

Interpretare il significato della curva base delle lenti a contatto a ricambio frequente

Le lenti a contatto morbide sono lenti corneo-sclerali di diametro poco superiore a quello della cornea. Per quanto riguarda la faccia posteriore o interna possono avere geometria sferica monocurva, oppure bicurva, o asferica. Generalmente la geometria interna delle lenti a contatto viene descritta tramite il raggio di curvatura della zona ottica posteriore (BOZR) e il diametro totale (TD). In realtà, l'indicazione del BOZR non dice nulla della forma della lente nella sua porzione periferica e quindi non è in grado di descrivere pienamente l'appoggio o allineamento della lente sull'occhio. Di maggiore utilità sarebbe conoscere la profondità sagittale della lente a contatto: infatti, affinché la lente a contatto, rigida o morbida, abbia un buon appoggio sulla superficie oculare è necessario che esista una corrispondenza fra la sua profondità sagittale totale e quella della superficie oculare su cui la lente appoggia. Conoscendo la profondità sagittale della lente a contatto e il suo diametro, è possibile calcolare la curva base equivalente (BCE), cioè il raggio che avrebbe quella lente se avesse una superficie posteriore sferica monocurva (van der Worp et al. 2014).

Nel caso delle lenti a ricambio frequente, le aziende produttrici forniscono poche informazioni sulla geometria della superficie posteriore, spesso soltanto il BOZR, indicato sulla confezione con il termine BC (curva base). L'esperienza insegna che l'indicazione della BC è di poco aiuto nella gestione dell'applicazione di questo tipo di lenti a contatto, infatti la BC non è significativa se confrontata fra prodotti di diverse aziende e lenti con simile BC possono avere ampia differenza nella profondità sagittale a causa di differenti geometrie della faccia posteriore. Questo fatto, sommato alle diverse proprietà meccaniche dei vari materiali, può dar luogo a risultati applicativi differenti ottenuti con lenti apparentemente simili. Cercheremo ora di capire da dove originano i valori di curva base indicati sulle confezioni delle lenti a ricambio frequente e quale utilità possono avere nell'applicazione.

Calcolo teorico della profondità sagittale

La profondità sagittale necessaria a una lente corneo-sclerale può essere calcolata approssimando la superficie anteriore dell'occhio a una calotta bicurva (sferica o asferica), di diametro pari a quello della lente a contatto, con la parte centrale corrispondente alla cornea e la parte periferica corrispondente alla sclera (Figura 1).

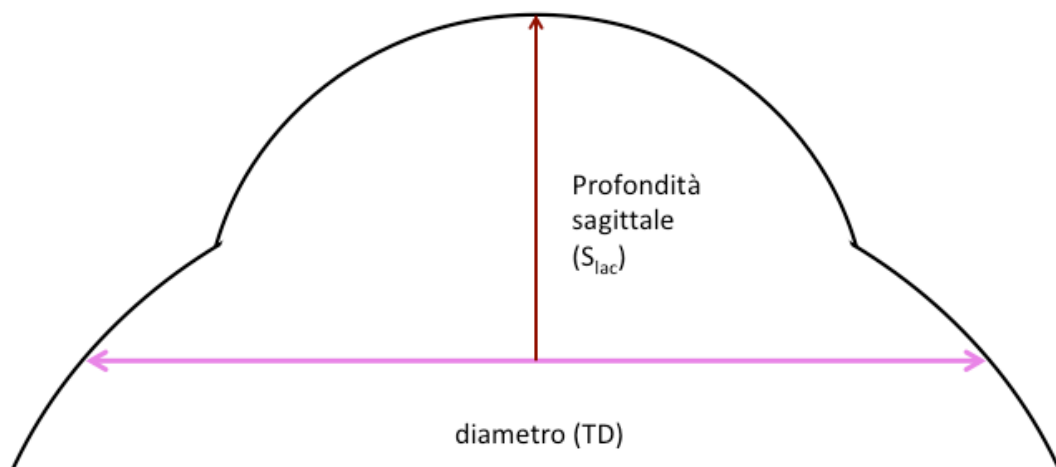


Figura 1: Rappresentazione schematica della superficie anteriore dell'occhio, con la parte centrale corrispondente alla cornea e la parte periferica corrispondente alla sclera.

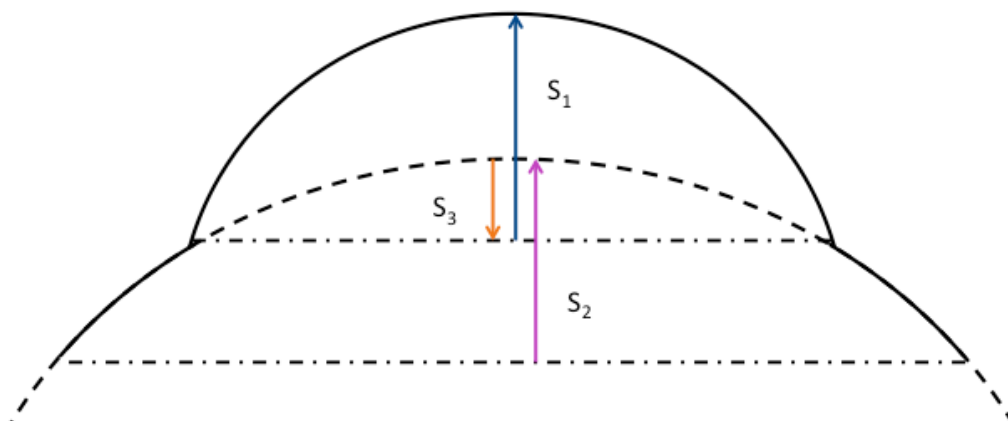


Figura 2: calcolo della profondità sagittale della superficie anteriore dell'occhio lungo una corda pari al diametro della lente a contatto.

Come illustrato in figura 2, la profondità sagittale teorica sarà uguale a: $S_{tot} = S_1 + S_2 - S_3$
La formula per il calcolo della sagitta è:

$$S = \frac{r - \sqrt{r^2 - p(d/2)^2}}{p}$$

S_1 viene calcolato considerando il raggio (r), il fattore di forma (p) e il diametro (d) della cornea.

S_2 viene calcolato considerando il raggio della sclera (con $p = 1$) e il diametro della lente a contatto.

S_3 viene calcolato considerando il raggio della sclera (con $p = 1$) e il diametro della cornea.

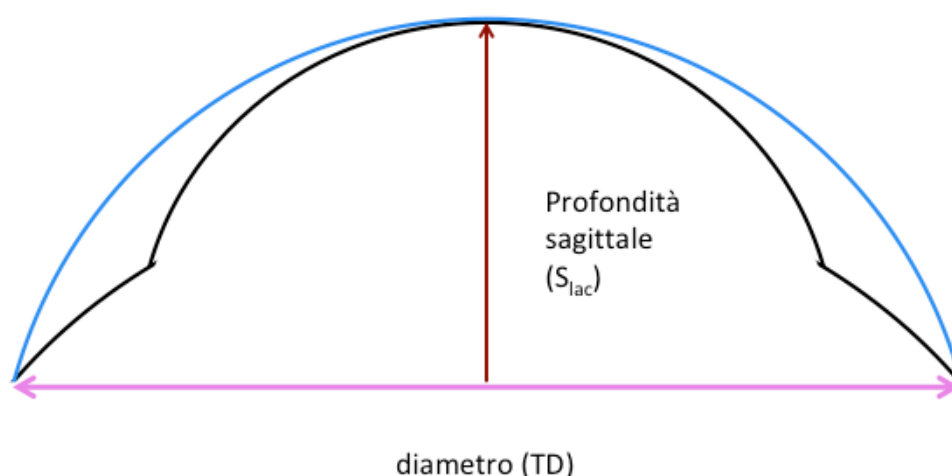


Figura 3: Rappresentazione schematica della superficie anteriore dell'occhio (bicurva in nero) con applicata una lente a contatto (monocurva in azzurro).

Una volta calcolata la profondità sagittale della superficie dell'occhio, è possibile, con una formula inversa, ricavare il raggio della lente monocurva di uguale diametro e uguale profondità (BCE) (Figura 3).

$$r = \frac{S^2 + (d/2)^2}{2S}$$

Poiché le lenti a contatto morbide sono di materiale flessibile ed elastico, affinché presentino un buon allineamento e una mobilità adeguata, dovranno in realtà avere una profondità sagittale un po' più alta. Quando applicata sull'occhio, la lente a contatto morbida subisce una deformazione elastica (Young et al. 2017), che altera i parametri costruttivi: il diametro aumenta e la profondità sagittale diminuisce. Si deve quindi considerare un coefficiente di incurvamento che dipende dalle caratteristiche fisiche del materiale e che è quindi diverso per lenti di diversi produttori.

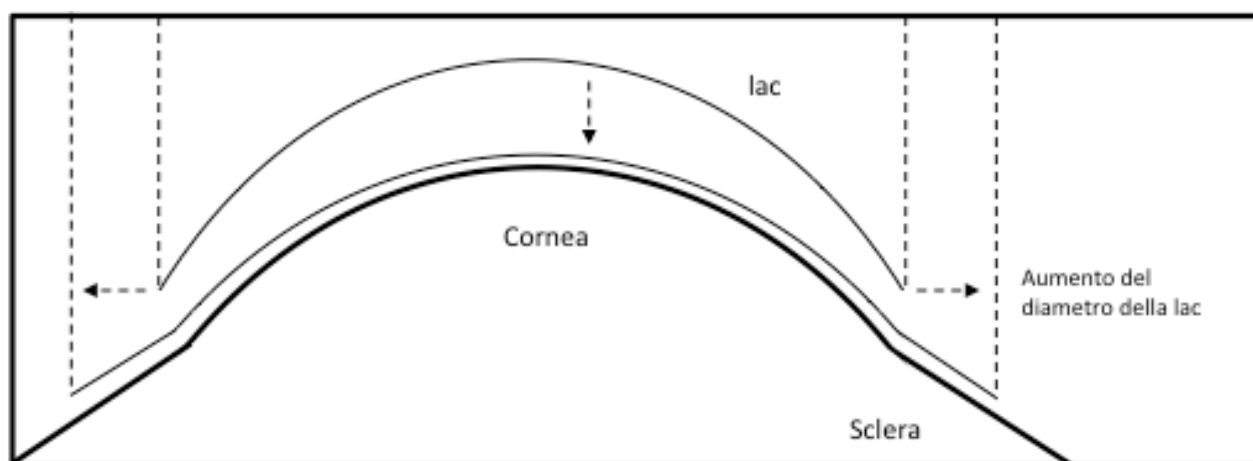


Figura 4: modello della deformazione elastica della lente a contatto secondo Young, che mostra l'aumento di diametro e la riduzione di profondità sagittale in seguito all'applicazione sulla superficie dell'occhio (Young et al. 2017)

A titolo di esempio, nelle tabelle 1, 2 e 3, presentiamo le variazioni di BCE al variare del raggio e del diametro corneale per un diametro e un coefficiente di incurvamento fissi, mentre in tabella 4 è descritta la variazione di BCE al variare del diametro della lente, mantenendo raggio e diametro corneale fissi.

r cornea	TD cornea	P cornea	r sclera	TD lac	S1	S2	S3	S tot	Fatt. incurv.	Slac	BCE
7,40	11,6	0,8	12	14,2	2,654	2,326	1,495	3,485	10%	3,895	8,33
7,50	11,6	0,8	12	14,2	2,604	2,326	1,495	3,435	10%	3,837	8,40
7,60	11,6	0,8	12	14,2	2,557	2,326	1,495	3,388	10%	3,783	8,47
7,70	11,6	0,8	12	14,2	2,512	2,326	1,495	3,343	10%	3,730	8,54
7,80	11,6	0,8	12	14,2	2,469	2,326	1,495	3,300	10%	3,680	8,61
7,90	11,6	0,8	12	14,2	2,427	2,326	1,495	3,259	10%	3,632	8,67
8,00	11,6	0,8	12	14,2	2,388	2,326	1,495	3,219	10%	3,585	8,74
8,10	11,6	0,8	12	14,2	2,349	2,326	1,495	3,180	10%	3,541	8,81
8,20	11,6	0,8	12	14,2	2,312	2,326	1,495	3,143	10%	3,498	8,88
8,30	11,6	0,8	12	14,2	2,276	2,326	1,495	3,107	10%	3,456	8,94
8,40	11,6	0,8	12	14,2	2,242	2,326	1,495	3,073	10%	3,416	9,01

Tabella 1: a parità di diametro della cornea, per cornee più piatte sono necessarie lenti più piatte (tutti i valori sono in mm).

r cornea	TD cornea	P cornea	r sclera	TD lac	S1	S2	S3	S tot	Fatt. incurv.	Slac	BCE
7,80	11,5	0,8	12	14,2	2,420	2,326	1,467	3,278	10%	3,606	8,71
7,80	11,6	0,8	12	14,2	2,469	2,326	1,495	3,300	10%	3,630	8,68
7,80	11,7	0,8	12	14,2	2,519	2,326	1,523	3,322	10%	3,655	8,64
7,80	11,8	0,8	12	14,2	2,570	2,326	1,551	3,345	10%	3,680	8,61
7,80	11,9	0,8	12	14,2	2,622	2,326	1,579	3,369	10%	3,706	8,57
7,80	12	0,8	12	14,2	2,675	2,326	1,608	3,393	10%	3,732	8,53
7,80	12,1	0,8	12	14,2	2,728	2,326	1,637	3,417	10%	3,759	8,50
7,80	12,2	0,8	12	14,2	2,782	2,326	1,666	3,442	10%	3,786	8,46
7,80	12,3	0,8	12	14,2	2,837	2,326	1,696	3,467	10%	3,814	8,43
7,80	12,4	0,8	12	14,2	2,893	2,326	1,726	3,493	10%	3,843	8,39
7,80	12,5	0,8	12	14,2	2,950	2,326	1,756	3,520	10%	3,872	8,36

Tabella 2: a parità di raggio della cornea, per cornee più grandi sono necessarie lenti più curve (tutti i valori sono in mm).

r cornea	TD cornea	P cornea	r sclera	TD lac	S1	S2	S3	S tot	Fatt. incurv.	Slac	BCE
7,40	11,5	0,8	12	14,2	2,599	2,326	1,467	3,458	10%	3,803	8,44
7,50	11,6	0,8	12	14,2	2,604	2,326	1,495	3,435	10%	3,779	8,47
7,60	11,7	0,8	12	14,2	2,610	2,326	1,523	3,413	10%	3,755	8,50
7,70	11,8	0,8	12	14,2	2,616	2,326	1,551	3,391	10%	3,730	8,54
7,80	11,9	0,8	12	14,2	2,622	2,326	1,579	3,369	10%	3,706	8,57
7,90	12	0,8	12	14,2	2,628	2,326	1,608	3,346	10%	3,681	8,60
8,00	12,1	0,8	12	14,2	2,635	2,326	1,637	3,324	10%	3,656	8,64
8,10	12,2	0,8	12	14,2	2,641	2,326	1,666	3,301	10%	3,631	8,67
8,20	12,3	0,8	12	14,2	2,648	2,326	1,696	3,278	10%	3,606	8,71
8,30	12,4	0,8	12	14,2	2,656	2,326	1,726	3,256	10%	3,581	8,75
8,40	12,5	0,8	12	14,2	2,663	2,326	1,756	3,232	10%	3,556	8,79

Tabella 3: di solito cornee più curve hanno anche diametro minore e questo compensa in parte le variazioni di profondità sagittale (tutti i valori sono in mm).

r cornea	TD cornea	P cornea	r sclera	TD lac	S1	S2	S3	S tot	Fatt. incurv.	Slac	BCE
7,80	11,8	0,8	12	13,5	2,570	2,078	1,551	3,098	10%	3,408	8,39
7,80	11,8	0,8	12	13,6	2,570	2,113	1,551	3,132	10%	3,445	8,43
7,80	11,8	0,8	12	13,7	2,570	2,147	1,551	3,167	10%	3,483	8,48
7,80	11,8	0,8	12	13,8	2,570	2,182	1,551	3,202	10%	3,522	8,52
7,80	11,8	0,8	12	13,9	2,570	2,217	1,551	3,237	10%	3,561	8,56
7,80	11,8	0,8	12	14	2,570	2,253	1,551	3,273	10%	3,600	8,61
7,80	11,8	0,8	12	14,1	2,570	2,289	1,551	3,309	10%	3,640	8,65
7,80	11,8	0,8	12	14,2	2,570	2,326	1,551	3,345	10%	3,680	8,69
7,80	11,8	0,8	12	14,3	2,570	2,363	1,551	3,382	10%	3,720	8,73
7,80	11,8	0,8	12	14,4	2,570	2,400	1,551	3,420	10%	3,762	8,77
7,80	11,8	0,8	12	14,5	2,570	2,438	1,551	3,457	10%	3,803	8,81

Tabella 4: a parità di raggio e diametro della cornea, per lenti più grandi sono necessarie lenti più piatte (tutti i valori sono in mm).

Il significato della BC indicata sulla confezione

Come si vede dai valori di BCE riportati nelle diverse tabelle, la maggior parte delle cornee viene coperta da lenti a contatto con BCE fra 8,30 e 9,00 mm, che sono i valori con cui sono generalmente etichettate le lenti a produzione industriale. Tuttavia, come già sottolineato, la BC indicata può non corrispondere realmente al raggio di curvatura della lente, se per esempio la superficie posteriore ha una geometria asferica e, quindi, lenti con caratteristiche apparentemente simili possono presentare caratteristiche applicative molto diverse.

Studi sulla misura della profondità sagittale delle lenti a produzione industriale, hanno mostrato che lenti etichettate con BC uguali possono avere profondità molto diverse e lenti etichettate con BC diversi possono avere profondità sagittali uguali (Montani 2016, van der Worp & Mertz 2015). Sono state riscontrate differenze nella profondità misurata anche in lenti dello stesso tipo, ma con poteri diversi, per esempio differenze fra lenti positive e negative. Gli autori concludono che i valori di BC indicati attualmente in etichetta hanno solo un valore fittizio e che, per essere utili ai fini applicativi, dovrebbero essere sostituiti dai valori reali di profondità sagittale (van der Worp et al. 2014).

Selezione della prima lente: rapporto fra cheratometria e BC

Diversi studi (Gundel & HI 1986) hanno mostrato che non vi è correlazione tra letture cheratometriche centrali o periferiche e curvatura interna della lente a contatto morbida più adatta. Inoltre Young (Young 1992) ha dimostrato che la normale variabilità di asfericità della cornea nella popolazione ha un effetto maggiore sulla profondità sagittale rispetto al raggio o al diametro. Per questi motivi, i valori della cheratometria non forniscono una buona indicazione nella scelta di una lente morbida. Malgrado ciò, le guide applicative continuano a indicare le cheratometrie come valore di partenza su cui selezionare la curva base iniziale.

Da queste considerazioni si deduce che la selezione della migliore lente morbida avviene di solito con un processo di prova ed errore. La valutazione dell'appoggio (piatto o stretto) viene effettuata in base alla dinamica della lente: se la lente ha una profondità sagittale eccessiva, si muoverà poco, se ha una profondità sagittale insufficiente, si muoverà troppo.

Il raggio di curvatura è il principale parametro da modificare quando si tenta di ottimizzare l'applicazione, l'aumento della curvatura è richiesto se la lente è troppo mobile e viceversa. Queste variazioni possono avere senso solo se considerate fra lenti della stessa geometria e

dello stesso tipo. Con lenti in Poli-HEMA relativamente spesse, sono richieste variazioni di BOZR ampie (0,30 mm) per avere qualche effetto sulla dinamica della lente a contatto. Con lenti sottili e a elevata idratazione le variazioni di BC hanno anche minor effetto.

Variazioni di raggio e di diametro durante l'uso

La deformazione elastica che subisce la lente quando viene indossata fa sì che il diametro aumenti e la profondità sagittale diminuisca in misura diversa, a seconda dei parametri della cornea e della sclera su cui è applicata (Young et al. 2017). Inoltre l'ambiente oculare ha una temperatura superiore (36°) rispetto a quella in cui vengono fatte le misure in vitro (20°) e questo può provocare una variazione della forma. Infine, durante l'uso la lente tende a disidratarsi e dopo 6 ore di utilizzo il diametro si riduce e la curvatura aumenta, soprattutto nelle lenti ad alta idratazione (Tranoudis & Efron 2004).

Conclusioni

Nell'applicazione delle lenti morbide a produzione industriale la conoscenza della curva base, così come viene attualmente indicata sulla etichetta della confezione, è di scarsa utilità per la scelta della migliore lente da applicare. Qualsiasi lente deve essere provata e valutata sia appena applicata, sia a fine giornata, per verificare che l'applicazione sia adeguata in termini di copertura corneale e di mobilità. Nel caso siano necessarie variazioni, e quindi una sostituzione della lente con un modello, un materiale o una marca diversi, non è possibile prevedere a priori il comportamento della nuova lente, ma deve essere di nuovo verificata sull'occhio.

Bibliografia

- Gundel R & HI C (1986): Peripheral Keratometry and Soft Lens Fitting. Eyecare.
- Montani G (2016): What is the Meaning of Base Curve in Frequent Replacement Contact Lenses? Soft Spec Ed - World Wide Vis XXIV **4**..
- Tranoudis I & Efron N (2004): Parameter stability of soft contact lenses made from different materials. Contact Lens Anterior Eye J Br Contact Lens Assoc **27**: 115–131.
- van der Worp E & Mertz C (2015): Sagittal height differences of frequent replacement silicone hydrogel contact lenses. Contact Lens Anterior Eye J Br Contact Lens Assoc **38**: 157–162.
- van der Worp E, Schweizer H, Lampa M, van Beusekom M & Andre M (2014): The future of soft contact lens fitting starts here. Contact Lens Spectr **6**: 44–55.
- Young G (1992): Ocular sagittal height and soft contact lens fit. J Br Contact Lens Assoc **15**: 45–49.
- Young G, Hall L, Sulley A, Osborn-Lorenz K & Wolffsohn JS (2017): Inter-relationship of Soft Contact Lens Diameter, Base Curve Radius, and Fit. Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom **94**: 458–465.