

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Area Didattica di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”



Laurea triennale in Ottica e Optometria

***Compromissioni dell'apparato visivo, con
l'impiego della DAD nei piccoli studenti.***

Relatore:

Prof. Michele Gagliardi

Candidato:

Rosa Franzese

Matricola: M44000567

A.A. 2020/2021

Ai miei genitori che mi hanno sostenuto e hanno creduto in me ancor prima che ci credessi io.

A mia sorella Maria, la persona alla quale le auguro di raggiungere presto, il mio stesso traguardo, mettendoci tutta la tenacia e volontà che mi ha trasmesso.

A mio fratello Aniello, che nel suo essere ancora così piccolo ha saputo talvolta, essere abbastanza grande per incoraggiarmi.

E' la persona che diventi durante il percorso che fa la differenza.

E' come reagisci alle difficoltà che ti rende grande.

E' come accetti la sconfitta che ti permette di imparare.

Sono la tua disciplina e la tua costanza che ti porteranno in alto.

Sono i tuoi sacrifici che ti porteranno ad avere successo.

Indice

<i>Introduzione</i>	7
---------------------------	---

CAPITOLO I

LA VISIONE PROSSIMALE

1.1 Il ruolo dell'accomodazione.....	8
1.2 Il potere accomodativo.....	11
1.3 Stimoli accomodativi.....	11
1.4 La triade accomodativa.....	12
1.5 Valutare il potere accomodativo.....	13

CAPITOLO II

I POSSIBILI MOVIMENTI OCULARI

2.1 La muscolatura estrinseca e la sua innervazione.....	16
2.2 Assi di fick e piano di listing.....	18
2.3 Relazione tra muscoli oculoestrinseci ed i movimenti oculari.....	20
2.4 Le saccadi.....	22
2.5 Anomalie della muscolatura oculare estrinseca ed intrinseca.....	23

CAPITOLO III

L'INFLUENZA DEL LAVORO A DISTANZA RAVVICINATA

3.1 il riflesso visuo posturale	26
3.2 Legame tra postura e visione	28
3.3 La luce emessa dagli schermi digitali.....	34
3.4 Il ruolo riveste la luce blu nel circadiano.....	36

CAPITOLO IV

LA TESTIMONIANZA DELL'ARTICOLO

4.1 Vergenza e senso di vertigini in un gruppo di bambini.....	38
4.2 Esami vestibolari.....	39
4.3 Esami della vista.....	39

<i>Conclusioni</i>	41
--------------------------	----

<i>Bibliografia</i>	42
---------------------------	----

<i>Ringraziamenti</i>	43
-----------------------------	----

INTRODUZIONE

L'era della tecnologia e della comunicazione hanno rivoluzionato completamente, nel giro di pochi anni, la nostra vita ed i rapporti sociali.

Con la diffusione degli smartphone, tablet e computer, gli schermi sono diventati l'oggetto più osservato durante tutta la giornata.

A contribuire si è aggiunta la situazione pandemica, attraversata nell'ultimo periodo che ha ulteriormente fatto sì che il trascorrere delle giornate sia alternato tra ore di apprendimento con la didattica a distanza e ore di svago, sempre restando con lo sguardo rivolto verso gli schermi digitali.

Chiunque passi troppe ore davanti al computer è esposto al rischio di soffrire di molti problemi sia visivi che posturali.

Quelli posturali sono legati ad una posizione prolungata e spesso sbagliata con gambe e busto troppo protesi in avanti o indietro e ciò può provocare problemi del tipo: tendinite ai polsi, mal di schiena dovuti alla pressione sulla colonna vertebrale e torcicollo.

*Per quanto riguarda i problemi visivi invece, uno dei più frequenti è legato alla secchezza oculare o **sindrome dell'occhio secco**, ovvero un disturbo che determina l'alterazione del film lacrimale, sostanza che protegge gli occhi mantenendoli umidi. Questo problema è dovuto dal fatto che si ammicca di meno (l'occhio umano dovrebbe ammiccare dalle 12-18 volte in un minuto e tipicamente questa funzione si verifica di più quando si parla, piuttosto che quando si osserva o legge qualcosa).*

Inoltre è noto che, lo svolgere le attività a distanza ravvicinata comporta l'attivazione della triade accomodativa: miosi, convergenza e accomodazione.

Un mal funzionamento di una di queste funzioni, comporta disturbi nella visione. L'azione prolungata della triade può presentare disturbi quali: peggioramento della capacità di messa a fuoco fino allo sdoppiamento della visione con manifestazioni di capogiri e vertigini, disturbi del sonno con conseguente calo di concentrazione o ancora potrebbe peggiorare una miopia preesistente.

LA VISIONE PROSSIMALE

1.1 IL RUOLO DELL'ACCOMODAZIONE

Il nostro occhio è strutturato per poter vedere oggetti sia lontani che vicini.

In generale, è noto che gli studenti trascorrono la maggior parte del loro tempo nella scrittura, nella lettura e in altre attività a distanza prossimale.

Per visione prossimale si intende proprio quel tipo di visione che si impiega quando un oggetto è posto ad una distanza ravvicinata.

L'*accomodazione* è un meccanismo involontario che si attiva per consentire all'occhio di creare, sul piano retinico, immagini a fuoco di oggetti posti a varie distanze; ciò avviene grazie all'azione del muscolo ciliare che, contraendosi, aumenta l'accentuazione della curvatura delle superfici del cristallino, portando così all'aumento del potere refrattivo del sistema diottrico oculare.

Lo spazio in cui l'accomodazione svolge la sua funzione prende il nome di *Intervallo di Visione Nitida*, ossia lo spazio che intercorre tra il Punto Remoto ed il Punto Prossimo che si evidenziano nel minimo e nel massimo dell'espletamento di tale funzione.

Nella figura 1.1 sono raffigurati i due estremi appena menzionati.

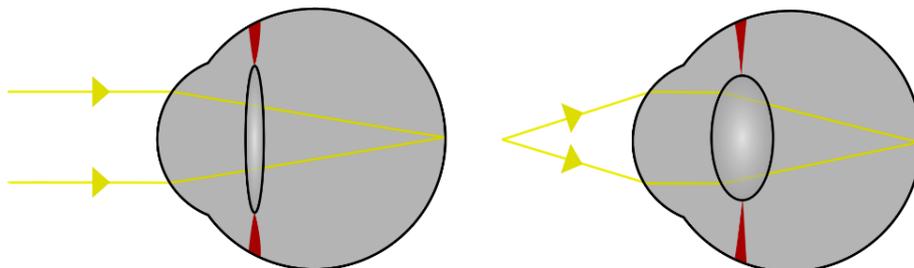


Figura.1.1 Schematizzazione del cambiamento strutturale del cristallino durante il processo dell'accomodazione

estratta da: <https://it.wikipedia.org/wiki/Accomodazione>

Il processo accomodativo comporta la modifica di diverse strutture nell'occhio:

- ✓ Attività o contrazione **del muscolo ciliare**;
- ✓ Modifica dei raggi di curvatura del **cristallino**;
- ✓ Elasticità **della capsula** che contiene il cristallino.

Responsabile della variazione di curvatura del cristallino è il muscolo ciliare.

✓ **Il muscolo ciliare** (Figura 1.2) è una struttura del bulbo oculare che forma, insieme alla corioide e all'iride la **tonaca vascolare** dell'occhio.

Esso è costituito da fibre: longitudinali (di Brücke), radiali, anulari (di Müller).

Strutturalmente esso è di forma circolare, con uno spessore anteriore maggiore di quello posteriore.

È un muscolo intrinseco dell'occhio e la sua funzione è quella di attivare l'accomodazione, diminuendo il potere diottrico del cristallino per vedere a fuoco gli oggetti posti più lontano e aumentandolo per vedere a fuoco quelli più vicini; tale funzione è maggiore nei bambini, e minore negli anziani.

Il sistema accomodativo si trova in una situazione di rifrazione statica quando osserva oggetti posti nel proprio punto remoto, in un occhio emmetrope tale punto è posizionato a circa 5 metri dall'occhio. In questa condizione il diametro del cristallino raggiunge il suo massimo valore.

In queste condizioni, note anche come "*stato di disaccomodazione*", la capacità del cristallino di convergere la luce in ingresso è minima (circa 20 D).

Quando l'occhio osserva un punto inferiore al suo punto remoto, il muscolo ciliare si contrae, si sposta in avanti e il cristallino aumenta il suo spessore, la sua superficie anteriore accentua la curvatura e il diametro equatoriale diminuisce.

Questo processo è controllato con precisione affinché l'aumento del potere di rifrazione sia esattamente quello necessario per mettere a fuoco oggetti nell'intervallo prima menzionato.

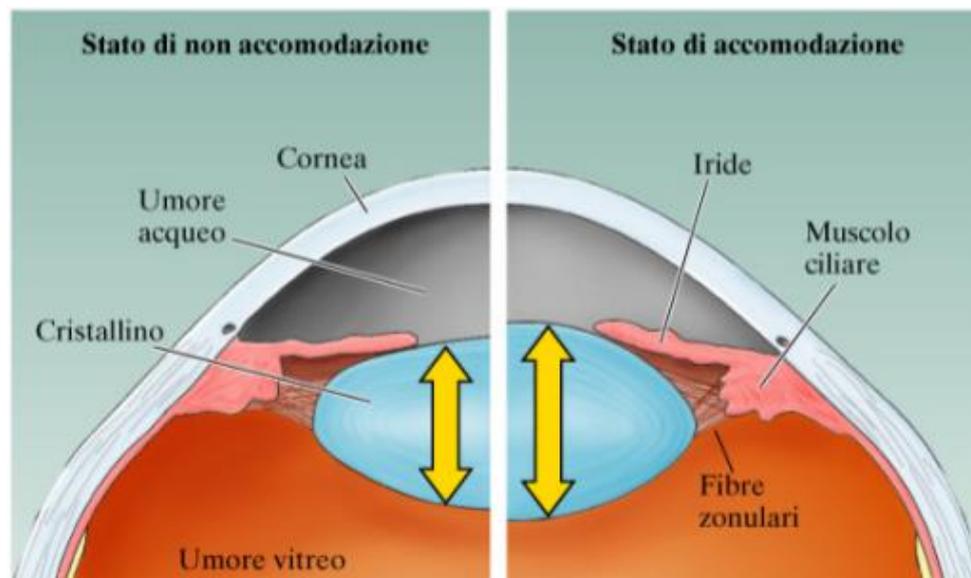


Figura 1.2 il **muscolo ciliare**, estratta da:

https://www.scienzemfn.unisalento.it/c/document_library/get_file?folderId=984091&name=DLFE-322018.pdf

- ✓ Il **cristallino** ha una forma biconvessa ed è la lente naturale dell'occhio.
Esso è situato all'interno del bulbo oculare, tra l'iride ed il corpo vitreo (Figura 1.2).
La flessibilità del cristallino tende a diminuire con l'avanzare dell'età, ovviamente è trasparente consentendo la rifrazione della luce la quale, attraversandolo, arriva sulla retina.
Durante la visione di un oggetto posto a distanza prossimale, il cristallino presenta alcune modificazioni.
Uno dei cambiamenti, a livello strutturale, è dato da una variazione dei suoi raggi di curvatura, come già accennato prima, ovvero si ha una diminuzione di entrambi ma in valore diverso.
La faccia anteriore passa da un raggio di 10 mm ad uno di 6 mm, mentre la faccia posteriore ha una variazione minima di soli 0,5 mm.

- ✓ L'incurvamento della faccia anteriore non è uniforme in tutti i suoi punti, ma è maggiore nella parte centrale, questo andamento irregolare è chiamato **Deformazione Conoide**.
Questa si verifica poiché, durante l'accomodazione, **la capsula** che contiene il cristallino e sulla quale si inseriscono le *fibre della zonula di Zinn*, si rilassa con l'accomodazione poiché le fibre si detendono.
Avendo gli spessori diversi, la capsula, durante il suo rilassamento favorisce lo spostamento delle fibre verso il centro della faccia anteriore (punto in cui la capsula è sottile), per cui la compressione delle zone più spesse verso il centro, fa sì che questa zona si deformi.
Al contrario invece, il corpo ciliare contraendosi fa sì che le fibre della zonula di Zinn si tendono, modificando la forma del cristallino, che sembra rigonfiato.

L'altro cambiamento del cristallino è dato dal fatto che quando questo si deforma le fibre che lo costituiscono vengono schiacciate verso il suo asse centrale.
In questo modo si ha una variazione di indice di rifrazione, tanto che proprio 1/3 del potere accomodativo del cristallino è dovuto all'incremento del valore dell'indice di rifrazione.

1.2 IL POTERE ACCOMODATIVO

Per **potere accomodativo** o **ampiezza accomodativa** si intende l'arco o la quantità di diottrie di cui il cristallino può usufruire per svolgere la sua funzione.

L'ampiezza accomodativa corrisponde all'intervallo tra Punto Prossimo (PP) ovvero, il punto più vicino che l'occhio, in massimo sforzo accomodativo, riesce a mettere a fuoco e Punto Remoto (PR), cioè il punto più lontano che l'occhio in riposo accomodativo riesce a mettere a fuoco (nell'emmetrope è all'infinito) espresso in diottrie, cioè è la variazione di potere che il cristallino è in grado di effettuare.

1.3 STIMOLI ACCOMODATIVI

Il meccanismo che attiva l'accomodazione in condizioni di visione prossimale è un atto riflesso, infatti le modificazioni del potere del cristallino si attuano senza che il soggetto ne abbia coscienza per il solo fatto che la sua attenzione visiva si colloca sullo stesso oggetto.

Vi sono degli stimoli che possono provocare delle modificazioni riflesse dell'accomodazione i quali derivano tutti, in qualche modo, dalla posizione che occupano nello spazio gli oggetti sui quali si fissa l'attenzione visiva. Quindi a seconda della natura di questi stimoli l'accomodazione può essere classificata come:

- ✓ **Accomodazione da sfuocamento**
- ✓ **Accomodazione da vergenze orizzontali**
- ✓ **Accomodazione prossimale**

Per **accomodazione da sfuocamento** si intende quella condizione in cui l'immagine retinica sfocata sollecita una innervazione accomodativa destinata a modificare il potere del cristallino, in modo tale da provocare una ottimizzazione della messa a fuoco ed consentire così una visione distinta. E' quindi possibile affermare che, quando la retina segnala un "errore di messa a fuoco", la percezione di questo errore costituisce lo stimolo a modificare l'innervazione che regola il potere del cristallino.

Lo stimolo derivante dallo sfuocamento dell'immagine retinica sembra esercitare una parte preponderante nella regolazione dell'accomodazione durante l'infanzia.

In seguito il ruolo prevalente viene assunto dalla sensazione di prossimità dell'oggetto fissato.

L'accomodazione da vergenze orizzontali è data dal fatto che vi è una sinergia tra accomodazione e convergenza, ovvero la convergenza o la divergenza sono capaci di per sé di coinvolgere l'accomodazione. All'aumento della convergenza si accompagna un aumento del potere diottrico del cristallino, mentre alla diminuzione della convergenza si associa una riduzione del suo potere diottrico.

Infine per **accomodazione prossimale** si intende la percezione della vicinanza apparente di un oggetto che può scatenare un'accomodazione nonostante l'immagine retinica non sia sfuocata e che non sia stata messa in gioco la convergenza.

E' come se l'apparato di controllo dell'innervazione accomodativa "riconoscesse", sulla base di precedenti esperienze che, data la distanza che l'oggetto sembra occupare nello spazio e date le caratteristiche refrattive dell'occhio e tenuto conto della correzione ottica presumibilmente usata, si renda necessario impiegare una determinata accomodazione per ottenere un'immagine retinica nitida dell'oggetto.

1.4 LA TRIADE ACCOMODATIVA

Nel 1851, **Cramer** grazie all'elettrostimolazione dimostrò che l'accomodazione avviene a seguito di un'attività muscolare.

In effetti essa risulta dalla sinergia di muscoli ad effetto opposto: *muscolo sfintere*, *muscolo ciliare* e *muscolo dilatatore*, che hanno azione involontaria perché innervati o dal sistema *nervoso parasimpatico*, che determina accomodazione con la contrazione del cristallino, o dal sistema *nervoso simpatico*, che determina il rilassamento del cristallino e quindi disaccomodazione.

La maggior parte delle persone, trascorre parecchie ore svolgendo attività a distanza ravvicinata e durante questa condizione **augmenta l'accomodazione** e la **convergenza**.

Generalmente l'accomodazione è per definizione un riflesso ed è sinergico con la convergenza.

Per avere una buona qualità visiva, l'accomodazione deve essere associata ad alcuni fenomeni:

- **Miosi:** ovvero la diminuzione del diametro pupillare al di sotto dei 4 mm, per favorire la riduzione di aberrazioni cromatiche e sferiche a livello retinico e di conseguenza per una maggiore profondità di fuoco e di campo.
- **Convergenza:** ossia l'abilità che permette di vedere una sola immagine proveniente dai due occhi e non avere visione doppia.
Associata all'accomodazione, la convergenza permette il giusto posizionamento degli assi visivi sull'oggetto da fissare.

La sinergia di accomodazione, convergenza e miosi realizza quella che viene definita **la reazione per vicino**.

Nella triade accomodativa le tre funzioni (accomodazione, convergenza, miosi), sono indipendenti ma simultaneamente evocate dall'impulso centrale della visione da vicino e quindi dallo sfuocamento dell'immagine retino-corticale.

1.5 VALUTARE IL POTERE ACCOMODATIVO

Il calcolo dell'ampiezza accomodativa, espressa in diottrie, risulta di notevole importanza in particolare in situazioni cliniche quali: strabismi da alterato rapporto AC/C, forie, deficit di convergenza, spasmi accomodativi, presbiopia, astenopia accomodativa.

I test utili per la valutazione di tale potere sono:

- **Determinazione del punto prossimo di visione nitida (tecnica del push-up);**
- **Metodo con lenti negative;**
- **Regola di Donders;**
- **Regola Hofstetter;**

DETERMINAZIONE DEL PUNTO PROSSIMO DI VISIONE NITIDA

Il metodo più comune e tipicamente più usato, conosciuto come tecnica del **push-up**, viene eseguito con il metodo seguente:

Dopo avere emmetropizzato il soggetto lo si invita a mettere a fuoco un oggetto che è posto ad una distanza di circa 40 cm e lentamente viene avvicinato verso il naso.

Il soggetto deve segnalare i primi segni di sfuocamento dell'oggetto o la scomparsa dello stesso.

Con un righello poggiato al margine orbitario temporale si misura la distanza a cui avviene lo sfuocamento.

L'inverso di questa distanza, espressa in metri, è la misura dell'accomodazione in diottrie, sottratta al valore del punto remoto eventualmente presente.

$$PA = 1/PP - A$$

METODO CON LENTI NEGATIVE

Dopo aver effettuato la correzione a distanza si antepone agli occhi del soggetto una mira con caratteri prossimi all'acuità massima.

Successivamente si introducono lenti negative di potere crescente a step di 0.25D sino a quando il soggetto non riesce più a mantenere nitida la mira presa in considerazione.

La somma del potere delle lenti e l'inverso della distanza in metri della mira fornisce il punto prossimo che, in condizioni di soggetto emmetropizzato a distanza, coincide con l'ampiezza accomodativa. I valori misurati tendono ad essere sottostimati rispetto ai metodi precedenti in quanto è presente una riduzione dell'immagine dovuta all'osservazione attraverso lenti negative. Per limitare questo errore il test viene svolto alla distanza di 33 cm al posto dei 40 cm solitamente utilizzati nei test prossimali.

$$PA = 1/X - P$$

Utile ai fini pratici è la comparazione dei dati ricavati mediante la misura clinica e i dati teorici dell'ampiezza accomodativa per verificare eventuali eccessi o insufficienze.

Con un esempio numerico, posizionando l'oggetto da osservare ad una distanza $x=40$ cm e ottenendo l'annebbiamento con una lente di potenza $P= -1.50$ D; l'ampiezza accomodativa si potrà calcolare:

$$PA = 1/X - P \text{ di cui } PA = 1/0,40 - (-1,50) = 2.50 + 1,50 = 4,00 \text{ D}$$

REGOLA DI DONDERS

Questo metodo prevede il calcolo attraverso la differenza tra il valore diottrico del Punto Prossimo(PP) e del punto remoto (PR).

Ovvero:

$$A = PP - PR$$

Sostituendo alle lettere le grandezze numeriche è possibile mostrare alcuni esempi:

Emmetrope con:	PR= infinito PP= 0,20 m
	$A = (1/0,20) - (1/\infty) = 5 - 0 = 5 \text{ D}$
Miope con:	PR= 0,50 m PP= 0,10 m
	$A = (1/0,10) - (1/0,50) = 10 - 2 = 8 \text{ D}$
Ipermetrope con:	PR= 3,00 D PP= 0,25 m
	$A = (1/0,25) - (-3) = 4 + 3 = 7 \text{ D}$

Questo test è in grado di quantificare l'accomodazione (insieme alla convergenza) .

Il test si esegue monocularmente facendo fissare un target da vicino di lettere corrispondente a 10/10; si avvicina il target al soggetto e lo si invita a riferire quando nota

lo sfocamento dei simboli; si misura la distanza in metri e la si converte in diottrie, prima in un occhio e poi nell'altro.

REGOLA HOFSTETTER

Il potere accomodativo varia in base all'età e Hofstetter, rielaborando i risultati degli studi di Donders e Duane, ha proposto una nuova formula empirica attraverso la quale si può calcolare l'ampiezza accomodativa in relazione all'età:

$$A = 15 - \frac{ETÀ}{4}$$

Nella figura 1.3 viene rappresentata la variazione dell'ampiezza accomodativa relativamente all'avanzare dell'età.

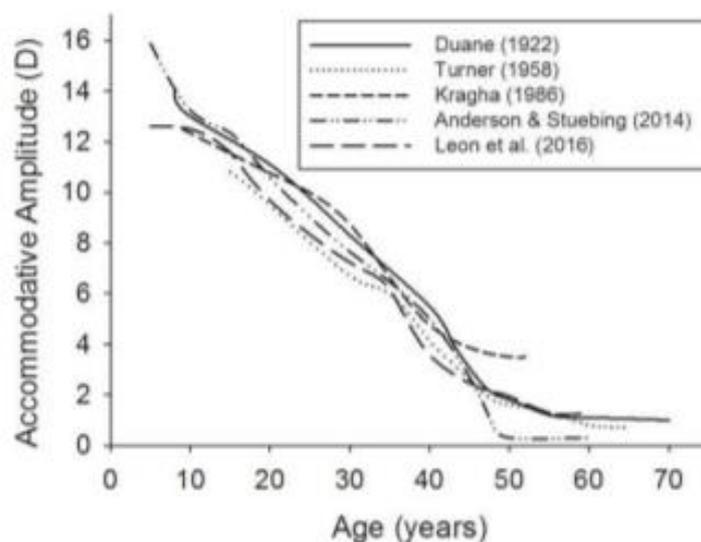


Figura 1.3 **representazione della variazione dell'ampiezza accomodativa in funzione all'età**, estratta dal libro "manuale di optometria e contattologia" seconda edizione, A. Rossetti e P. Gheller

Nel primo mese di vita l'accomodazione è stata considerata relativamente fissa a 5 D ma più recentemente si considera sia già presente una maggior funzionalità. Una risposta a distanza elevata è coerente da tre mesi di vita e si considera che dal quarto mese c'è una risposta legata allo sfuocamento (legata allo sviluppo dell'area maculare) e la rapidità è paragonabile a un adulto. Da 1 a 4 anni i bambini e il loro sviluppo sono più difficili da valutare, oltre quest'età l'accomodazione mostra specifiche particolarità (lag minore, ampiezza maggiore

flessibilità minore) e da 12 anni la funzione è simile a un adulto; tale si mantiene fino a 40-45 anni per cessare poi a 55 anni.

I POSSIBILI MOVIMENTI OCULARI

2.1 LA MUSCOLATURA ESTRINSECA E LA SUA INNERVAZIONE

Per poter osservare qualsiasi oggetto è necessario che i bulbi oculari vengano indirizzati nello stesso punto di fissazione al fine di ottenere la visione nitida di quanto osservato.

I movimenti dei bulbi vengono effettuati mediante l'azione combinata di 6 muscoli di tipo striato. (Figura 1.2).

I movimenti orizzontali e verticali sono mediati dalle quattro paia di **muscoli retti**.

- retto superiore,
- retto inferiore,
- retto esterno (o laterale)
- retto interno (o mediale),
-

I due muscoli **obliqui** mediano i movimenti di torsione del bulbo oculare.

- obliquo superiore (o grande obliquo)
- obliquo inferiore (o piccolo obliquo).

Retto superiore

Il retto superiore origina dalla parte superiore dell'anello tendineo e si presenta leggermente inclinato rispetto all'occhio di 23-25°.

Esso è innervato dal III paio dei nervi cranici (il nervo oculomotore).

Tra le sue funzioni vi sono l'elevazione dell'occhio quando l'occhio è abdotto di 23° nella posizione primaria dello sguardo e l'adduzione come azione secondaria e terziaria quando l'occhio non è la posizione primaria. Quindi ha pura funzione di rotatore interno quando l'occhio è abdotto; in tutte le posizioni intermedie ha una funzione mista di rotatore ed elevatore.

Retto inferiore

Il retto inferiore simmetrico al superiore, origina dalla parte inferiore dell'anello tendineo e termina sulla sclera.

Esso è innervato dal III paio dei nervi cranici (nervo oculomotore).

Tra le varie funzioni, contraendosi, fa ruotare l'occhio in basso, determina quindi un abbassamento dell'occhio quando è abdotto; è un puro rotatore esterno quando l'occhio è addotto ed ha una funzione mista nelle posizioni intermedie.

Retto esterno (o laterale)

Il retto esterno (o laterale) origina, dalla sezione laterale dell'anello tendineo di Zinn, e dal margine inferiore della fessura orbitaria superiore, con una parte accessoria, e passa tra il

bulbo oculare e la parete orbitaria laterale, guardando l'immagine (figura 1) si nota che è situato proprio al di sopra del muscolo obliquo inferiore

Esso è innervato dal VI paio dei nervi cranici (il nervo abducente).

La contrazione del muscolo retto laterale determina uno spostamento laterale del bulbo oculare (abduzione).

Retto interno (o mediale)

Esso origina dall'anello tendineo di Zinn, presso la sezione nasale, e dalla guaina che avvolge il nervo ottico e da lì passa orizzontalmente ponendosi tra la parete dell'orbita ed il bulbo oculare e termina inserendosi sulla sclera.

Esso è innervato dal III paio dei nervi cranici (il nervo oculomotore comune).

Contraendosi, fa ruotare il globo all'interno, portando la cornea medialmente, nel piano orizzontale (adduzione).

Obliquo superiore (o grande obliquo)

L'obliquo superiore è il più lungo e sottile dei muscoli oculari. Origina dall'anello di Zinn ma a differenza dei muscoli retti, va verso il tetto dell'orbita dove il tendine si piega all'indietro dopo essere passato attraverso una sorta di "puleggia" cartilaginea (troclea) aderente all'orbita. Dopo questa piega, la porzione di tendine, chiamata riflessa s'inserisce posteriormente sul bulbo.

Esso è innervato dal IV nervo cranico (il nervo trocleare).

Contraendosi, è un abbassatore quando l'occhio è addotto di 50°; in abduzione è un ruotatore esterno in modo che l'estremità superiore del meridiano verticale si inclina in dentro. Inoltre solleva la metà posteriore del bulbo e quindi la cornea ruota all'esterno. Complessivamente ruota, abbassa ed abduce il bulbo.

Obliquo inferiore (o piccolo obliquo)

È il più corto fra i muscoli dell'occhio. Origina dal pavimento dell'orbita dal lato nasale (porzione orbitaria dell'osso mascellare), nella parte anteriore subito sotto la fossa del sacco lacrimale. A livello della sua inserzione, è coperto dal muscolo retto laterale, mentre, nel descrivere la sua curva sotto al globo oculare, incrocia obliquamente e dal di sotto il muscolo retto inferiore, tanto che le due guaine aderiscono intimamente.

Esso è innervato dal III paio dei nervi cranici (nervo oculomotore).

Contraendosi, è un puro elevatore in adduzione; in abduzione è un ruotatore esterno in modo che l'estremità superiore del meridiano verticale si inclina in fuori; inoltre esso attira in basso la metà posteriore del bulbo e quindi la cornea si innalza; infine attira in dentro la metà posteriore del bulbo e quindi lo abduce.

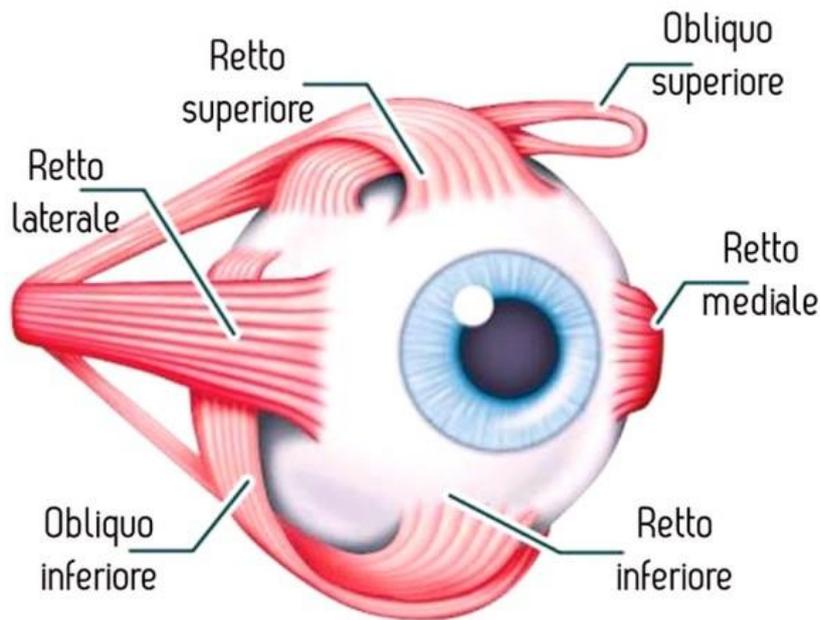


Figura 1.4: *apparato muscolare estrinseco* estratta da:<https://alessandradimaria.it/features/strabismo/>

2.2 ASSI DI FICK E PIANO DI LISTING

Tutti i muscoli retti (compreso l'obliquo superiore) hanno origine da un'unica formazione tendinea posta sul fondo dell'orbita: **l'anello tendineo di Zinn**, (Figura 1.4) questa è un formazione fibrosa o osteo-fibrosa di forma grossolanamente ad anello, situata nella cavità orbitaria.

Il muscolo obliquo inferiore invece ha origine sul pavimento dell'orbita.

Il muscolo che genera il movimento è chiamato **agonista**, i muscoli che svolgono la stessa attività vengono chiamati **sinergisci**. I muscoli che hanno, invece, attività opposta a quella del muscolo considerato sono detti **antagonisti**.

Per esempio, se si considera il retto esterno dell'occhio, il suo antagonista omolaterale è il retto interno destro, il suo sinergista controlaterale è il retto interno sinistro, il suo antagonista controlaterale è il retto esterno sinistro.

Quindi, è evidente come l'azione combinata dei diversi muscoli consente all'occhio tutti i movimenti possibili.

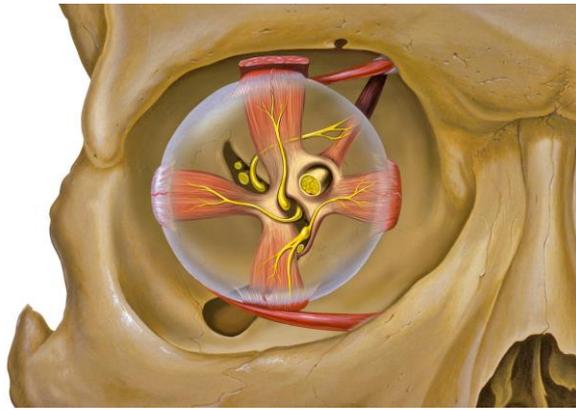


Figura 1.5: **anello tendineo di Zinn** estratta da: https://it.wikipedia.org/wiki/Anello_di_Zinn

I movimenti avvengono tutti attorno a un punto virtuale interno detto **centroide di rotazione** posto a circa 13.5 mm dal polo anteriore.

L'occhio compie un movimento verso destra o verso sinistra grazie all'asse verticale, mentre il movimento in alto o in basso avviene su un asse orizzontale, quelli di torsione lungo l'asse perpendicolare a questi, corrispondente all'asse visivo.

Questi tre assi sono detti di **Fick**. (Figura 1.5)

I primi due assi giacciono sul **piano di Listing**, ovvero un piano frontale che passa per l'equatore dell'occhio ed il centro di rotazione, mentre il terzo è perpendicolare al piano di Listing.

L'occhio si muove sempre prima lungo gli assi verticali o orizzontali dalla posizione primaria alla secondaria mentre la torsione o posizione terziaria avviene in un secondo tempo.

Quando parliamo di posizione primaria ci riferiamo alla condizione in cui gli occhi non compiono nessuna rotazione. Essa viene detta anche posizione di base cioè la posizione in cui gli occhi presentano assi visuali paralleli e sono in posizione centrale.

La posizione secondaria, consiste in una condizione in cui gli occhi compiono una rotazione su uno degli assi che formano il piano di Listing, ovvero i movimenti in orizzontale e verticale. Infine per la posizione terziaria, gli occhi compiono una rotazione su tutti e 3 gli assi.

Lo scopo finale di una corretta esecuzione dei movimenti oculari è quello di seguire le immagini e mantenerle sulla retina per consentirne la fusione a livello corticale ed ottenere un'immagine tridimensionale del mondo esterno.

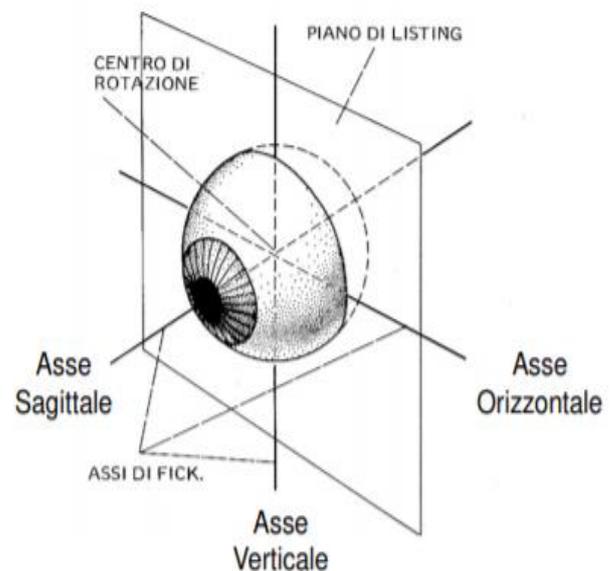


Figura 1.6: **Assi di Fick e rotazioni dell'occhio**, estratta da: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/scienze-public/attachments/files/000/004/453/original/Visione_Binoculare.pdf?1559661540

2.3 RELAZIONE TRA MUSCOLI OCULOESTRINSECI ED I MOVIMENTI OCULARI

L'insieme dei muscoli oculari rende possibili i movimenti ed è proprio grazie a questi muscoli extraoculari, che l'occhio può eseguire movimenti:

- Monoculari chiamati **duzioni**,
- Binoculari paralleli dell'occhio noti come **versioni**
- Non paralleli noti come **vergenze**.

Il movimento del singolo occhio è chiamato **duzione**.

Quando il movimento è orizzontale, si hanno l'*abduzione* e *adduzione*, mentre se il movimento è verticale si hanno la *supraduzione* e l'*infraduzione*, infine se il movimento è torsionale, si hanno l'*incicloduzione* e l'*excicloduzione*.

Il movimento di **versione** è un tipo di movimento coniugato di entrambi gli occhi che mantiene il parallelismo degli assi di fissazione qualunque sia la direzione dello sguardo. Nella *levoversione* entrambi gli occhi girano verso sinistra, nella *destroversione* girano verso destra, mentre nello *supraversione* (o *sursumversione* o *elevazione*) girano verso l'alto, nel caso opposto, ovvero nell'*infraversione* (o *deorsumversione* o *depressione*) girano verso il basso.

Questi movimenti portano gli occhi in posizioni di sguardo secondarie.

In caso di movimento torsionale intorno all'asse anteroposteriore, con l'estremità superiore del meridiano verticale di ogni occhio che s'inclina verso sinistra, sarà una *levociclovisione*, contrariamente se il movimento è torsionale intorno all'asse anteroposteriore, con l'estremità del meridiano verticale di ogni occhio che s'inclina verso destra, sarà una *destrocicloversione*.

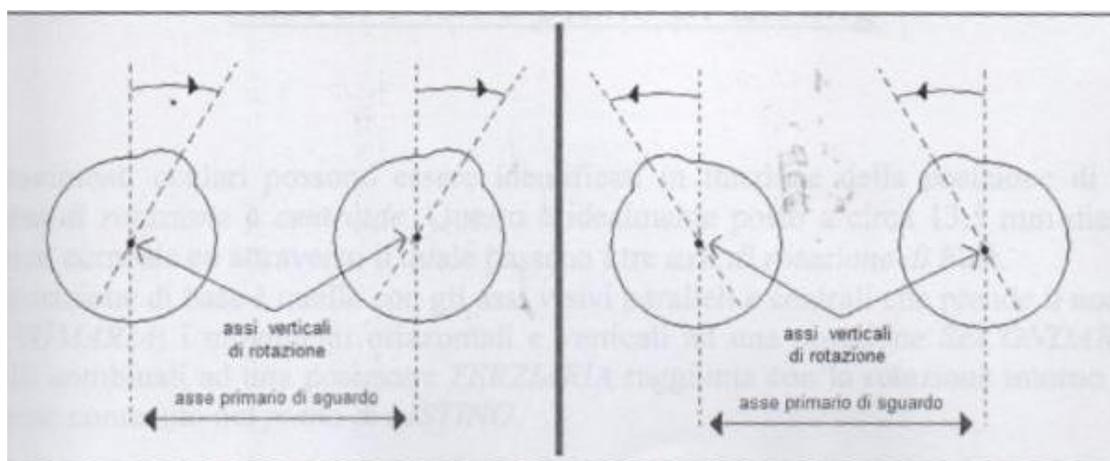


Figura 1.7: **esempio di versioni** estratta da: visione e binocularità, appunti forniti durante il congresso ACOIN associazione ottici-optometristi della provincia di Napoli

Il **movimento di vergenza** è un tipo di movimento volontario, che permette di convergere lo sguardo sul punto di fissazione. Tendenzialmente esso è un movimento oculare che viene attivato quando generalmente ci si avvicina l'oggetto di fissazione a sé, ad esempio quando leggiamo, scriviamo o svolgiamo qualsiasi tipo di attività a distanza ravvicinata.

Più vicino è il punto di fissazione e maggiore sarà il movimento di vergenza, proprio per questo gli occhi convergono per mantenere lo sguardo su un oggetto che si avvicina, e divergono quando questo si allontana.

L'esame delle vergenze è molto utile per scoprire la causa di possibili mal di testa o affaticamento oculare durante l'applicazione da vicino (lettura o computer).

Le **VERGENZE** si distinguono in:

CONVERGENZA: la capacità degli occhi di portare entrambi gli assi visivi su un punto di fissazione nello spazio. Il sistema fusionale ricevendo le immagini dalle fovee dei due occhi permette alla corteccia di dare al soggetto un'immagine singola;

- **Supervergenza Dx:** quando l'occhio destro si trova verso l'alto rispetto al sinistro;
- **Subvergenza Dx:** quando l'occhio destro si trova verso il basso rispetto al sinistro;
- **Inciclovergenza:** quando gli occhi ruotano attorno all'asse anteroposteriore verso il naso;
- **Exociclovergenza:** quando gli occhi ruotano attorno all'asse anteroposteriore verso le tempie.

DIVERGENZA: la capacità dei due occhi di muoversi contemporaneamente in direzione opposta.

E' risaputo che gli occhi devono essere in grado di convergere e divergere.

Guardando un oggetto che si avvicina, per tenerlo a fuoco dobbiamo convergere gli occhi mentre al contrario dobbiamo divergerli quando guardiamo l'oggetto che si allontana.

Questa funzione ci aiuta a gestire la profondità dello spazio, la profondità di campo.

Un'altra importante funzione dei movimenti oculari è stabilizzare lo sguardo sulla mira nel caso in cui l'oggetto osservato, l'osservatore o entrambi siano in movimento: infatti per mantenere una accettabile qualità della visione è necessario che la velocità dello scivolamento retinico, ovvero lo slittamento dell'immagine proiettata sulla retina sia inferiore a 2°- 3°/sec.

I due obiettivi funzionali dei movimenti oculari: orientare, stabilizzare e mantenere lo sguardo, sono raggiunti attraverso due grandi classi di movimenti: i movimenti rapidi, anche detti movimenti saccadici, e i movimenti lenti anche detti **smooth pursuit**.

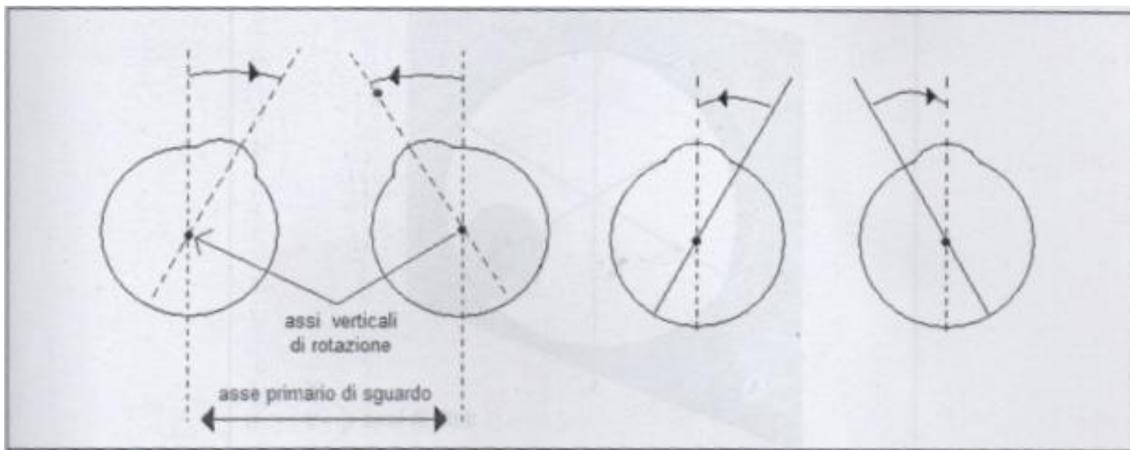


Figura 1.8 **esempio di vergenze** estratta da: visione e binocularità, appunti forniti durante il congresso ACOIN associazione ottici-optometristi della provincia di Napoli

2.4 LE SACCADI

Osservando gli occhi di una persona mentre sta leggendo, si può notare che i movimenti che essi compiono non sono fluidi ma avanzano lungo le righe del testo compiendo una serie di saccadi rapide, separate da brevi pause di fissazione della durata di circa 300 ms, durante le quali è possibile acquisire informazioni visive.

Nel 1870 fu proprio Javal a scoprire che la lettura avveniva con pause e movimenti rapidi degli occhi, infatti sono in pochi a sapere che durante la lettura l'occhio deve restare immobile, poiché la vera acquisizione delle informazioni avviene con la fissazione, piuttosto che con il movimento rapido. In genere avvengono quattro fissazioni al secondo. L'estensione della saccade occupa uno spazio che va da 5 a 15 lettere.

Una delle differenze principali fra le saccadi ed i movimenti di inseguimento lento è il fatto che durante il movimento saccadico il sistema visivo non acquisisce informazioni (**soppressione saccadica**).

Per meglio comprendere che cos'è la soppressione saccadica si può riportare un breve esempio, è noto che muovendo rapidamente una videocamera durante una ripresa, l'immagine è completamente confusa e spesso non è possibile distinguere nessun elemento significativo.

Per evitare una simile confusione visiva durante una saccade, il cervello spegne i nostri occhi e per quel brevissimo intervallo di tempo non è in grado di elaborare nessuna informazione visiva. Questo fenomeno, che prende il nome di soppressione saccadica, è alla base di alcuni aspetti caratteristici della visione.

Quindi le **saccadi** o **movimenti saccadici** sono movimenti volontari dell'occhio che hanno la funzione di spostare sulla fovea (zona retinica di massima sensibilità) le informazioni

provenienti dal mondo esterno, ovvero rappresentano un normale metodo di esplorazione di una scena visiva.

Oltre ad essere sotto il controllo *volontario* sono anche sotto il controllo dei *riflessi*, in quanto possono essere indotte da un rapido spostamento del punto di fissazione dello sguardo nello spazio, da stimolazioni di natura vestibolare o uditiva oppure da un'attività di origine cerebrale.

Oltre ad essere uno dei movimenti più frequenti è anche uno dei movimenti più particolari, dal momento che una volta iniziati non permettono di cambiare né la velocità né la traiettoria.

All'inizio, c'è un breve periodo di latenza che dura 180-250 msec circa; successivamente, gli occhi cominciano a muoversi con una velocità progressivamente crescente fino a un massimo di 400°/s a cui segue un decremento altrettanto graduale.

Al termine del movimento, gli occhi ripristinano la fissazione, mantenendo piccole oscillazioni di 20-40 secondi circa di arco.

Man mano che la saccade aumenta di entità, diviene sempre più veloce ma anche più imprecisa.

Il sistema motorio agisce con la seguente organizzazione: notata la presenza di un oggetto, viene valutata la sua localizzazione rispetto alla fovea (localizzazione foveocentrica), viene, quindi, sospesa momentaneamente la percezione (non è chiaro come) manifestata la saccade, infine il sistema visivo verifica il posizionamento della fissazione e se è necessario ripete il ciclo.

2.5 ANOMALIE DELLA MUSCOLATURA OCULARE ESTRINSECA ED INTRINSECA

Molti difetti visivi, possono essere dovuti ad anomala funzionalità sia della muscolatura oculare estrinseca, quindi legate alla motilità, oppure alla muscolatura oculare intrinseca e quindi di natura accomodativa.

In ogni esame, il primo segnale dell'esistenza di un disturbo, viene dalle lamentele del soggetto. Quello che dice l'esaminato, insieme alle domande dell'esaminatore, dirigeranno il flusso dell'esame.

Le anomalie di vergenza (legate alla motilità) sono tra le prime cause di emicrania soprattutto serale, di instabilità d'equilibrio, caduta frequente (soprattutto del bambino e dell'anziano), diplopia, distorsione della caviglia, difficoltà di concentrazione e nella lettura.

Uno dei disturbi più comuni della visione binoculare è: ***l'insufficienza di convergenza*** (spesso confusa con la difficoltà di accomodazione), il quale, si può definire come un problema di collaborazione degli occhi per cui, uno dei due ha una forte tendenza a deviare verso l'esterno durante la lettura o mentre si svolgono lavori da vicino, quindi non si riesce a far convergere totalmente gli occhi quando si guardano oggetti a distanza prossimale.

Questo disturbo può causare *diplopia* (visione doppia) per cui il soggetto esercita uno sforzo supplementare per riportare gli occhi sull'oggetto di interesse. Questo sforzo eccessivo può causare sintomi frustranti che interferiscono con la capacità di leggere e lavorare da vicino. I sintomi associati ad un'insufficienza di convergenza possono essere: affaticamento visivo, mal di testa, visione offuscata, sonnolenza, difficoltà di concentrazione, instabilità delle parole durante la lettura e perdita di comprensione che si manifesta dopo brevi periodi di lettura o di attività svolte a distanza ravvicinata ed infine senso di vertigini.

Siccome la valutazione di tale disturbo della visione binoculare avviene grazie al punto prossimo di convergenza (punto più vicino entro il quale gli occhi e gli assi visivi non si mantengono più allineati), è importante riconoscere e saper distinguere un'insufficienza di convergenza *falsa* da quella *vera*, poiché la prima è legata ad un problema accomodativo. Un soggetto che presenta un'insufficienza di convergenza vera, tende a non avvicinare il testo per poter leggere bene, oppure se lo avvicina è costretto a sopprimere e quando si ripete il test del punto prossimo di convergenza tende a peggiorare, mentre nelle *false* se si ripete il test tende a migliorare oppure non cambia il punto prossimo di convergenza.

Al contrario dell'insufficienza di convergenza vi è: ***l'eccesso di convergenza***, ovvero gli occhi di un soggetto che presenta esoforia prossimale, convergono troppo quando guarda oggetti a distanza ravvicinata. Si presenta comunemente nei giovani e può essere di natura accomodativa, non accomodativa e innervazionale. Nell'eccesso di convergenza troviamo quindi, una esoforia con difficoltà a mantenere una visione efficiente e confortevole con tendenza ad avvicinare il testo. I sintomi associati ad un eccesso di convergenza possono essere: mal di testa localizzato alla fronte, le immagini distanti tendono a sdoppiarsi in seguito ad una prolungata attività prossimale, quindi i soggetti possono avere fenomeni di diplopia passando dalla visione prossimale a quella distale, mentre l'inverso accade nel soggetto con insufficienza di convergenza. Per un soggetto miope potrebbero dare fastidio gli occhiali o potrebbe aggravarsi la sua miopia.

Nell'insufficienza di divergenza, invece accade che il soggetto non riesce a far divergere totalmente gli occhi quando guarda oggetti lontani. Parliamo di un soggetto che presenta una marcata esoforia a distanza, e una minore foria a distanza prossimale. Essa può essere causata da ipermetropia non corretta, da forme patologiche del sistema nervoso centrale (SNC), o da uno stato emotivo provato.

I sintomi percepiti possono essere: astenopia, episodi di diplopia e di visione annebbiata da vicino e nella refrazione oggettiva si può manifestare ipermetropia.

Nel caso di ***eccesso di divergenza*** la persona riesce a convergere da vicino, ma quando guarda lontano i suoi occhi anziché mantenersi paralleli tendono a divergere eccessivamente, un occhio in particolare perde il controllo e devia verso l'esterno, quindi gli occhi divergono troppo quando si guardano oggetti per lontano.

I sintomi di questa deviazione sono altrettanto invalidanti per la persona e possono precludere le normali attività quotidiane. Questi sono: difficoltà alla guida, specialmente su percorsi rettilinei come l'autostrada, perdita dell'equilibrio, soprattutto in movimento nello spazio, crisi di vertigine, più frequente la mattina appena svegli.

Le disfunzioni accomodative invece, hanno notevole influenza sulla binocularità e sono legate a questa, particolarmente alla convergenza. Si tratta di una difficoltà di passaggio di messa a fuoco tra lontano e vicino, talvolta associati a mal di testa, nausea, visione sfuocata per lontano o per vicino e diplopia, spesso quando si è più stanchi. Tra queste anomalie abbiamo:

Lo spasmo accomodativo, è uno stato di contrattura permanente del muscolo ciliare con conseguente aumento della rifrangenza del cristallino.

Può essere sostenuto da un vizio di rifrazione o da una situazione patologica come ad esempio un trauma, ad estrazioni dentali, oppure ad un uso e abuso di farmaci, in cui si instauri un ipertono ciliare, ma può anche essere presente in soggetti emmetropi.

Nel primo caso, in genere, si tratta di soggetti ipermetropi nei quali si manifesta ipertono del muscolo ciliare per permettere una visione distinta.

Negli emmetropi invece, l'ipertono accomodativo sostenuto nel tempo può determinare una miopia (miopia apparente o pseudomiopia).

Per tale motivo, l'esame del vizio di rifrazione, soprattutto nei giovani, va sempre eseguita dopo una adeguata tecnica di annebbiamento che blocca completamente l'accomodazione. I risultati di refrazione oggettiva e soggettiva differiscono notevolmente, con maggiore correzione negativa nel test soggettivo. Una correzione con lenti negative per migliorare la visione a distanza può essere accettata a breve termine ma tende ad aggravare i sintomi. A questo punto è preferibile la correzione dell'eventuale ipermetropia o astigmatismo presente.

L'insufficienza accomodativa: si verifica quando l'ampiezza accomodativa è significativamente più bassa del valore prevedibile e accettabile in relazione all'età del soggetto. E' una condizione in cui le persone hanno difficoltà a concentrarsi su oggetti vicini, in una misura insolitamente scarsa per la loro fascia di età e negli adulti, questo disturbo è più comune nelle donne rispetto agli uomini. Gli individui che trascorrono molto tempo utilizzando i computer, leggendo o svolgendo lavori dettagliati e ravvicinati sono più inclini a sviluppare i sintomi associati all'insufficienza accomodativa, inoltre i bambini con insufficienza accomodativa possono avere difficoltà con il lavoro scolastico e possono cercare di evitare la lettura quando possibile a causa del disagio che provano.

Può essere conseguente a fattori oculari come: glaucoma oppure a fattori di carattere generale tipo: anemia, diabete, alcolismo e isteria.

Viene rilevata misurando l'ampiezza accomodativa del soggetto e si parla di insufficienza accomodativa se, il valore trovato è inferiore di almeno 5 D al valore previsto per l'età.

Questo tipo di anomalia è diversa dal disturbo noto come presbiopia, comunemente riscontrato nelle persone di età superiore ai 40 anni.

Mentre nella presbiopia, il cristallino perde la sua elasticità e la sua capacità di adattarsi alla messa a fuoco ravvicinata, le persone con insufficienza accomodativa, invece, sperimentano affaticamento degli occhi quando svolgono un lavoro ravvicinato per un periodo prolungato.

Infine per **Inerzia accomodativa**, spesso confusa con la pseudomiopia, si definisce una mancanza di flessibilità accomodativa e si evidenzia attraverso la lentezza della risposta accomodativa associata a un cambiamento della distanza di fissazione.

Per inerzia accomodativa, si indica la difficoltà nel passaggio di messa a fuoco tra lontano e vicino, quindi il soggetto, spostando lo sguardo da un oggetto lontano a uno vicino o viceversa, afferma di notare un certo ritardo prima del ritorno alla visione nitida. Questa generalmente si manifesta con sintomi astenopici nello svolgimento di attività prossimali come: mal di testa, annebbiamento a distanza, riduzione REVIP e in alcuni casi anche diplopia.

L'INFLUENZA DEL LAVORO A DISTANZA RAVVICINATA

3.1 IL RIFLESSO VISUO POSTURALE

L'optometria tradizionale si occupa del comportamento visivo nel suo insieme, ovvero studia i deficit visivi non come causa ma come adattamenti sensoriali all' ambiente circostante.

La maggior parte delle attività umane non si svolgono più in spazi aperti, come un tempo, ma la vita si svolge prevalentemente in ambienti chiusi.

Il sistema visivo deve adattarsi al lavoro alla distanza prossimale e per questo motivo spesso insorgono delle sindromi.

Il **riflesso visuo posturale** descrive come la persona si rapporta con la distanza di lavoro, ad esempio dove legge, ossia la distanza alla quale un soggetto preleva spontaneamente il testo per leggerlo. Esso si misura in centimetri e fornisce un'idea di come lavora, in base ai suoi dati antropometrici e alle sue abitudini.

Indaga, quindi, la stabilità della visione binoculare singola nelle diverse posizioni di sguardo. Quando la distanza di lettura (REVIP) risulta essere molto ravvicinata agli occhi, si possono manifestare alcuni disturbi nevralgici e vestibolari che hanno come sintomo principale il mal di testa spesso tempiale o frontale, parietale, orbitale, che si presenta con frequenza e più spesso dopo lavoro o impegno scolastico.

Questi soggetti, spesso bambini, non riescono a mantenere a lungo l'attenzione.

I disturbi vestibolari si manifestano, invece, con senso di stordimento, vertigini e mal di movimento, i quali si rilevano spesso in soggetti che utilizzano molto la visione centrale e poco utilizzo della visione periferica.

In Optometria viene chiamata “**distanza di Harmon**”, ovvero la distanza che i soggetti dovrebbero rispettare nello svolgimento delle attività prossimali per ridurre le problematiche visive e posturali, risulta essere la distanza fra gomito e prima nocca del dito medio, circa 40 cm.

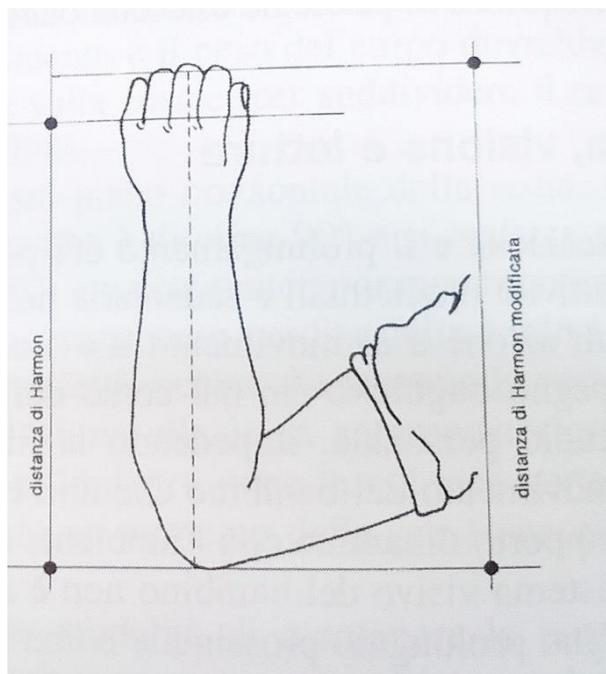


Figura 1.9 **distanza di harmon**, estratta dagli appunti ottenuti partecipando a futuro remoto nel 2017.

Lo stesso *Harmon* affermò dai suoi vari studi, che i soggetti astigmatici tendono ad inclinare e/o ruotare lateralmente la testa, i soggetti miopi la inclinano dietro, gli ipermetropi in avanti.

I soggetti exoforici, invece ruotano in alto le scapole, al contrario degli esoforici che le ruotano in basso.

Quindi, secondo *Harmon*, la condizione ideale per non avere affaticamento e problematiche funzionali è quella di svolgere l'attività di lettura o di scrittura da vicino, poggiando la testa sulla mano (chiusa a pugno) e il gomito sul piano di lavoro (figura 2).

Attualmente è evidente come questo non accada quasi mai, poiché gli apparecchi elettronici ci inducono ad effettuare le nostre attività prossimali ad una distanza inferiore a quella di *Harmon*. Quando si utilizza questa distanza per la lettura si ottiene un ottimale equilibrio tra accomodazione e convergenza e si riesce a mantenere una postura corretta della colonna e del capo.

Distanze inferiori, invece richiedono un maggiore sforzo accomodativo ed una maggiore quantità di convergenza che è stato dimostrato essere spesso la causa della progressione miopica per i bambini.

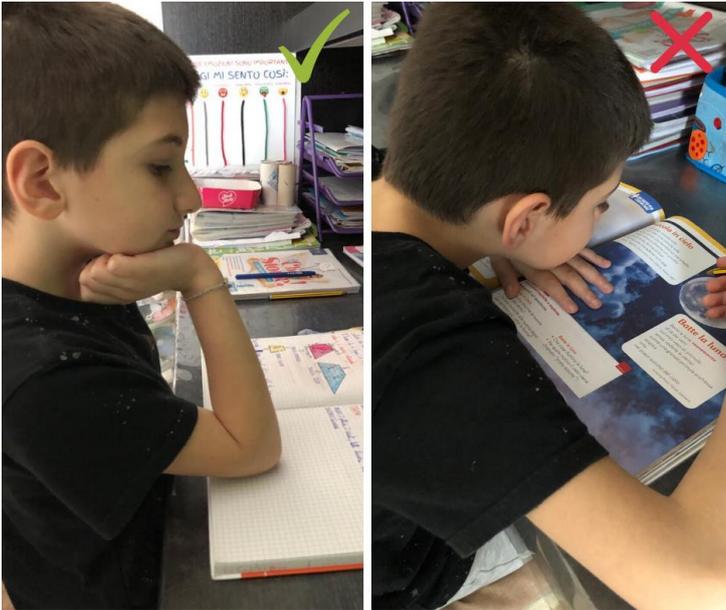


Figura 2 **applicazione della distanza di harmon**, estratta da <https://www.ilmagodioz.com/magazine/2020/4/28/studio-da-casa-e-smart-working-come-salvaguardare-visione-e-postura-in-bambini-ragazzi-e-adulti>

Tuttavia occorre sottolineare come, in realtà, la posizione assunta durante la lettura o la scrittura non sia un atto totalmente volontario quanto piuttosto una complessa reazione quasi automatica legata al livello di difficoltà del testo.

Se osserviamo con attenzione un bambino impegnato nella lettura di un fumetto o di un racconto semplice, che non richiedono particolare attenzione, si può vedere come essa viene solitamente effettuata ad una distanza superiore rispetto a quella che a cui ci si pone quando legge testi scolastici.

Risulta quindi quasi totalmente inutile ripetere ai bambini di tenersi più lontani quando studiano in quanto dopo essersi allontanati a seguito di un particolare richiamo tendono a riassumere la loro posizione preferenziale appena tornano a concentrarsi sul loro lavoro. Ciò non significa che non sia possibile però ottenere un cambiamento nella postura durante il lavoro da vicino.

3.2 **LEGAME TRA POSTURA E VISIONE**

La visione funziona come un propriocettore fornendo informazioni sulla posizione del corpo. Esiste una relazione bidirezionale tra funzione visiva e postura, infatti un'alterazione della funzione visiva comporta una modifica della postura e viceversa. Visione e postura quindi sono due meccanismi all'interno di un unico processo percettivo.

Con il termine *postura* si intende una qualsiasi posizione di equilibrio assunta e mantenuta dal corpo umano in una determinata circostanza. Anche nella posizione di postura più immobile il corpo umano è in movimento: movimenti oscillatori somatici fisici, muscolari, scheletrici, respiratori, cardiocircolatori, fasciali e viscerali, oculomotori, mandibolari e linguali ecc.

Le posture scorrette sono fonte di innumerevoli conseguenze e il problema non è affatto da sottovalutare, visto che è una persona su quattro a soffrire di disturbi di questo genere.

Si è a conoscenza del fatto che il carico gravitazione varia a seconda se un soggetto è seduto o è in piedi e molto spesso un individuo preferisce assumere una posizione ad esso più comoda in relazione all'ambiente in cui si trova a dover eseguire i propri compiti.

Nel mondo tecnologicamente avanzato, in considerazione di smart working e DaD, è facile sia per adulti che per ragazzi passare quasi l'intera giornata a guardare e/o utilizzare dispositivi elettronici (pc desktop o portatili, smartphone, tablet).

La visualizzazione su uno schermo digitale è diversa dalla lettura di una pagina stampata, dato che le lettere possono non essere così precise o nettamente definite, la presenza di abbagliamento e riflessi sullo schermo rendono difficile la visione, il livello di contrasto sullo sfondo può essere ridotto, le distanze e gli angoli di visione utilizzati sono diversi da quelli comunemente usati per altre attività di lettura o scrittura.

Di conseguenza, i requisiti per la messa a fuoco e il movimento degli occhi per la visualizzazione su schermo digitale possono porre ulteriori richieste al sistema visivo, tanto che la presenza di problemi visivi (non correzione o non adeguata correzione di difetti di vista, disturbi della binocularità, ecc.), anche relativamente minori, influisce sul comfort e sulle prestazioni davanti ad uno schermo digitale.

Inoltre, le attività con uso di dispositivi elettronici attirano costantemente l'attenzione della persona, riducendo la frequenza con cui vengono chiuse le palpebre (frequenza di ammiccamento). Ciò comporta maggiore evaporazione delle lacrime con potenziale compromissione della loro funzione protettiva/lubrificante ed induzione della sensazione di secchezza oculare e/o di riduzione della qualità visiva.

Purtroppo, quando si rimane a lungo in posizioni scomposte o "errate", la mente cambia l'immagine esatta che ha della colonna e delle articolazioni, di modo che, dopo un certo tempo, la mente considera usuale una posizione in realtà "sbagliata".

Una postura è definita tollerabile quando a breve termine non provoca disagio, affaticamento o dolore, e a lungo termine non causa patologie morfo-funzionali dell'apparato oculomotore.

Molte persone, infatti, avvertono numerosi disturbi durante e dopo periodi prolungati di messa a fuoco degli occhi sui display elettronici, computer, smartphone e tablet in ambienti non adeguatamente illuminati.

Ne consegue una forma di affaticamento detta **astenopia visiva**, come risposta ad uno sforzo muscolare di messa a fuoco (accomodazione) eccessivamente protratto degli occhi.

I sintomi si verificano perché le esigenze visive del compito superano le capacità visive dell'individuo per eseguirle comodamente.

Gli effetti a carico della vista possono essere: una visione offuscata o doppia, avvertire senso di bruciore, prurito, vi è secchezza e arrossamento oculare, ma anche problematiche neurologiche come: mal di testa, astenia, perdita di lucidità, e soprattutto senso di nausea e vertigini, mentre gli effetti a livello fisico sono legati a dolori al collo e alla schiena causati dal fatto che la postura da seduti aumenta del 40% la pressione sui dischi rispetto a quando si è in piedi, favorisce la flessione anteriore del rachide, tende a ridurre la lordosi lombare,

infatti quando la sedia è troppo bassa, ci si rilassa formando una curvatura quasi opposta a quella fisiologica che da concava (lordosi) diviene convessa (cifosi). Inoltre, la contrazione dei principali muscoli flessori può far inarcare in modo scorretto la schiena, inducendo la chiusura delle spalle con compressione della cassa toracica con conseguenti problemi a livello della respirazione disfunzionale e blocco diaframmatico.

L'immagine che si può avere di una persona che lavora a distanza o di un ragazzo che ascolta e interviene alle lezioni è quella di avere il busto lontano dallo schienale e inclinato, il collo spinto in avanti per vedere meglio, la mano del mouse sospesa e "accartocciata" di lato, nonché spinge le gambe incrociate all'indietro. Alcune persone inclinano la testa ad angoli strani o si piegano verso lo schermo per vederlo chiaramente, talora perché i loro occhiali non sono specificatamente progettati per guardare un computer o uno schermo elettronico, dato che questi impongono (specie i pc) una terza distanza visiva, intermedia tra quella per lontano e quella per lettura.

Le condizioni peggiori si evidenziano quando le persone guardano e scrivono su dispositivi elettronici portatili, ad esempio il pc, esse sono curvate, con il collo piegato verso il basso, le spalle abbassate e spesso con le gambe incrociate.



Figura 2.1: **posture scorrette durante l'utilizzo dei dispositivi elettronici**, estratta da: <https://it.begin-it.com/897-six-tips-to-help-save-yourself-from-poor-computer-posture>

Il peso della testa può esercitare una forza diversa in relazione alla sua inclinazione: quando è ben bilanciata sulle spalle imprime una forza relativa al proprio peso, ma occupando posizioni inclinate diverse la forza esercitata può aumentare notevolmente, ad esempio: se è bilanciata sulle spalle, la testa umana pesa in media 4,5 kg, ma con un'inclinazione di 15° arriva a pesare sulla colonna fino a 12 kg, a 30° fino a 18 kg, a 60° (il mento sta toccando il torace) fino a 27 kg.

Il rischio è che il collo vada incontro a contratture, le cui conseguenze rientrano nell'insieme di sintomi noti comunemente come cervicalgia, con dolore localizzato in corrispondenza delle vertebre superiori della colonna vertebrale, associato all'infiammazione dei muscoli para-vertebrali, impattando sulla facilità di movimento del collo stesso e accompagnata spesso a disturbi quali vertigini, nausea, cefalea.

Gli squilibri posturali si manifestano quando vi sono problematiche o disfunzioni a livello motorio e recettivo dell'apparato oculare, ovvero la retina fornisce informazioni sulla localizzazione del corpo perché prende dall'esterno le informazioni sulla posizione e sulla dimensione degli oggetti nell'ambiente, mentre i muscoli extraoculari intervengono nell'esecuzione dei movimenti oculari, il cui scopo è quello di seguire le immagini e mantenerle sulla retina per consentire la fusione a livello cerebrale (corticale) ed ottenere un'immagine tridimensionale del mondo esterno, una mancanza di coordinazione sia a livello retinico che quello motorio determina degli squilibri posturali.

Le cause che determinano questi squilibri posturali possono essere legate a:

- **Disturbi di tipo refrattivo**, ad esempio la miopia, ipermetropia, astigmatismo, anisometropia o ancora piccoli difetti visivi non corretti o sottocorretti possono far sì che i soggetti assumono posizioni anomale del capo per cercare di compensare tali difetti e tali posture "errate" protratti per molto tempo possono determinare spesso capogiri e vertigini, cefalee e blocchi del tratto cervicale.
- **Disturbi legati ad alterazioni della motilità oculare** ad esempio eteroforie, strabismo latente convergente o divergente.
- **Disturbi legati alla convergenza oculare** ovvero, la limitazione della convergenza di un occhio provoca una riduzione della rotazione della testa dallo stesso lato. Ricordiamo inoltre che l'aver una vista perfetta non esclude la presenza di un disturbo della convergenza.

Molto spesso non è possibile astenersi dall'utilizzo del computer e di altri dispositivi elettronici e il periodo di pandemia attuale ha sicuramente contribuito ad aumentare, per molte persone e soprattutto per i giovani, le ore trascorse davanti a questi dispositivi, ma è importante riuscire a prevenire eventuali malesseri causati dal suo eccessivo utilizzo. Sarà, quindi, di grande aiuto adottare alcuni piccoli accorgimenti per non risentirne negativamente.

Per il *benessere visivo* sono utili i seguenti accorgimenti:

1. La luminosità degli schermi digitali

È importante che le impostazioni di luce e contrasto siano tali da non essere abbagliati e non avvertire una sensazione di fastidio, ovvero la lettura e visione sul monitor dovrebbero essere piacevoli. L'ideale sono gli schermi con sensore di regolamento della luminosità automatico. Schermi a bassa risoluzione sono dannosi per la vista. Un'alta risoluzione affatica meno gli occhi.

2. L'illuminazione ambientale

Non bisognerebbe utilizzare il computer o gli altri dispositivi dotati di schermo al buio poiché la sola luce del monitor non è sufficiente e affatica eccessivamente l'occhio, l'ideale sarebbe, cercare di creare un bilanciamento tra la luce dell'ambiente e quella dello schermo. Come si può vedere in figura 1.9, la posizione della luce, non dovrebbe fare in modo da creare un'ombra con la posizione della mano mentre si scrive. Inoltre non dovremmo mai esporre lo schermo alla luce del sole: ciò impedirebbe di vedere lo schermo senza sforzare la vista.

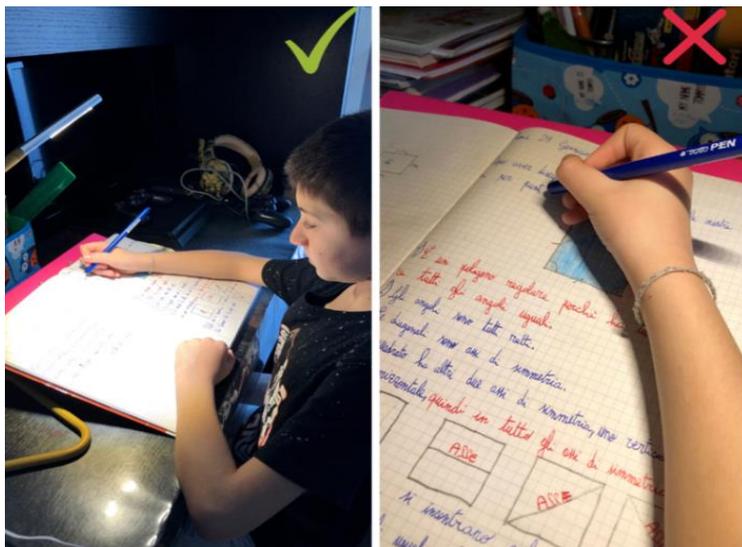


Figura 2.2: **L'illuminazione** estratta da:
<https://www.ilmagodioz.com/magazine/2020/4/28/studio-da-casa-e-smart-working-come-salvaguardare-visione-e-postura-in-bambini-ragazzi-e-adulti>

3. La distanza dagli occhi allo schermo digitale

Bisognerebbe posizionare il computer ad una distanza pari a quella del proprio braccio teso, questa sarebbe la posizione ergonomicamente più adatta, che evita sforzi o impedimenti nell'utilizzo di tastiera e mouse, mentre il monitor deve essere all'altezza degli occhi. Mantenendo una normale posizione del capo ma bisogna contrastare la tendenza ad abbassare gli occhi, il quale comporta ad un più rapido affaticamento visivo e spesso a cefalee localizzato in area temporale. (Figura 2.3)

Invece nel caso di utilizzo dello smartphone, la distanza dagli occhi deve essere di almeno 60 cm.



Figura 2.3: **La distanza dagli occhi allo schermo digitale** estratta da:
<https://www.ilmagodioz.com/magazine/2020/4/28/studio-da-casa-e-smart-working-come-salvaguardare-visione-e-postura-in-bambini-ragazzi-e-adulti>

4. La regola 20/20/20

Gli esperti, per prevenire i disturbi agli occhi, consigliano di seguire la **regola 20/20/20**, ossia per ogni 20 minuti di visione da vicino, bisogna fissare un punto molto lontano per almeno 20 secondi e ancora, per ogni 20 minuti si raccomanda di chiudere le palpebre e poi strizzarle leggermente per pochi secondi.

Per il *benessere fisico* invece bisogna assumere una postura corretta, ossia sedersi davanti al computer usufruendo di una sedia dotata di schienale, in questo modo capo e schiena sono retti mentre le ginocchia dovrebbero formare un angolo di 90 gradi, (per far sì che questo si verifichi si può prendere anche un piccolo poggia piedi). (Figura 2.4).

Fondamentale, oltre ad avere una sedia regolabile il ch  ci permette di tenere i piedi poggiati sul pavimento   tenere gli oggetti che occorrono a portata di mano, senza dover compiere bruschi movimenti per poterli raggiungere.

Anche bilanciare il peso   fondamentale, infatti quando si trasporta la borsa con all'interno il proprio computer,   importante cercare di bilanciare il peso su entrambe le spalle, in modo da non avere il sovraccarico su una.

Questi pochi e semplici consigli sulla postura corretta al computer e sulla posizione del monitor potranno essere sicuramente di giovamento.

Infine si raccomanda di tenere sotto controllo la vista con visite oculistiche periodiche: un occhiale od una lente a contatto adatta pu  essere utile per diminuire l'affaticamento visivo.



Figura 2.4: **La posizione dei piedi** estratta da:
<https://www.ilmagodioz.com/magazine/2020/4/28/studio-da-casa-e-smart-working-come-salvaguardare-visione-e-postura-in-bambini-ragazzi-e-adulti>

3.3 LA LUCE EMESSA DAGLI SCHERMI DIGITALI

Fin dagli albori della civiltà l'uomo ha osservato con interesse e curiosità i fenomeni luminosi come: il lampo, il fuoco, l'eclissi, in assenza di una vera e propria cultura scientifica, venivano interpretati come strumenti di cui si servivano le divinità per manifestare la loro volontà o i loro umori. Si definisce *luce* l'insieme di radiazioni che suscita una sensazione visiva; tuttavia, è necessario differenziare il termine generale di *radiazione visibile* e il termine *luce*: con il termine di radiazione visibile andiamo ad indicare una piccola banda che suscita una stimolazione percepibile nell'apparato dello spettro visibile.

Lo spettro visibile è compreso in quella regione di radiazione elettromagnetica avente lunghezze d'onda tra 380 (o 360) e 760 nm, mentre radiazioni con lunghezze d'onda di poco inferiori (ultravioletto, UV da 400 a 100 nm) o poco maggiori (infrarosso IR da 0,7 a 1000 μm) non sono visivamente percepibili dall'occhio umano.

A lunghezze d'onda più corte corrisponde un'energia più grande rispetto a lunghezze d'onda più lunghe, la luce viola ad esempio, (frequenza 688-789 THz) ha una lunghezza d'onda pari a 380-450 nm, il che significa che ha la frequenza e l'energia più elevate, mentre il rosso ha la lunghezza d'onda più lunga, la frequenza più corta e l'energia più bassa.

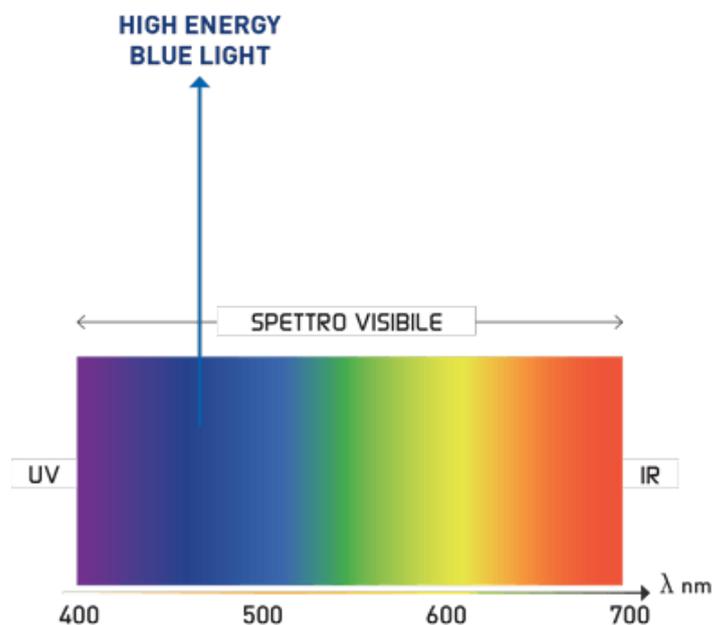


Figura 2.5 **lo spettro elettromagnetico: la luce visibile**, estratta da: appunti di fisica della visione forniti durante il corso.

La parte visibile dello spettro entro un certo limite energetico suscita una sensazione ed è indispensabile per la visione.

Le altre radiazioni hanno effetti sui tessuti biologici che crescono direttamente con la quantità assorbita da un tessuto o da un organo relazionata al tempo ed all'energia in Joule. Il calore che la retina riceve con le radiazioni è, fino ad alcuni gradi, disperso dalla circolazione coroidale, oltre causerebbe un'ustione.

La porzione della radiazione infrarossa viene percepita come calore ed è responsabile delle lesioni termiche, a livello corneale, congiuntivale, cristallinico e retinico. Sebbene essa raggiunga la retina, i fotorecettori non sono in grado di rilevare stimoli con tale lunghezza d'onda e un'emissione infrarossa appare "nera" o inesistente.

Questa insensibilità del sistema visivo è sfruttata, ad esempio, ai fini di sicurezza con la fotografia IR o in strumenti oftalmici, per ottenere un'illuminazione del fondo, senza indurre miosi che renderebbe difficoltosa l'osservazione o la misurazione.

Per quanta riguarda, invece, la porzione ultravioletta viene filtrata dai mezzi ottici oculari e di conseguenza non raggiunge, né influenza la retina. Poiché massima parte dell'UV viene assorbita dai mezzi ottici, le degenerazioni da UV sono a loro carico e causano: cataratta, fotocheratite, congiuntivite e nel lungo tempo influenza anche l'endotelio corneale.

I raggi ultravioletti possono causare ustioni, generando così una moria cellulare, infatti questo potere abiotico risulta essere utile per distruggere i microrganismi, ad esempio, le lampade usate nelle sale chirurgiche, possiedono una forte emissione UV e partecipano al mantenimento della sterilità dell'area durante le ore di inattività.

L'irradiazione UV sulla pelle, invece, permette la sintesi della vitamina D e causa l'abbronzatura, ma un'esposizione UV prolungata può però dare lesioni cutanee. Le lesioni causate dall'IR sono caratterizzate da una penetrazione superiore.

Per produrre radiazioni visibili, in assenza di illuminazione naturale, ovvero la radiazione prodotta dalla massa solare sottoposta alla filtrazione atmosferica, si ricorre a diversi generatori luminosi che differiscono principalmente per la tecnologia di produzione della radiazione.

Attualmente, questi generatori luminosi, come ad esempio i LED, i quali sono stati progettati per migliorare e facilitare la nostra quotidianità, hanno però fatto sì che le nostre abitudini si siano modificate, e di conseguenza anche lo spettro luminoso al quale siamo esposti con le nostre abitudini visive risulta essere modificato, in quanto emettono una quantità di *Luce Blu* notevolmente maggiore rispetto alle tradizionali lampadine del passato.

La Luce Blu risulta essere presente naturalmente nel sole ovvero nella luce dell'alba e del tramonto assoluti, mentre è emessa artificialmente da dispositivi LCD e LED, dalle luci allo Xenon, dalle lampadine a basso consumo e da tutti gli schermi di PC, Tablet, Smartphone e TV. La luce blu, avendo una lunghezza d'onda più corta ha quindi, maggior frequenza ed energia. Questa è una forma di radiazione elettromagnetica dello spettro del visibile che è compresa tra i 380 e i 500 nm (figura 2.5) ed è particolarmente dannosa tra i 390 e i 455 nm. Recentemente è stato evidenziato che buona parte dei problemi visivi a carico degli schermi digitali di computer e smartphone è dovuto alla luce blu che essi emettono.

Gli esseri umani sono da sempre stati esposti a questo tipo di luce solamente durante il giorno ed è solo negli ultimi 10 o 20 anni che si è cominciato ad esporre i nostri occhi alla luce blu durante le ore notturne; dunque, una quantità eccessiva di luce nell'intervallo ultravioletto e blu-violetto può danneggiare l'occhio umano.

Oltre a provocare un'infiammazione dolorosa della congiuntiva e della cornea, può anche causare danni al cristallino (ad esempio la cataratta) e, in particolare, alla retina determinandone una degenerazione maculare. Questo perché le difese naturali dell'occhio

non sono sufficienti per schermarsi da questo tipo di radiazione, infatti, a differenza delle altre radiazioni che vengono assorbiti dalla cornea e dal cristallino, la luce blu-viola penetra in profondità nell'occhio e colpisce la retina nella sua parte centrale, la macula piccola area che si occupa di elaborare le informazioni visive. Non per ultimo va ricordato che l'occhio umano è naturalmente predisposto per difendersi dagli effetti dannosi della luce: la pupilla si restringe, le palpebre si chiudono, lo sguardo si distoglie automaticamente per evitare che la luce entri troppo intensamente nella retina, provocandone il danneggiamento, ma il fatto di esporci a lungo ai dispositivi elettronici può compromettere queste difese naturali.

I disturbi riportati con maggiore frequenza, dopo una giornata trascorsa davanti ad un terminale, sono: irritazione e affaticamento oculare.

Per ovviare a queste evenienze, quindi, risulta essere consigliato utilizzare occhiali, anche non correttivi, dotati di lenti appositamente trattate per schermare la luce blu, in grado di proteggere l'occhio durante l'esposizione e da utilizzare durante la giornata lavorativa trascorsa al PC, guardando la TV e fissando lo smartphone.

3.4 IL RUOLO RIVESTE LA LUCE BLU NEL CIRCADIANO

Tutte o quasi le specie animali e vegetali sul pianeta hanno ritmi ***circadiani*** (circadiem, intorno al giorno) ossia processi fisiologici che si ripetono nell'arco delle ventiquattr'ore, attivati da fattori interni ed esterni. Esistono modelli dell'attività cerebrale, di produzione di ormoni, di rigenerazione cellulare e altre attività biologiche collegate a questo ciclo giornaliero il cui ritmo è strettamente correlato all'alternanza luce-buio.

La luce blu è fondamentale per facilitare il risveglio del nostro corpo la mattina, mentre il suo effetto è dannoso se viene percepita dal nostro occhio la sera tramite l'emissione di un dispositivo digitale.

La luce blu ***artificiale*** è in grado di far percepire al nostro organismo le stesse condizioni che naturalmente avvengono al risveglio, causando difficoltà nel prendere sonno e rallentando la produzione di melatonina nell'organismo. ***La melatonina*** è una molecola derivata dal ***triptofano***, un aminoacido molto importante nella regolazione del sonno perché da esso deriva la ***seratonina***, il neuromediatore del benessere e il neurotrasmettitore cerebrale che stimola il rilassamento e induce il sonno. La ***melanopsina*** è un altro ormone che viene prodotto quando alcune cellule della retina vengono colpite dalla luce. La ***melanopsina*** è l'antagonista della melatonina in quanto, condiziona il cervello a restare sveglio e vigile.

La maggior produzione di ***melanopsina*** avviene quando la luce che colpisce la retina ha una lunghezza d'onda di circa 480 nanometri, ossia la luce blu. Tale tipologia di emissione è quindi in grado di influenzare i neurotrasmettitori del ***tratto retino ipotalamico***, responsabile della regolazione del ritmo circadiano, che controlla tutti i processi biologici, non solo la condizione di sonno-veglia, ma anche la secrezione ormonale e così via, generando un'alterazione sia fisica che comportamentale.

Alcuni ricercatori di Harvard hanno condotto un esperimento confrontando gli effetti di 6,5 ore di esposizione alla luce blu con l'esposizione a luce verde di luminosità comparabile.

La luce blu ha soppresso la melatonina per circa il doppio della luce verde e ha spostato i ritmi circadiani del doppio (3 ore contro 1,5 ore).

Tra i sintomi più comuni, derivanti da un'alterazione del ritmo circadiano, ricordiamo la difficoltà a prendere sonno, scarsa qualità di sonno notturno, problemi nel restare vigili, cali di energia durante il pomeriggio, difficoltà ad alzarsi la mattina e problemi di memoria e apprendimento. Se però questa situazione di disequilibrio si protrae a lungo nel tempo, può portare a sviluppare anche patologie più serie, come malattie cardiovascolari, problemi gastrointestinali, poiché le attività influenzate dal ritmo circadiano sono in relazione con il coordinamento della motilità intestinale e, infine, si può avere un'alterazione del sistema immunitario, poiché non dormire a sufficienza influisce sulla capacità del corpo di combattere naturalmente le infezioni.

Un dato particolarmente interessante rilevato dagli studi del **LRC** (*Lighting Research Center* nello Stato di New York, è uno dei più importanti centri di ricerca al mondo sulla luce e sulle sue applicazioni pratiche) è che gli adolescenti tra i 15 e i 17 anni sono più sensibili degli adulti alla soppressione della melatonina causata dalla luce blu, mentre altri studi mostrano come i bambini di 6-8 anni siano ancora più sensibili.

Ancora questo centro di ricerca (**LRC**) ha dimostrato come i risultati di una ricerca condotta nel 2015 evidenzia che tra gli adolescenti l'esposizione a uno schermo retroilluminato per un'ora sopprime la melatonina del 23% circa, mentre l'esposizione per due ore la sopprime del 38%.

In altre parole, nonostante la mancanza di moderazione nell'utilizzo dei device elettronici sia diffusa a tutte le età, è probabile che siano i più giovani a riportarne i danni maggiori.

Sebbene alcune ricerche abbiano tentato di dimostrare scientificamente che l'impiego di speciali occhiali, caratterizzati da lenti color giallo ambra prima di dormire, possa migliorare la qualità del sonno, l'unico sistema per migliorare la qualità del sonno e la capacità di addormentarsi in tempi rapidi sembrerebbe solo uno, ovvero quello di spegnere lo smartphone una o due ore prima dell'orario del riposo, perché in quel momento l'organismo inizia a produrre melatonina, concedendo un po' di relax agli occhi mediante altri tipi di attività.

LA TESTIMONIANZA DELL'ARTICOLO

4.1 VERGENZA E SENSO DI VERTIGINI IN UN GRUPPO DI BAMBINI

Con il termine "vertigine" si sta ad indicare un'illusoria e sgradevole sensazione di movimento (rotazione o anche ribaltamento) del corpo o dello spazio circostante.

Non è altro quindi che una qualsiasi percezione di movimento in assenza di reale movimento. In genere, è provocata da problemi dell'equilibrio che coinvolgono il funzionamento dell'orecchio interno quindi disfunzione del sistema vestibolare, ma possono anche essere determinate da problemi come disturbi visivi; ad esempio i deficit di vergenza rendono difficile la stabilizzazione dello sguardo durante i movimenti del corpo e quindi causano una visione doppia o sfocata.

Smart working e DAD, amplificati dallo scoppio della pandemia sono stati negli ultimi tempi, due delle conseguenze più diffuse sulla vita quotidiana di lavoratori e studenti. Proprio per questo, statisticamente si è potuto constatare un aumento del tempo trascorso davanti allo schermo di un computer o di un telefonino. Purtroppo in questo frangente sono stati tra i pochi strumenti più utilizzati, per continuare a rimanere in contatto con amici e parenti, per lavorare e per dare continuità alla scuola.

È chiaro che l'attività visiva prolungata da vicino e su schermi di piccola dimensione può dare disagi visivi, favorire la miopia, disturbi astenopici e affaticamento visivo, cefalea frontale in ipermetropi e anche, in alcuni casi, l'evidenza di strabismi, dovuti da un eccessivo stimolo in accomodazione e convergenza. Gli studenti costituiscono una categoria che ha subito maggiori conseguenze lamentando più volte al giorno mal di testa, bruciore degli occhi, mal di schiena, senso di vertigine, capogiro visione doppia e malessere psicologico.

Testimonianza di ciò è l'articolo intitolato: "***Saccades and Vergence Performance in a Population of Children with Vertigo and Clinically Assessed Abnormal Vergence Capabilities***" pubblicato su *pubmed*, ossia una banca dati biomedica accessibile gratuitamente on line, contenente circa 16 milioni di citazioni di articoli scientifici, di ambito biomedico o di scienze affini.

I soggetti di questo studio, sono stati 44 bambini di età compresa tra i 10 e 15 anni; questi riferivano episodi in cui l'ambiente sembrava muoversi intorno a loro sentendosi storditi o sbilanciati e tali sintomi si verificavano frequentemente durante la giornata.

Tali disagi erano correlati alla stanchezza presente a fine giornata scolastica o spesso dopo una lunga esposizione agli schermi di computer o televisori. La durata di questi effetti era breve, meno di 1 minuto.

Tutti i bambini sono stati sottoposti sia ad esami vestibolari che optometrici completi. Successivamente i dati dei bambini con vertigini sono stati confrontati con i dati di un gruppo di altri 28 bambini, di età comparabile senza sintomi di vertigini.

4.2 **ESAMI VESTIBOLARI**

Gli esami vestibolari prevedevano una serie di test che permettevano la valutazione del canale e degli otoliti. La cui valutazione della funzione dell'orecchio nel suo interno è stata completata poi, da test dell'udito svolto con tecniche audiometriche tonali e vocali.

I risultati di tutti i test, hanno dato esito negativo per tutti i bambini per cui è risultato ovvio che le cause non fossero dovuti a disturbi vestibolari.

4.3 **ESAMI DELLA VISTA**

Successivamente i bambini sono stati sottoposti ad esami della vista per valutare la loro funzione visiva, misurando sia l'acuità visiva che i loro movimenti oculari. Sono stati eseguiti questi test:

- ❖ **Misura del punto prossimo di convergenza**, posizionando una piccola penna-luce a 30-40 cm nel piano mediano di fronte al bambino e spostandola lentamente verso gli occhi fino a che uno dei perde la fissazione.

- ❖ **Misura dell'eteroforia** (cioè la deviazione latente di un occhio quando l'altro è coperto) è stata misurata sia in visione prossimale che distale, utilizzando il test cover-uncover e il test Maddox.

- ❖ **Misura dell'ampiezza fusionale di convergenza e divergenza** è stata misurata sia da lontano (4 m) che da vicino (30 cm), utilizzando una barra prismatica base-in e una base-out. L'ampiezza della divergenza è stata misurata due volte, prima e dopo la misura della convergenza.

I risultati hanno dimostrato che i bambini presentavano valori anormali per quanto riguarda la misura del punto prossimo di convergenza; ciò ha permesso di classificarli in tre diversi gruppi con livelli bassi, intermedi e alti di anomalie di vergenza:

- **Gruppo 1:** bambini con un *basso livello di insufficienza di convergenza* e con presenza di spasmi accomodativi. Il gruppo è costituito da 13 soggetti e il 46% di loro ha lamentato mal di testa;
- **Gruppo 2:** bambini con un *livello intermedio di insufficienza di convergenza* con un punto prossimo di convergenza ad una distanza ≥ 7 cm. Sono presenti 14 bambini e cinque di essi, presentavano una scarsa convergenza fusionale da lontano e valori di foria anomali da vicino. Per la maggior parte di questo gruppo è stata osservata anche una scarsa convergenza a breve distanza e il 78% di loro ha lamentato mal di testa;
- **Gruppo 3:** bambini con un *alto livello di insufficienza di convergenza* con punto prossimo di convergenza ad una distanza ≥ 7 cm, nel caso di sei soggetti su 17, è presente una scarsa divergenza fusionale e convergenza a entrambe le distanze. Per molti di essi è stata segnalata anche esoforia ad entrambe le distanze e il 58% di loro ha lamentato mal di testa.

Per riassumere, la valutazione optometrica ha mostrato una scarsa ampiezza fusionale di vergenza per tutti e tre i gruppi di bambini rispetto a quelli che non presentavano i disturbi citati, inoltre il *gruppo 3* ha anche mostrato capacità di convergenza ridotte rispetto agli altri due gruppi.

È noto che durante la preparazione di un movimento oculare avvengono diversi processi come: lo spostamento dell'attenzione visiva rispetto al nuovo punto da osservare e la fissazione, in quanto è con essa che si ha l'acquisizione delle informazioni.

Per questo motivo, oltre la valutazione dell'acuità visiva è stata fatta anche una valutazione dei movimenti oculari, con particolare attenzione a quelli saccadici.

Questi rapidi movimenti volontari dell'occhio, sono stati valutati con un dispositivo fotoelettrico *l'oculometro* che consente la registrazione dei movimenti oculari orizzontali.

I risultati di questo strumento ha permesso di evidenziare un ulteriore problema visivo; i bambini non avevano solo alterazioni della motilità oculare, ma presentavano una ridotta capacità di localizzare correttamente il bersaglio in profondità.

Nel complesso, questi risultati supportano l'ipotesi che queste carenze potrebbero essere dovute a disfunzioni delle strutture corticali e/o sottocorticali, probabilmente è presente un deficit centrale nella programmazione e nell'attivazione di saccadi e vergenza in questi bambini.

Al fine di migliorare il range dell'ampiezza fusionale di vergenza, alla maggior parte di questi bambini (36/44) è stato prescritto un *visual training* (rieducazione visiva), mentre per gli altri otto bambini è stata prima prescritta una correzione ipermetropica di 0,50 diottrie per entrambi gli occhi al fine di constatare se questa potesse essere sufficiente al miglioramento della condizione.

Il valore correttivo così basso è stato prescritto esclusivamente per i bambini che hanno mostrato un miglioramento della loro acuità visiva a grandi distanze con questa correzione.

Lo scopo è stato quello diminuire la richiesta di accomodazione e/o ridurre la quantità di esodeviiazione agendo sul rapporto AC/A.

Questi soggetti sono stati controllati periodicamente durante il visual training e già dopo 12 sessioni di esercizi di vergenza è stato riscontrato che la convergenza è rimasta al di sopra del livello normale, ma nessuno dei bambini ha avvertito vertigini o mal di testa dopo l'allenamento e/o dopo aver indossato la piccola correzione.

Conclusioni

Al termine di questo lavoro di tesi si può prendere coscienza del fatto che, l'introduzione della Dad (con questa sigla viene chiamata la "didattica a distanza"), ha suscitato un malcontento proprio fra gli studenti costretti a stare ore seduti davanti ad uno schermo, privati anche dell'aspetto "sociale" dell'incontro. Dal punto di vista fisico risulta essere molto stressante essere costretti a fissare uno schermo per 5/6 ore consecutive a cui si aggiungono altre ore, nel pomeriggio, per svolgere i compiti o semplicemente per restare aggiornati sul mondo del web. L'utilizzo di questi dispositivi, infatti, aumenta una serie di problematiche legate agli occhi. I giovani non sono abituati a passare così tante ore davanti ai videotermini ma soprattutto gli occhi di bambini e adolescenti sono ancora in fase di sviluppo e un occhio in fase di sviluppo sta modificando la sua forma anatomica e l'esposizione prolungata alle luci degli schermi può portare, nei pazienti predisposti, ad un aumento della miopia.

Per la maggior parte degli studenti si è notato anche un calo nella vista, per cui risulta essere sufficientemente utile, per la crisi pandemica che stiamo vivendo, l'aver imposto la Didattica a distanza come strumento fondamentale per giovani e bambini ad avere una formazione e un apprendimento costante ma che queste non vadano ad inficiare sulla salute.

Bisogna sottolineare che i sintomi delle vertigini che stanno diventando sempre più frequenti nei bambini, a causa dell'uso prolungato di schermi di computer e videogiochi, sono associati a prestazioni oculomotorie anormali, ovvero scarsa precisione dei movimenti oculari nello spazio naturale e in particolar modo anche le anomalie di vergenza risultano essere responsabili di movimenti oculari anormali, come descritto nell'articolo riportato nelle pagine precedenti in cui viene dimostrato attraverso una valutazione statistica di questi bambini che avvertivano senso di vertigini come, tali effetti siano generati dalle anomalie di vergenza.

D'altro canto, dobbiamo sottolineare che la scarsa accuratezza dei movimenti oculari riportata dal seguente studio, potrebbe essere causata anche da una ridotta capacità dei nostri bambini di localizzare correttamente il bersaglio. Si ritiene che tale compromissione nella localizzazione del bersaglio possa causare difficoltà nella preparazione e nell'esecuzione dei movimenti di vergenza, portando a movimenti oculari imprecisi.

Bibliografia

1. Anto Rossetti Pietro Ghaller **“Manuale di optometria e contattologia”** seconda edizione Zanichelli editore,
2. Ferdinando Catalano **“Elementi di ottica generale”** Zanichelli,
3. Paolo Carelli, Dispense lezioni di **tecniche fisiche per l’optometria**,
4. Luigi De Luca e Michele Gagliardi dispensa, congresso ACOIN **“visione e binocularità”**
5. Luigi De Luca e Michele Gagliardi dispensa, congresso ACOIN **“L’approccio optometrico”**
6. Zeri F. Rossetti A., Fossetti A, Calossi A. **“ottica visuale”** società editrice universo Roma,
7. Lupelli L.-Fletcher R.-Rossi A. **“contattologia. Una guida clinica**,1198,
8. Salvatore Abys, Dispense lezioni di **optometria avanzata**,
9. Increase strength and mood with posture. Biofeedback 12
Bressan P. & Mantovani E. **“Approccio multidisciplinare alla posturologia”**, Martina Editore,
10. L. Merola, Liguori A **“ Esperimentazioni di Fisica Ottica”**,

Sitografia

1. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0023125>
2. <https://www.iguzzini.com/it/lighthinking/luce-blu-e-ritmi-sonno-veglia-un-rapporto-difficile-ma-necessario/>
3. <https://www.crvisione.it/wordpress/wp-content/uploads/2017/09/NORMEIGIENEVISIVA2017.pdf>

Ringraziamenti

Scrivo queste righe per esprimere la mia gratitudine nei confronti di tutte le persone che sono state presenti durante questo percorso.

*In primis, voglio ringraziare il Professore **Michele Gagliardi**, relatore di questo elaborato, per la sua pazienza nei miei confronti, per la sua immensa disponibilità, per il suo prezioso aiuto anche a distanza ed infine per i suoi suggerimenti senza i quali non saprei come essere arrivata a questo punto. Grazie alle sue indicazioni, ha supportato le mie idee rendendole possibili, spero di essere riuscita a racchiudere le informazioni necessarie per questo lavoro.*

*Proseguo poi ringraziando **Andrea Tagliaferri** e suo padre **Pasquale**, che, insieme a **Paolo** durante il tirocinio nel loro centro ottico, mi hanno aiutata ad avere una crescita sia personale che culturale. E grazie a loro che oggi ho una visione amplificata e differente. E grazie a loro che oggi devo il mio nuovo modo di avvicinarmi al mondo e alla realtà che mi circonda. Sono stati in grado di tirare fuori il meglio di me, nonostante non stavo attraversando un periodo per me facile. L'ottica tagliaferri è stata la mia terapia, le mie uscite di sabato e le mie pre-festività natalizie, il mio mondo, insomma la mia seconda casa, il luogo dove ti rifugi e dimentichi per quelle ore la realtà esterna. Non vi dimenticherò mai, vostra Ross.*

Ho dedicato questa tesi alla mia famiglia, perché sono contenta di poter dare loro questa gioia odierna, perché io ci provo di continuo, non sempre riuscendovi purtroppo, ad essere le figlia perfetta che loro si meritano.

*Ringrazio i **miei genitori**, poiché sono stati il mio punto di riferimento, per tutti i valori che mi hanno trasmesso e perché con grande sostegno mi hanno permesso di raggiungere questo importante obiettivo, infine per avermi supportato con molta pazienza.*

Ringrazio Mamma e papà, non solo per il loro impegno morale, poiché non ritengo di avere un carattere molto facile, anzi lo definirei proprio complicato, ma soprattutto per il loro impegno materiale.

*Ringrazio **mio padre** per tutte le volte che mi ha accompagnato a prendere il treno, per tutti i suoi sacrifici che sono serviti a portarmi davanti a questo traguardo. La mia spalla forte, colui che non si è mai arreso a decidere di portare a termine questo mio percorso di studi nonostante le motivazioni fossero tante.*

*A mia **madre** per avermi educato con i tuoi tanti sacrifici che solo noi sappiamo, come una donna indipendente con la piena libertà di pensiero ed espressione. A colei che ha sempre mostrato per quello che faccio una fiducia cieca e priva di incertezze, spronandomi sempre ad andare avanti per la mia strada. Al mio pilastro, alla regina di casa nostra, a te che trasmetti armonia ed allegria anche non parlando.*

*Il mio ringraziamento speciale però, va a mia sorella **Maria** non ha ricoperto solo il ruolo di sorella ma anche quello di insegnante e madre, mi ha dato coraggio ed è da sempre un porto sicuro nel quale rifugiarsi quando la vita non va come deve andare. Grazie per avermi amato anche quando non mi amavo e grazie per avermi aiutato quando ne avevo più bisogno. Hai il sorriso più incredibile e meraviglioso dell'intero universo! Farei qualsiasi cosa per proteggerlo. Essere e avverti come mia sorella è stato il regalo più bello della mia vita. Sei stata, sei e sarai la persona in grado di capirmi più di chiunque altro. Non dimenticherò mai i momenti prima dell'esame e la tua euforia nel*

sostenermi senza farmi perdere d'animo. Nei momenti in cui non ce la facevo più o credevo di non farcela sei stata tu la mia ancora di salvezza. Grazie per aver gioito con me il superamento di ogni esame e soprattutto grazie per avermi supportata e sopportata in questi anni. Ti amerò per sempre e ti vorrò bene finché la vita continuerà a permettermelo. Fino all'ultimo dei miei giorni, sarò tua sorella.

Ringrazio i miei parenti, in particolar modo alle mie zie:

*A zia **Maria**, è una mamma, è un'amica è qualcuno su cui contare sempre e comunque, pronta a trasmettere valori ad ascoltare le mie paure portandomi ad avere coraggio. Le tue parole di saggezza saranno sempre custodite nelle pagine della mia vita. Grazie per avermi amato come una delle tue figlie.*

*A zia **Rosa**, nonché la mia madrina, ammiro il tuo cuore altruista, spontaneo e generoso, grazie per il tuo essere sempre sorridente e positiva. Grazie per esserci stata nel momento del bisogno e di avermi strappato un sorriso. Mi hai caricata con la tua allegria. Sei sempre un modello di donna eccezionale, per me.*

*Ringrazio mia zia **Maria**, per i suoi saggi consigli. È incredibile come siamo diventate. Io ero una bambina, tu una ragazza. Ed ora eccoci qua, due donne che si vogliono bene più di ogni altra cosa al mondo. Grazie zia per tutto quello che hai fatto per me.*

*Mia zia **Annamaria** e mia cugina **Rosa**, per ora mi limito a ringraziarvi per l'aiuto che mi avete dato e per il grande cuore che avete dimostrato di avere. Spero di poter ricambiare un giorno.*

*Si dice spesso che il percorso conta più che la meta, più del suo inizio e del suo traguardo. Il giorno della laurea rimarrà sempre nel mio cuore ma più ancora rimarrà dentro di me la consapevolezza di aver avuto la fortuna rara di trovare degli amici veri, in questi anni a volte bui, a volte meravigliosi. Ringrazio la mia amica **Alessandra** con cui ho condiviso centinaia di ore in facoltà, a lezione, ai congressi, al bar dell'ateneo, alla mensa, alle macchinette, le ansie pre-esame. Grazie per essere stata al mio fianco sempre, non sei stata solo una collega di università ma un'amica vera e sincera che ha saputo starmi vicino e mi ha aiutata nel momento del bisogno.*

*Ringrazio anche **Marica** con il quale ho concluso il mio percorso universitario e che ha avuto la pazienza di sopportarmi. Grazie per tutti i tuoi consigli e le lezioni di vita.*

*Ringrazio **Cecilia**, **Letizia** e **Rossella** le mie amiche di sempre a voi devo la maggior parte delle mie risate in questi anni. Con voi mi viene voglia di festeggiare, ogni giorno. Mi avete vista piangere, mi avete vista sorridere, mi avete vista crescere. Grazie amiche mie per esserci state sempre.*

Al mio fidanzato che, per avermi sostenuta, tranquillizzata e incoraggiata per lunghi mesi.

Ognuno di voi è stato fondamentale in questo percorso e questo traguardo lo dedico anche a voi!