, Dry Eye Institute; 1986 (CS3)
- 97 Luo L., Li D., Corrales R., Pflugfelder S.; Hyperosmolar saline is a proinflammatory stress on the mouse ocular surface; in: Eye Contact Lens; 2005; 31:186- 93 (BS1)

- 98 Shimmura S., Shimazaki J., Tsubota K.; Results of a population-based questionnaire on the symptoms and lifestyles associated with dry eye; in: *Cornea*; 1999; 18:408–11
- 99 Fujiwara S., Imai J., Fujiwara M., Yaeshima T., Kawashima T., Kobayashi K.; A potent antibacterial protein in royal jelly. Purification and determination of the primary structure of royalisin; in: *J Biol Chem*; 1990; 265:11333–11337
- 100 Kohno K., Okamoto I., Sano O., et al.; Royal jelly inhibits the production of proinflammatory cytokines by activated macrophages; in: *Biosci Biotechnol Biochem*; 2004; 68:138–145
- 101 Takaki-Doi S., Hashimoto K., Yamamura M., Kamei C.; Antihypertensive activities of royal jelly protein hydrolysate and its fractions in spontaneously hypertensive rats; *Acta Med Okayama*; 2009; 63:57–64
- 102 Tsuda T.; Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies; in: *Mol Nutr Food Res*; 2012; 56:159–170
- 103 Nakamura S., Tanaka J., Imada T., Shimoda H., Tsubota K.; Delphinidin 3,5-O-diglucoside, a constituent of the maqui berry (*Aristotelia chilensis*) anthocyanin, restores tear secretion in a rat dry eye model; in: *J Funct Foods*; 2014; 10:346–354
- 104 Larmo PS., Jä RL., Setä NL., et al.; Oral sea buckthorn oil attenuates tear film osmolarity and symptoms in individuals with dry eye 1–4; in: *J Nutr*; 2010; 140:1462–1468
- 105 Kawashima M., Nakamura S., Izuta Y., Inoue S., Tsubota K.; Dietary supplementation with a combination of lactoferrin, fish oil, and enterococcus faecium WB2000 for treating dry eye: a rat model and human clinical study; *The Ocular Surface*; 2016; 14:255–263

## **SITOGRAFIA**

47 [www.brower.co.uk/opticians/dryeyes.html](http://www.brower.co.uk/opticians/dryeyes.html)