

CAPITOLO

1



L'acutezza visiva

Conoscenze

- Acutezza visiva
- Criteri costruttivi di tavole optometriche
- Metodiche e relativa strumentazione per la misura dell'acutezza visiva
- Lessico tecnico italiano e inglese

Obiettivi

- **Saper definire** l'acutezza visiva e **distinguerne** i diversi tipi
- **Saper descrivere** i criteri di funzionamento e costruzione delle tavole optometriche
- **Saper rilevare** l'acutezza visiva e **interpretarne** i valori

Abilità

- **Misurare** l'acutezza visiva
- **Utilizzare** la terminologia tecnica e **comprendere** i manuali d'uso in lingua inglese

1. Il concetto di acutezza visiva

Possiamo definire l'**acutezza visiva** come la capacità dei nostri occhi di distinguere accuratamente i piccoli dettagli.

Pensiamo a delle lettere scritte molto in piccolo: qual è la dimensione minima per la quale potremo ancora riconoscerle? Oppure immaginiamo due punti neri su un foglio bianco: qual è la minima distanza tra questi due punti per la quale potremo ancora vederli come separati? Queste rilevazioni ci forniscono appunto una misura dell'acutezza visiva.

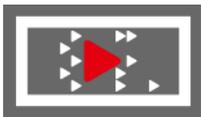
Una definizione più accurata è la seguente.

L'**acutezza visiva** è la capacità di risoluzione spaziale del sistema visivo. Essa esprime la grandezza angolare del dettaglio più piccolo che può essere percepito dall'osservatore.

Con il termine **risoluzione spaziale** o **potere risolutore** si intende la capacità di riconoscere come separati dei tratti o dei punti vicini tra loro.

La **grandezza angolare** è la distanza tra questi tratti o punti, misurata in gradi, o per l'esattezza in minuti primi di grado, dove 1 grado è composto di 60 minuti primi, e un minuto primo è composto di 60 minuti secondi [▶ 1].

GUARDA!



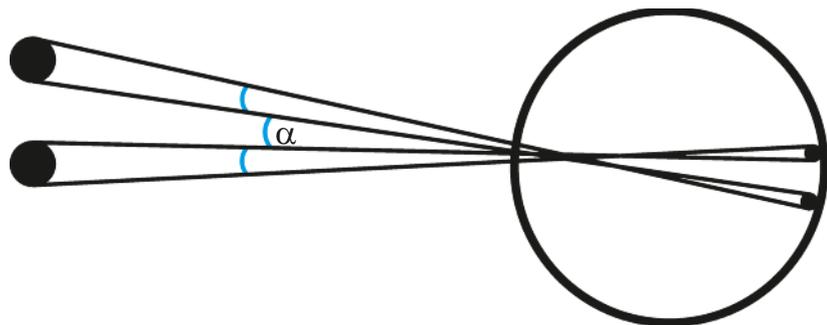
Audio

• ... in English



... in English

Visual acuity is the spatial resolving capacity of the visual system.



▲ 1. Schema dei concetti di acutezza visiva e grandezza angolare: i due punti neri sono distanziati tra loro dallo spazio bianco, misurato dall'angolo α in minuti primi di grado. Il potere risolutore è la capacità dell'occhio di percepire i due punti neri come effettivamente separati.

Consideriamo quattro tipi di acutezza visiva: di visibilità, di risoluzione, morfoscopica, di allineamento.

■ Acutezza di visibilità

L'**acutezza di visibilità** o **minimo visibile** è il più piccolo punto o tratto che può essere riconosciuto distinguendolo dal suo sfondo.

Essa rappresenta il tipo di acutezza visiva più semplice. Per fare un esempio, nell'osservare le stelle nel cielo sfruttiamo l'acutezza di visibilità [▶ 2].

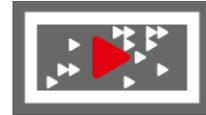
▲ 2. Acutezza di visibilità.

Acutezza di risoluzione

L'**acutezza di risoluzione** o **minimo angolo** di risoluzione è la capacità di riconoscere come separati dei tratti o dei punti vicini tra loro.

Nel definire l'acutezza visiva abbiamo parlato della capacità di distinguere come separati due punti o due tratti vicini tra loro: è questa l'**acutezza di risoluzione** ► 1]. Essa si differenzia dall'acutezza di visibilità: riconoscere una serie di dettagli alternati è più complesso rispetto al riconoscere un punto dal suo sfondo, in quanto la presenza alternata di tratti e spazi subisce maggiormente gli effetti di lieve sfocatura.

GUARDA!



Audio

• ... in English

Acutezza morfoscopica

L'**acutezza morfoscopica** o di **ricognizione** è il riconoscimento delle forme legato all'esperienza.

Se pensiamo di misurare l'acutezza visiva con delle lettere, è facile intuire che l'esperienza e la conoscenza di queste lettere sono molto rilevanti per la sua misurazione.

Osserviamo la figura ► 3]: risulta evidente che, anche se perfettamente nitide, non potremmo riconoscere lettere in un alfabeto a noi sconosciuto. Al contrario, anche se sfocata, risulta facile distinguere una lettera a noi ben nota.



... in English

Acutezza di allineamento
Alignment resolution or
vernier acuity

Acutezza morfoscopica
Recognition resolution

Acutezza di risoluzione
Minimum separable
resolution

Acutezza di visibilità
Minimum detectable
resolution



► **3.** Influenza dell'acutezza morfoscopica nel riconoscimento dei caratteri.

L'acutezza morfoscopica è di grande aiuto nella vita quotidiana e ci consente di riconoscere oggetti e dettagli anche in condizioni non ottimali.

Al contrario, all'atto della misurazione, essa rappresenta una complicazione della quale è indispensabile tenere conto: l'acutezza visiva rilevata è sempre influenzata dall'esperienza. Proprio per questo, come vedremo più avanti parlando di ottotipi, esistono vari test che sfruttano forme diverse per meglio controllare l'acutezza morfoscopica.

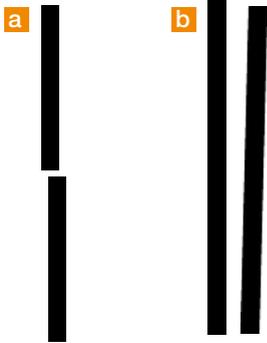
Acutezza di allineamento

L'**acutezza di allineamento** è la capacità di percepire il minimo spostamento tra due figure allineate.

A differenza di quella morfoscopica, l'acutezza di allineamento non è mediata dall'esperienza, ma da fattori più propriamente ottici.

Glossario

Visus: sinonimo di acutezza visiva.



▲ 4. Acutezza di nonio: due tratti disallineati (a) o non paralleli (b) sono facilmente riconoscibili dal sistema visivo, e tendono a non essere influenzati dalla sfocatura.

Possiamo considerare tra le acutezze di allineamento:

- l'**acutezza di nonio** o **di Vernier**: capacità di distinguere due linee separate tra loro da un piccolo spazio, o di riconoscere due tratti come allineati o paralleli [► 4]. Spesso detta “super acutezza”, ha un limite di $0,7'$ e non risente dell'annebbiamento: è utile in analisi del **visus** con opacità dei mezzi diottrici;
- l'**acutezza stereoscopica** (o stereocuità): capacità di percepire la profondità e la tridimensionalità [► vedi capitolo 5, pagina 123].

2. I decimi e gli ottotipi

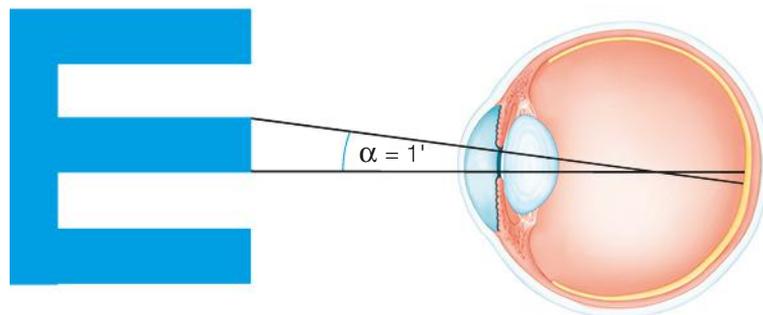
L'acutezza visiva è la capacità del sistema visivo di percepire accuratamente i dettagli “piccoli”: ma come si quantifica la dimensione di questi dettagli?

Probabilmente tutti abbiamo sentito parlare dei 10/10 (dieci decimi): vedremo ora cosa sono i decimi e come sono progettate le dimensioni dei caratteri usati per misurare l'acutezza visiva.

Per convenzione, si indica con **10/10 (dieci decimi)** l'acutezza visiva di un occhio capace di distinguere due tratti di dimensione tale da sottendere un angolo di $1'$ (1 minuto primo di grado).

Parlando di tratti di dimensione di $1'$, come vediano nella figura [► 5], ci riferiamo all'angolo sotteso dai singoli tratti di una lettera rispetto all'occhio. Rimandando a un successivo approfondimento, per il momento è sufficiente sapere che i “decimi” rappresentano la dimensione delle lettere che un occhio è in grado di riconoscere, indicandoci quindi la sua acutezza visiva. Più piccole saranno le lettere, maggiore sarà l'acutezza visiva necessaria per riconoscerle.

► 5. Per convenzione, con 10/10 (dieci decimi) si intende un'acutezza visiva che consente di riconoscere dettagli che sottendono un angolo di 1 minuto primo di grado.



È importante sottolineare come l'occhio umano possa arrivare a vedere oltre i 10/10: diversamente da come siamo abituati a pensare, infatti, i 10/10 non rappresentano la risposta massima del sistema visivo.

Cerchiamo allora di capire nel dettaglio come sono stati ideati i 10/10 e gli ottotipi.

Gli **ottotipi** sono i caratteri e i simboli usati in optometria per determinare l'acutezza visiva. Essi sono organizzati in tavole ottotipiche composte da più righe di caratteri o simboli di dimensioni differenti via via decrescenti [► 6].



▲ 6. Esempio di tavola ottotipica, la tabella con caratteri di dimensione differenti per la misura dell'acutezza visiva. Le tavole ottotipiche partono da valori bassi, come 1/10 o inferiori, e progrediscono arrivando a valori di almeno 10/10, ma anche superiori.

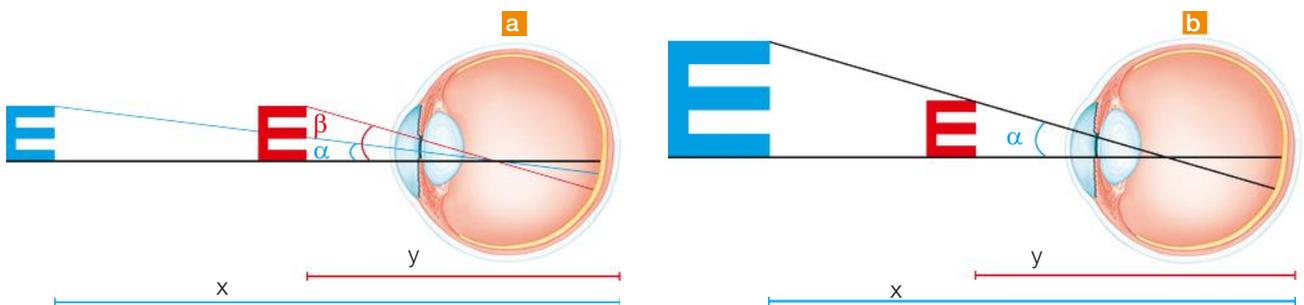
Fu l'olandese Hermann Snellen il primo studioso a produrre nel 1862 una tavola ottotipica standardizzata. A lui si deve anche la scelta della dimensione del carattere per i dieci decimi. Snellen ipotizzò infatti che un occhio in media potesse riconoscere dettagli che al massimo sottendono 1' di grado, e che quindi le tavole ottotipiche dovessero raggiungere i 10/10 come valore massimo.

■ Le dimensioni degli ottotipi

La grandezza angolare è un metodo di misura molto utile, in quanto ci consente di misurare la grandezza del carattere indipendentemente dalla distanza dell'oggetto osservato. Dobbiamo infatti considerare che la distanza di osservazione è una variabile importante nella misurazione dell'acutezza visiva.

Come possiamo vedere [► 7a], per una stessa lettera è possibile variare la dimensione apparente e l'angolo sotteso variando la distanza di osservazione. Questo concetto può risultare di facile intuizione se pensiamo a un oggetto troppo lontano per essere visto correttamente: l'oggetto diventa meglio visibile se avvicinato.

Al contrario, se il nostro obiettivo è mantenere fisso l'angolo sotteso, al variare della distanza di osservazione dovremo variare la dimensione della lettera [► 7b].



▲ 7. Dimensione di un carattere e dell'angolo sotteso al variare della distanza di osservazione. (a) La lettera E posta alla distanza x dall'occhio dell'osservatore sottende un angolo α . La stessa lettera posta alla distanza y e più vicina sottende un angolo β maggiore. (b) Per mantenere fisso l'angolo α sotteso dalla lettera E al variare della distanza, occorre variare la dimensione della lettera.

Riassumendo, la misura degli ottotipi e l'acutezza visiva sono strettamente correlati: l'acutezza visiva è infatti rappresentata dalla dimensione del carattere più piccolo che una persona è in grado di riconoscere. Le modalità con cui misuriamo la dimensione di un carattere sono quindi le stesse con le quali indicheremo l'acutezza visiva.

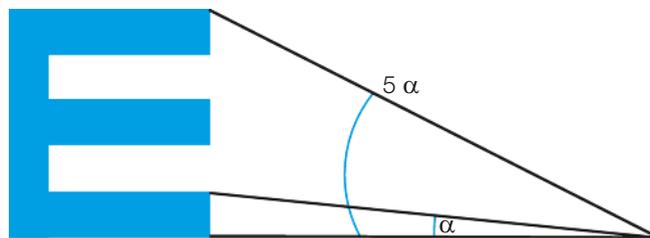
■ Minimo Angolo di Risoluzione (MAR)

Gli elementi da tenere bene in considerazione quando si parla della dimensione degli ottotipi sono quindi la distanza di osservazione e la dimensione della lettera più piccola riconosciuta. Quest'ultima è misurabile tramite il Minimo Angolo di Risoluzione.

Con il termine di **Minimo Angolo di Risoluzione (MAR)** si intende il più piccolo angolo percepibile sotteso da un tratto di un carattere o dallo spazio bianco compreso tra due tratti o due punti: il MAR ci indica proprio l'acutezza visiva della persona.

Una lettera nella sua interezza ha una dimensione data dall'insieme dei tratti neri e dei tratti bianchi. Tipicamente, negli ottotipi i caratteri sono composti da 5 tratti [► 8].

► **8.** Dimensione angolare di un carattere. Negli ottotipi i caratteri sono composti generalmente da 5 tratti: in questo caso sono le linee orizzontali bianche e azzurre.



Per gli ottotipi composti da lettere dunque, si considera come **dettaglio critico** la grandezza di **un quinto della dimensione verticale della lettera**. Questa convenzione è opportuna in quanto non tutte le lettere sono composte da 5 tratti (pensiamo per esempio a una O), ma la misura che viene considerata è quella dell'altezza della lettera.

Come già detto, i 10/10 rappresentano la capacità di riconoscere un MAR di 1', dunque una lettera che sottende un angolo di 5'.

Il MAR è la misura più diretta della dimensione dei caratteri e dell'acutezza visiva, ma è poco pratico nell'uso comune: da qui la necessità di usare sistemi alternativi, come la frazione di Snellen.

■ Frazione di Snellen

La grandezza angolare degli ottotipi è espressa dalla **frazione di Snellen** (o notazione di Snellen).

Nella notazione di Snellen [► 9], la dimensione del carattere e l'acutezza visiva sono indicate da una frazione dove il numeratore rappresenta la distanza di esecuzione del test e il denominatore è la distanza alla quale la lettera sottenderebbe un angolo di 5'.

► **9.** Frazione di Snellen: nella figura osserviamo un'acutezza visiva di 6/12 o 20/40.

$$\frac{6}{12} \quad \frac{\text{distanza di esecuzione del test in metri (6) o in piedi (20)}}{\text{distanza alla quale la lettera sottenderebbe un angolo di 5'}} \quad \frac{20}{40}$$

Snellen definì l'acutezza visiva come il rapporto tra la distanza di esecuzione e la distanza alla quale la lettera sottende un angolo di 5'.

In parole più semplici, il numeratore indica la distanza alla quale la persona esaminata legge la lettera e il denominatore la distanza alla quale una persona con acutezza visiva di 10/10 è ancora in grado di vedere la stessa lettera. La distanza standard di esecuzione è pari a 6 metri equivalenti a 20 piedi.

Quindi, nella notazione di Snellen una lettera di 6/6 (o 20/20) ci indica una lettera letta a 6 metri e che a 6 metri sottende un angolo di 5' verticalmente. Una lettera di 6/12 (o 20/40) ci indica una lettera letta a 6 metri che sottende un angolo di 5' verticalmente a 12 metri. Una lettera di 6/24 (o 20/80) ci indica una lettera letta a 6 metri che a 24 metri sottende un angolo di 5' verticalmente. In entrambi i casi, 6/12 e 6/24, la persona non distingue il dettaglio di 1': per distinguere la lettera questa deve essere più grande di 5', quindi con dettagli maggiori di 1'.

Notazione decimale

La notazione decimale, maggiormente usata in Europa rispetto alla notazione di Snellen, indica l'acutezza visiva con una frazione decimale.

Possiamo interpretarla come la conversione della frazione di Snellen in un numero decimale. Eseguendo la divisione espressa dalla frazione di Snellen si ottiene un numero decimale: $6/6 = 1,0$; $6/12 = 0,5$ e così via.

Il numero decimale è spesso espresso con una frazione con denominatore 10. In questo caso $1,0 = 10/10$, $0,5 = 5/10$ e così via.



Come ci insegna la matematica, la frazione è una grandezza numerica espressa attraverso un rapporto tra due numeri, detti numeratore e denominatore, come $8/10$ o $12/10$. Un numero decimale è invece un numero scritto nel sistema di numerazione decimale, come 0,8 o 1,2.

Conversione tra notazione di Snellen e notazione decimale

Per quanto possa sembrare complicato, la notazione di Snellen e decimale indicano lo stesso numero con due differenti frazioni. Passare da una notazione all'altra è dunque una semplice operazione aritmetica. Il metodo più semplice è eseguire la divisione indicata dalla frazione per ottenere il numero decimale [► 10].

$$\frac{6}{12} = 0,5 = \frac{5}{10}$$

◀ **10.** Conversione tra notazioni.

La frazione di Snellen e la frazione decimale indicano, con frazioni differenti, lo stesso numero decimale.

In alternativa, è possibile effettuare una proporzione per passare direttamente da una frazione all'altra, come si vede nella [▶ 11].

▶ **11.** Conversione tra notazioni.
Per passare direttamente dalla frazione di Snellen alla frazione decimale o viceversa è sufficiente effettuare una proporzione.

$$6 : 12 = x : 10$$

$$x = \frac{6 \cdot 10}{12} = 5$$

$$6 : x = 5 : 10$$

$$x = \frac{6 \cdot 10}{5} = 12$$

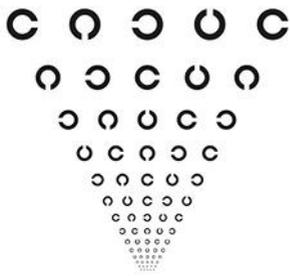
Poiché ognuna delle due notazioni rappresenta l'acutezza visiva, entrambe rappresentano il minimo angolo percepito. Per ricavare il MAR dalla frazione di Snellen o dalla frazione decimale è sufficiente considerare che il MAR è il **reciproco della frazione**:

- acutezza visiva 5/10 (o 6/12 o 20/40)
5/10 → 10 : 5 = 2 → il MAR è 2'
6/12 → 12 : 6 = 2 → il MAR è 2'
20/40 → 40 : 20 = 2 → il MAR è 2'
- acutezza visiva 2/10 (o 6/30 o 20/100)
2/10 → 10 : 2 = 5 → il MAR è 5'
6/30 → 30 : 6 = 5 → il MAR è 5'
20/100 → 100 : 20 = 5 → il MAR è 5'

La **Tabella 1** mostra le conversioni tra notazioni secondo la scala decimale.

Tabella 1. Conversione tra notazioni: scala decimale				
Frazione decimale	Numero decimale	Frazione di Snellen (metri)	Frazione di Snellen (piedi)	MAR (Minimo Angolo di Risoluzione)
1/10	0,1	6/60	20/200	10
2/10	0,2	6/30	20/100	5
3/10	0,3	6/20	20/66,7	3,33
4/10	0,4	6/15	20/50	2,5
5/10	0,5	6/12	20/40	2
6/10	0,6	6/10	20/33,3	1,67
7/10	0,7	6/8,6	20/28,6	1,43
8/10	0,8	6/7,5	20/25	1,25
9/10	0,9	6/6,7	20/22,2	1,11
10/10	1,0	6/6	20/20	1
11/10	1,1	6/5,5	20/18,2	0,91
12/10	1,2	6/5	20/16,7	0,83
15/10	1,5	6/4	20/13,3	0,67
16/10	1,6	6/3,8	20/12,5	0,63
20/10	2,0	6/3	20/10	0,5

Anelli di Landolt

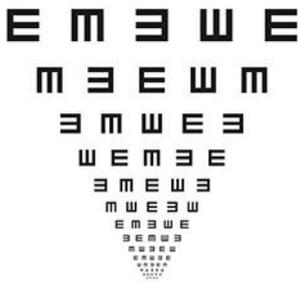


Gli **anelli** o **C di Landolt** sono dei caratteri ad anello con una singola apertura, come nel carattere C [► 12a].

La dimensione del carattere è 5 volte la dimensione del tratto, mentre l'apertura nell'anello è grande quanto il tratto stesso, e ne rappresenta il dettaglio critico. Nel carattere dei 10/10 quindi l'apertura nell'anello avrà una dimensione di 1'.

Gli anelli sono presenti nell'ottotipo con differenti orientamenti, solitamente in 4 direzioni: verso l'alto, verso il basso, verso destra e verso sinistra. In alcuni ottotipi si trovano in aggiunta le 4 direzioni diagonali, per un totale di 8 direzioni possibili. Alla persona esaminata è richiesto di riconoscere la direzione dell'apertura. Gli anelli di Landolt sono solitamente impiegati in caso di persone prive di scolarizzazione.

E di Albin



La **E di Albin** è un carattere E inscrivibile in un quadrato, nel quale la misura verticale e orizzontale è 5 volte il tratto che rappresenta il dettaglio critico [► 12b]. Nel carattere dei 10/10 quindi il tratto nero della E avrà una dimensione di 1'. Solitamente i tre tratti neri della E sono di uguale dimensione, ma un recente set di caratteri ha proposto una E con il tratto centrale più corto di una unità. Questa variazione tende a facilitare il riconoscimento del carattere.

Come per gli anelli di Landolt, le E di Albin sono presenti nell'ottotipo con differenti orientamenti, solitamente in 4 direzioni: verso l'alto, verso il basso, verso destra e verso sinistra. In alcuni ottotipi si trovano in aggiunta le 4 direzioni diagonali, per un totale di 8 direzioni possibili. Alla persona esaminata è richiesto di riconoscere la direzione dei tratti della E.

La E di Albin è stata progettata come carattere per la popolazione non scolarizzata: più che una lettera E rappresentava un forcone, attrezzo di uso comune nel lavoro agricolo. Alla persona esaminata viene consegnato un oggetto raffigurante la stessa E (o forcone), per mimare il suo posizionamento nell'ottotipo.

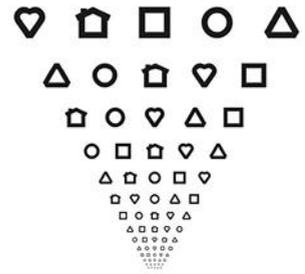
Nella figura [► 13] vediamo un moderno esempio colorato, pensato per i bambini. Questo la rende ancora oggi un carattere di facile utilizzo nella popolazione pediatrica, non scolarizzata o non in grado di riconoscere i caratteri del nostro alfabeto.

► **13.** La E di Albin colorata, pensata per l'uso con pazienti pediatrici o non scolarizzati.



Simboli

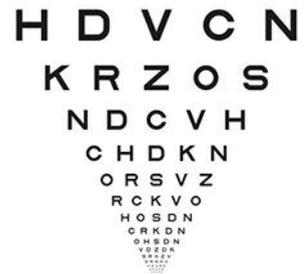
Esistono ottotipi composti da **simboli** ► 12c] appositamente studiati per i bambini. I più famosi sono i simboli LEA, che comprendono 4 simboli: una casetta, una mela, un cerchio e un quadrato e vengono accompagnati, come per la E di Albin, da quattro oggetti che li raffigurano da consegnare al bambino, in modo che possa indicare il carattere quando viene riconosciuto. Questo è di aiuto per i bambini più piccoli, dai quali non si può ottenere facilmente una risposta verbale.



Lettere dell'alfabeto

Gli ottotipi composti da **lettere** sono i più utilizzati nella pratica clinica. La scelta delle lettere non è casuale, poiché queste dovrebbero presentare analogia di difficoltà di riconoscimento.

All'atto pratico, alcune lettere risultano più facili da riconoscere rispetto ad altre, come la H e la V rispetto alla S o alla R. Per contenere il problema esistono diversi set di caratteri sviluppati e standardizzati con i quali vengono realizzati gli ottotipi, il più comune dei quali sono le lettere di Sloan che compongono un set di 10 lettere (C, D, H, K, N, O, R, S, V, Z) ► 12d].



■ Scala di progressione

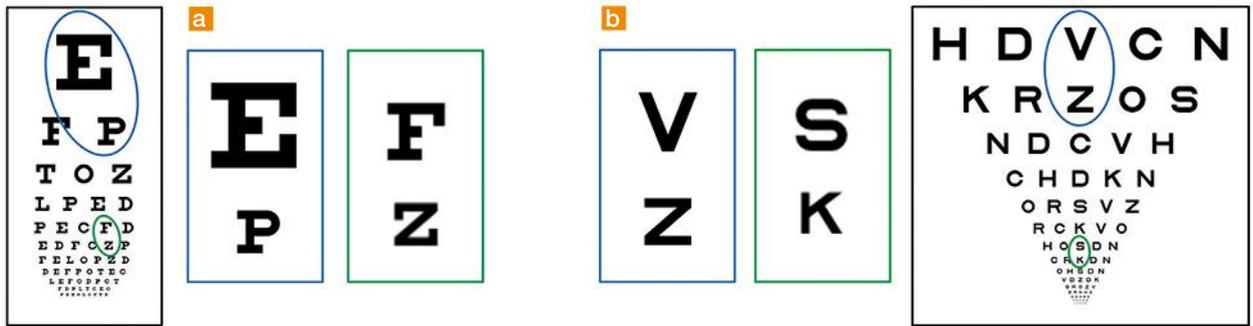
La scala di progressione indica il criterio con il quale vengono variate le dimensioni dei caratteri da una riga alla successiva.

Possiamo distinguere due scale di progressione:

- la **scala di Monoyer** o **decimale**, nella quale ogni riga è dimensionata su un decimo di acutezza visiva, e si passa quindi da 1/10 a 2/10, poi 3/10 e così via;
- la **scala logaritmica**, nella quale si sfrutta il LogMAR, progredendo quindi sulla base del logaritmo del MAR.

Il logaritmo è un operatore matematico che, applicato al MAR, modifica la scala della sua progressione, con il grande vantaggio di renderla più coerente tra tutti i livelli di acutezza visiva. In questo modo si incontra sempre lo stesso livello di difficoltà al passaggio da una riga alla successiva. Al contrario, nella scala decimale il passaggio da una riga alla successiva offre livelli di difficoltà differenti: il passaggio da 1 a 2 decimi presenta un cambio notevole di dimensione, mentre nel passaggio da 9 a 10 decimi non vi è quasi differenza.

Questo è molto importante per garantire una rilevazione adeguata in persone con differente acutezza visiva: se pensiamo a una persona con una buona acutezza visiva non avremo particolari problemi poiché raggiungeremo i valori massimi, ma se pensiamo a una persona con acutezza visiva limitata, è opportuno avere livelli di difficoltà adeguati ► 14].



▲ 14. Confronto tra scale di progressione. Come si vede in dettaglio nei riquadri, nella progressione decimale (a) il cambiamento di dimensione è maggiore per bassi valori di acutezza visiva. Al contrario la scala logaritmica (b) mantiene fisso il cambiamento di dimensione.

■ Numero di caratteri per riga

Nelle varie tavole ottotipiche esistenti spesso si incontra un numero di caratteri diverso in base al valore di acutezza visiva. Questo avviene quasi sempre per limiti strumentali: i caratteri più grandi occupano uno spazio maggiore e non sempre è possibile mantenere il numero costante nelle diverse righe.

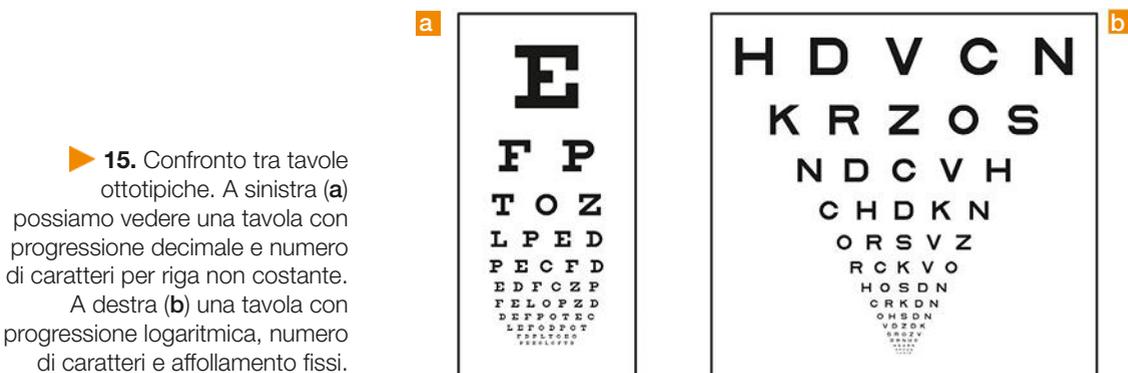
Come per la scala di progressione, è però importante che ogni riga presenti lo stesso livello di difficoltà della successiva, quindi sarebbe opportuno avere lo stesso numero di caratteri per ogni riga.

Le tavole ottotipiche con un numero di caratteri costante utilizzano generalmente 4 o 5 caratteri per riga.

■ Affollamento

Con il termine affollamento ci si riferisce alla scarsità di spazio tra le lettere e tra le righe. L'affollamento può influire sull'acutezza visiva, in quanto lettere isolate risultano di più facile lettura.

Per questo nelle tavole ottotipiche moderne lo spazio tra le lettere e tra le righe è uguale alla dimensione delle lettere. In questo modo ogni lettera sarà sempre ugualmente vicina a quelle precedenti e successive, mantenendo un affollamento costante, come vediamo nella figura ► 15].



► 15. Confronto tra tavole ottotipiche. A sinistra (a) possiamo vedere una tavola con progressione decimale e numero di caratteri per riga non costante. A destra (b) una tavola con progressione logaritmica, numero di caratteri e affollamento fissi.

■ Supporto

Un'ultima differenziazione tra le tavole ottotipiche è quella che considera il supporto sul quale sono realizzate.

Si possono avere tavole ottotipiche:

- **stampate**, solitamente su carta plastificata;
- **retroilluminate**. Utilizzano degli ottotipi stampati su materiale traslucido inseriti in una struttura dotata di illuminazione per ottimizzare il contrasto e mantenerlo più stabile anche con variazioni di illuminazione ambientale;
- **a proiezione**. I caratteri vengono proiettati su un apposito supporto da un proiettore con un adeguato livello di dettaglio. Offrono una grande varietà di ottotipi rispetto a quelli stampati e retroilluminati, anche se la dimensione della tavola proiettata risulta leggermente limitata rispetto a questi ultimi. Inoltre, le tavole ottotipiche a proiezione subiscono maggiormente gli effetti negativi di una luce ambientale troppo intensa. Un loro grande vantaggio è però la possibilità di adeguarsi a differenti distanze di esame: contrariamente a quelle stampate o retroilluminate, fintanto che la persona e il proiettore sono alla stessa distanza dallo schermo di proiezione il valore di acutezza visiva non viene alterato;
- **elettroniche o computerizzate**. Sfruttano uno schermo e un computer, solitamente integrato nello schermo stesso. Grazie al computer può essere mostrato potenzialmente qualunque ottotipo esistente, consentendo anche la presentazione randomizzata dei caratteri all'interno delle tavole, evitandone la memorizzazione. Inoltre sono personalizzabili secondo diverse necessità, come l'illuminazione ambientale o la distanza di esame.

3. Le alterazioni dell'acutezza visiva

Numerosi sono i fattori che concorrono a determinare l'acutezza visiva e possiamo raggrupparli in:

- **fattori ambientali**, che dipendono dall'ambiente;
- **fattori organici**, legati all'anatomia e alle strutture del sistema visivo.

■ Fattori ambientali

Con questo termine si intende l'insieme degli elementi dell'ambiente nel quale una persona è inserita, come l'illuminazione, la dimensione della stanza, l'eventuale rumore presente e il contrasto.

Illuminazione

Con illuminazione intendiamo la quantità di luce presente nella stanza. Al variare dell'illuminazione ambientale avremo variazioni sia nell'oggetto osservato sia nell'occhio, per esempio con la **miosi** o la **midriasi**.

Glossario

Miosi: è il restringimento del diametro pupillare provocato dalla costrizione dell'iride.

Midriasi: è la dilatazione della pupilla.

Al variare dell'illuminazione ambientale consegue sempre una variazione nel diametro pupillare, e il diametro pupillare influenza la vista. La miosi pupillare aumenta la **profondità di campo** e può di conseguenza migliorare la visione.

La **profondità di campo** o **profondità di fuoco** è il fenomeno per il quale oggetti posti su piani diversi possono risultare contemporaneamente a fuoco.

Se pensiamo a una fotografia, abitualmente abbiamo a fuoco il primo piano ma non lo sfondo, o viceversa. Oggetti abbastanza vicini tra loro, anche se non sullo stesso piano, possono essere a fuoco simultaneamente: è questa la profondità di fuoco.

La miosi riduce le aberrazioni periferiche del sistema ottico e permette di conseguenza una migliore visione. Se però il diametro pupillare si riduce a valori inferiori ai 2 mm subentra una eccessiva diffrazione, che vanifica in parte l'effetto della profondità di campo.

Per contro, una forte midriasi riduce la profondità di campo e quindi rende più disagiata la visione.

Sia un'eccessiva miosi sia un'eccessiva midriasi alterano l'acutezza visiva ottimale. Un diametro pupillare ottimale si aggira tra 2,2 e 2,5 mm.

L'illuminazione ambientale non agisce solo sull'occhio, ma anche sugli oggetti e sui dettagli che vogliamo osservare. In particolare, parlando di acutezza visiva, l'illuminazione agisce sul contrasto.



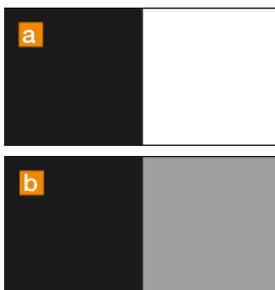
Leggere sull'ebook

- Il contrasto e la sensibilità al contrasto



Le **aberrazioni** sono alterazioni della qualità ottica dell'immagine che viene focalizzata da una lente o da un sistema più complesso come lo stesso occhio. Nell'occhio le aberrazioni sono maggiori per raggi luminosi più lontani dall'asse ottico, quindi si parla di aberrazioni periferiche, diminuite quindi dalla miosi.

La **diffusione** e la **diffrazione** sono fenomeni ottici che interessano la luce nel suo passaggio attraverso un mezzo come l'occhio o attraverso una fenditura come la pupilla. Questi fenomeni alterano la trasmissione della luce, riducendo di fatto nell'occhio la qualità della nitidezza.



▲ 16. Due esempi di contrasto differente: il contrasto dei due riquadri in (a) è maggiore del contrasto dei due riquadri in (b).

Contrasto

Il contrasto è la diversa luminosità tra due superfici diverse. Pensando a un testo scritto, il contrasto è la diversa luminosità tra il tratto e il suo sfondo.

Per esempio, un testo nero scritto su sfondo bianco è a contrasto massimo. Se invece pensiamo a un testo nero su sfondo grigio, il contrasto diminuisce [▶ 16]. In realtà il contrasto non dipende solo dal colore, ma anche dall'illuminazione ambientale: lo stesso foglio bianco con scritte nere in un ambiente poco luminoso avrà meno contrasto.

Il contrasto di un oggetto, e non solo di un testo, influisce sulla capacità del sistema visivo di percepire i dettagli più piccoli: maggiore è il contrasto, migliore è la percezione dei dettagli e quindi l'acutezza visiva.

Fattori organici

Con il termine **fattori organici** ci riferiamo a fattori inerenti le strutture anatomiche e fisiologiche, sia dell'occhio sia dell'intero sistema visivo.

 **Leggere sull'ebook**

- Ottica oculare

Le componenti anatomiche coinvolte nell'atto visivo sono l'ottica oculare e le strutture neuronali.

Alterazioni dell'ottica oculare

Lo stato rifrattivo dell'occhio (spesso detto anche refrattivo, derivando tale parola dall'inglese) è la sua particolare situazione di messa a fuoco.

L'**ametropia** è una condizione di rifrazione anomala, anche detta errore o vizio rifrattivo dell'occhio, come la miopia, l'ipermetropia o l'astigmatismo.

L'ametropia provoca una focalizzazione errata dell'immagine, non sul piano retinico, alterando come primo effetto proprio l'acutezza visiva se non adeguatamente compensata con lenti.

L'**acutezza visiva** decresce di circa 1 linea di acutezza visiva per ogni 0,25 diottrie di ametropia.

Questa regola, tendenzialmente valida tra i 3/10 ed i 12/10, è molto importante in fase di analisi dello stato rifrattivo. Infatti, rilevata una determinata acutezza visiva, si può dedurre l'entità dell'eventuale ametropia all'origine. Con maggiore dettaglio, possiamo vedere nella **Tabella 2** il variare dell'acutezza visiva attesa al variare del valore di miopia.

Alterazioni dello stato rifrattivo come valori astigmatici o la presenza di ipermetropia possono avere effetti meno prevedibili sulla acutezza visiva.

Tabella 2. Variazioni dell'acutezza visiva al variare della miopia	
Errore rifrattivo sferico	Acutezza visiva
0	12/10
-0,25	10/10
-0,50	6/10
-0,75	5/10
-1,00	3/10
-1,25	2,5/10
-2,00	1,6/10
-2,50	1/10

Tratto da William J. Benjamin, "Borish's Clinical Refraction"

Alterazioni delle strutture neuronali

La capacità di percepire i dettagli è influenzata dalla disposizione dei fotorecettori all'interno della retina, così come dalle altre strutture nervose che coinvolgono l'atto visivo, quali i nervi e le aree del cervello preposte alla visione.