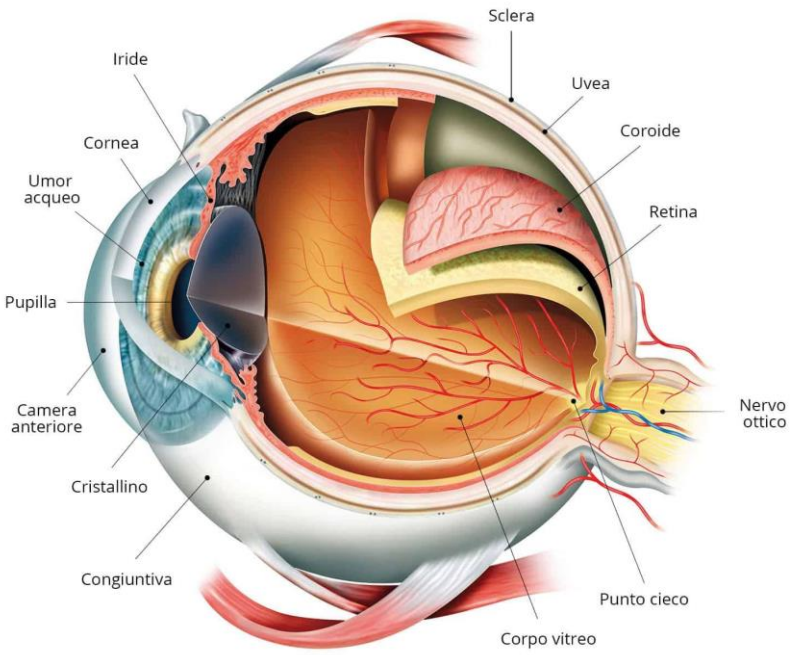
OTTICA E OPTOMETRIA

CONCETTI BASE

Per comprendere come percepiamo il mondo, dobbiamo analizzare l'occhio umano non solo come un organo biologico, ma come un raffinato **sistema ottico composto**. La luce proviene dall'ambiente circostante e, prima di raggiungere i fotorecettori retinici e generare l'impulso visivo, attraversa una serie di diottri naturali, ciascuno caratterizzato da una specifica geometria e da un proprio indice di rifrazione (n).



I principali elementi di questo sistema sono:

- **La Cornea**: la prima "lente" dell'occhio, responsabile di circa l'80% del potere refrattivo totale. In realtà, la prima struttura che la luce incontra quando entra nell'occhio non è la cornea, bensì il film lacrimale, un sottile strato che ne ricopre la superficie. Pur avendo uno spessore di pochi micrometri, il film lacrimale svolge un ruolo fondamentale nella qualità ottica dell'occhio, contribuendo a creare una superficie liscia e regolare indispensabile per una corretta rifrazione della luce.
- **La Camera Anteriore**: lo spazio compreso tra la cornea e l'iride, riempito di umor acqueo ($n \approx 1.336$).
- **La Pupilla**: l'apertura circolare dell'iride che si comporta come un diaframma adattivo ad apertura variabile, regolando il flusso luminoso e la profondità di campo.
- **Il Cristallino**: una lente biconvessa a focale variabile (grazie al meccanismo dell'accomodazione) che permette, fino a quando non subentra la presbiopia, la messa a fuoco di oggetti posti a distanze differenti.
- **Il Corpo Vitreo**: una struttura gelatinosa trasparente ($n \approx 1.336$) che riempie il bulbo.
- **La Retina**: lo "schermo" fotosensibile su cui si forma l'immagine reale e capovolta del mondo esterno.

In un occhio otticamente perfetto — detto **emmetrope** — i poteri refrattivi dei singoli diottri e la lunghezza del bulbo oculare sono perfettamente coordinati: i raggi di luce paralleli provenienti dall'infinito convergono esattamente sulla retina.

Quando viene meno questa perfetta proporzione geometrico-ottica, insorgono i vizi di rifrazione, che costringono il punto di messa a fuoco a cadere lontano dal piano retinico:

- **Miopia:** Generalmente dovuta a un bulbo oculare più lungo della norma e/o ad una cornea eccessivamente curva. I raggi luminosi provenienti da oggetti lontani convergono *davanti* alla retina, rendendo sfocata la visione da lontano.

- **Ipermetropia**: Dovuta a un bulbo oculare più corto e/o a una cornea troppo piatta. I raggi provenienti da oggetti lontani convergono teoricamente dietro la retina; tuttavia, entro certe condizioni, il soggetto riesce comunque a ottenere una visione nitida a distanza grazie al meccanismo dell'accomodazione.
- **Astigmatismo**: Causato da una asimmetria nella curvatura corneale o del cristallino, che non presentano una forma sferica ma "a pallone da rugby", creando due differenti linee di messa a fuoco anziché un singolo punto.

UN PO' DI STORIA

Fino alla seconda metà del Novecento, l'occhio umano è stato considerato sostanzialmente una "scatola chiusa". Le misurazioni fisiche delle sue strutture interne — come lo spessore corneale, la profondità reale della camera anteriore o la lunghezza totale dell'occhio lungo l'asse ottico — erano impossibili da ottenere su pazienti in vivo senza ricorrere a metodi altamente invasivi o a stime indirette basate su calcoli teorici. Gran parte della conoscenza fisica dell'anatomia oculare derivava infatti da studi condotti *post-mortem*.

La grande rivoluzione è avvenuta grazie all'introduzione della fisica dei laser e dell'ottica ondulatoria nella diagnostica clinica. L'applicazione della tomografia a coerenza ottica (optical coherence tomography, OCT) ha permesso di squarciare l'oscurità di questa scatola chiusa. Oggi, sfruttando la propagazione, la riflessione e l'interferenza di radiazioni elettromagnetiche (tipicamente infrarosse), l'ottica e l'optometria moderna riescono a mappare le strutture oculari in pochi secondi, fornendo dati con una precisione microscopica in vivo e in modo non invasivo.

LA LUNGHEZZA DELL'OCCHIO (BIOMETRIA OTTICA)

OBIETTIVO

Misurare la lunghezza assiale L dell'occhio lungo il suo asse ottico principale.

STRUMENTAZIONE

Biometro Ottico.

DESCRIZIONE DELL'ESPERIMENTO

Uno di voi si posiziona sullo strumento appoggiando mento e fronte, mentre l'altro procede con l'acquisizione. Sotto la guida del tutor, viene avviata la scansione non invasiva. Lo strumento proietta un fascio infrarosso ed esegue una misura interferometrica. Dovrete analizzare sul monitor i picchi di intensità del segnale riflesso, identificando a quali interfacce fisiche corrispondono (superficie anteriore della cornea, interfaccia vitreo-retinica) per calcolare la lunghezza totale del bulbo in millimetri. Sarà possibile confrontare la lunghezza assiale di occhi diversi e ragionare sull'eventuale correlazione con possibili difetti visivi.

"SEZIONARE" L'OCCHIO (AS-OCT)

OBIETTIVO

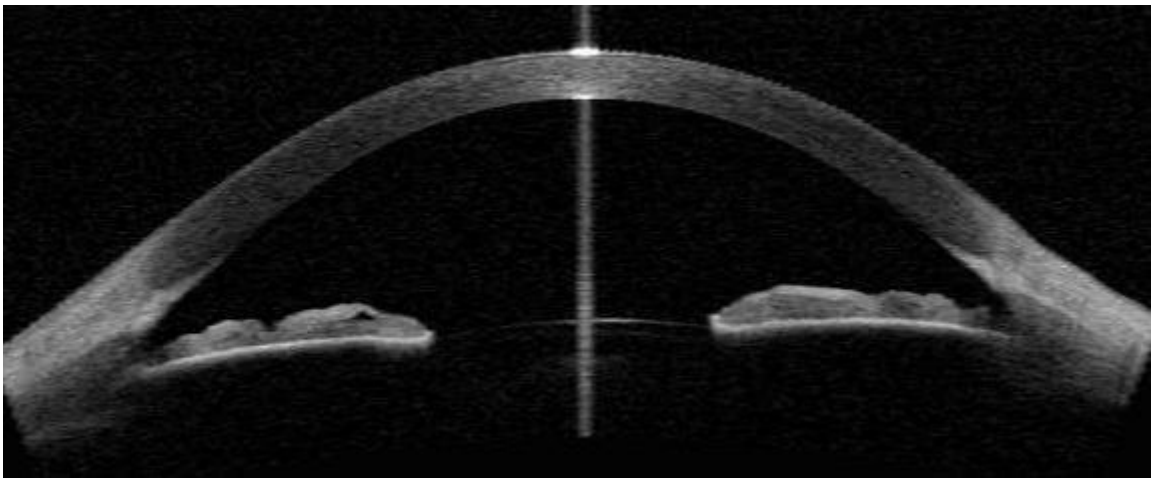
Osservare le strutture oculari anteriori e misurare lo spessore corneale centrale e la profondità della camera anteriore

STRUMENTAZIONE

Tomografo a Coerenza Ottica del Segmento Anteriore (AS-OCT)

DESCRIZIONE DELL'ESPERIMENTO

Uno di voi fissa una mira luminosa all'interno dello strumento. L'AS-OCT esegue una scansione tomografica bidimensionale sfruttando radiazione a bassa coerenza per generare una "fetta ottica" microscopica del segmento anteriore. Utilizzerete i calibri software per misurare lo spessore micrometrico al centro della cornea (pachimetria, espressa in micrometri, μm) e la profondità assiale della camera anteriore (distanza fra l'endotelio corneale e la superficie anteriore del cristallino). Sarà possibile confrontare la forma e i dati misurati su occhi diversi. Nel caso di portatori di lenti a contatto, sarà possibile anche misurare lo spessore della lente e osservare come la lente si appoggia sulla cornea.



IL DIAFRAMMA BIOLOGICO (PUPILLOMETRIA DINAMICA)

OBIETTIVO

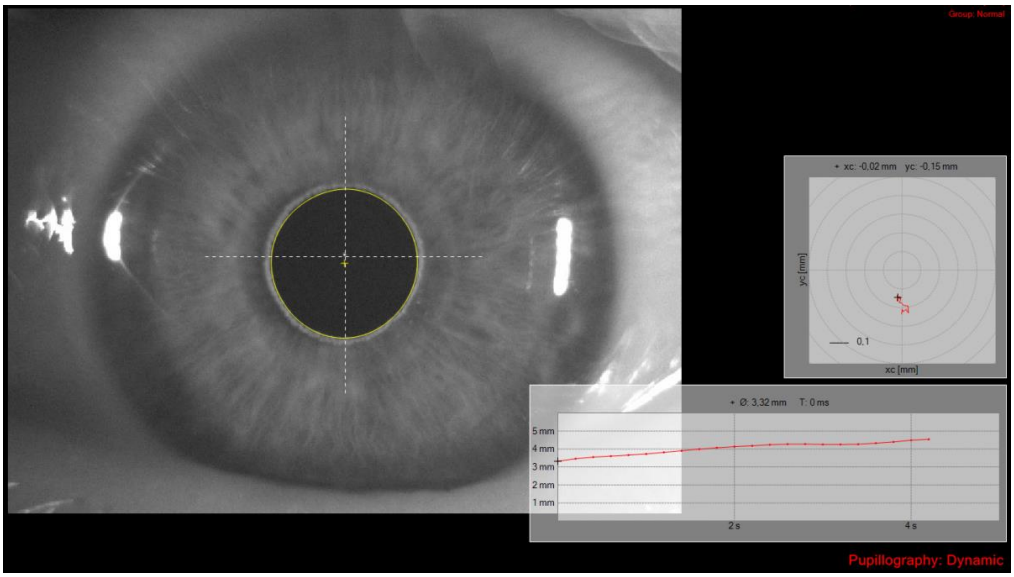
Analizzare il diametro pupillare in tempo reale in diverse condizioni di illuminazione e tracciare la curva dinamica della risposta pupillare alla luce.

STRUMENTAZIONE

Pupillometro integrato in un Tomografo Scheimpflug

DESCRIZIONE DELL'ESPERIMENTO

Uno di voi si posiziona davanti al pupillometro. Inizialmente si misura il diametro della pupilla in condizioni di buio (condizione scotopica, pupilla dilatata o in midriasi). Successivamente, lo strumento emette uno stimolo luminoso controllato e registra l'entità della costrizione pupillare in due differenti condizioni di luce: mesopica e fotopica (pupilla stretta o in miosi). Inoltre, in modalità dinamica è possibile osservare come, in seguito a una stimolazione luminosa, la pupilla reagisca contraendosi e, una volta rimosso lo stimolo, ritorni progressivamente al diametro iniziale attraverso un processo di ridilatazione, di cui è possibile analizzare la velocità e l'entità. Analizzerete l'andamento del diametro pupillare rispetto al tempo e alle diverse luminosità. Sarà possibile confrontare la risposta pupillare di occhi diversi.



RISORSE

- Sito web del centro di ricerca COMiB: https://comib.unimib.it/
- Sito web del corso di laurea triennale in Ottica e Optometria: https://www.unimib.it/triennale/ottica-e-optometria
- Pagina Instagram: https://www.instagram.com/otticaeoptometriamilano/