

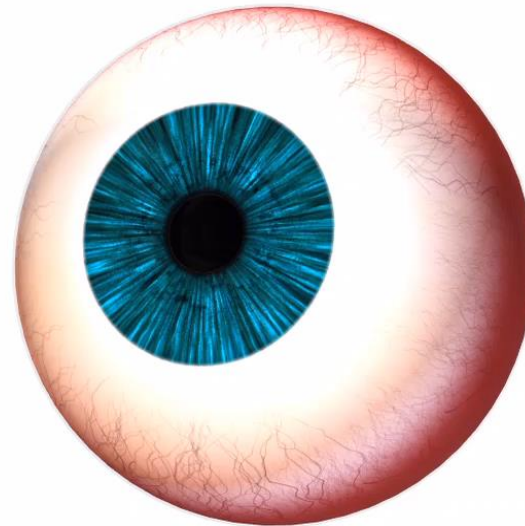


***Biodinamica corneale
e
chirurgia customizzata***

from Italy, centuries of inspiration and innovation create custom vision

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Da un punto di vista strutturale, la cornea si comporta come una micro cupola, soggetta ad una pressione uniforme dall'interno verso l'esterno.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Per lo studio della dinamica corneale al fine di valutare l'entità delle deformazioni occorre studiare la interazione fra i seguenti parametri:

- **Diametro**
- **Curvatura media**
- **Pachimetria**
- **Pressione intraoculare**
- **Indentazione sclerale**
- **Modulo elastoplastico**
- **Viscosità**

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

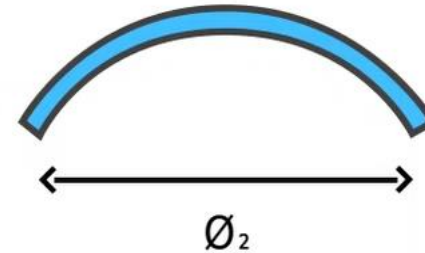
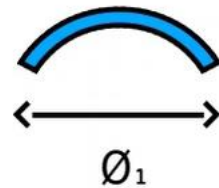
Lo studio della dinamica corneale e delle sue deformazioni può essere espletato tramite un'analisi agli elementi finiti in grado di correlare l'interazione fra i suddetti parametri.

In specifico la chirurgia refrattiva, in quanto chirurgia di natura sottrattiva, comporta sempre una generale riduzione delle capacità di resistenza strutturale della cornea ed un conseguente incremento delle sue deformazioni.

Pertanto un intervento di chirurgia refrattiva è strutturalmente ben concepito quando sia tale da contenere le deformazioni da esso necessariamente indotte di ordine irrilevante rispetto allo scopo della chirurgia medesima.

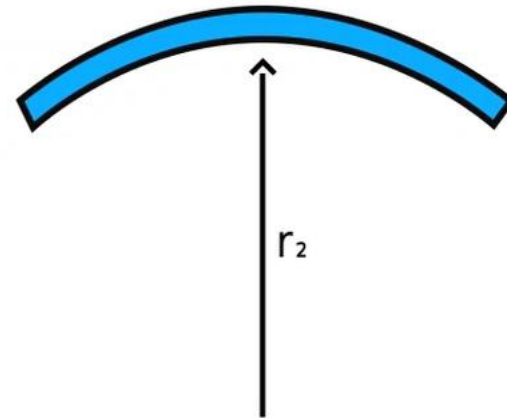
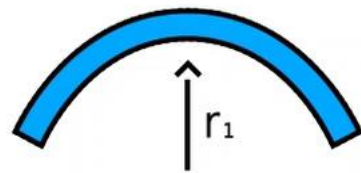
Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Il parametro di maggior rilievo ai fini di una corretta determinazione della deformazione è il diametro corneale. Difatti la deformazione corneale può essere approssimativamente correlata alla sua **quarta** potenza. È pertanto necessario conoscere il diametro corneale da limbus a limbus per valutare la rigidità della struttura corneale. I romani costruivano i loro ponti nei punti in cui le rive dei fiumi erano più prossime!



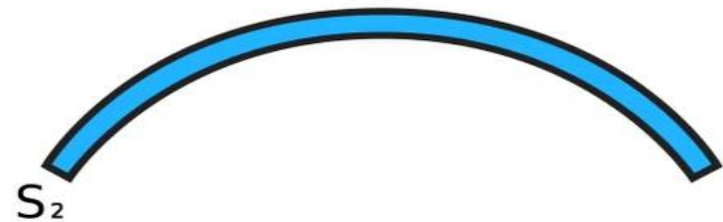
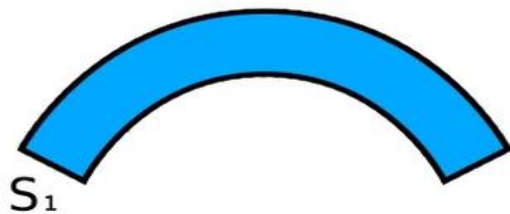
Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

La curvatura media della cornea è un parametro anch'esso di notevole importanza per la valutazione della dinamica corneale. Pertanto per determinarla è necessario conoscere il profilo corneale da limbus a limbus.
È più facile rompere il guscio dell'uovo dalla parte più piatta!



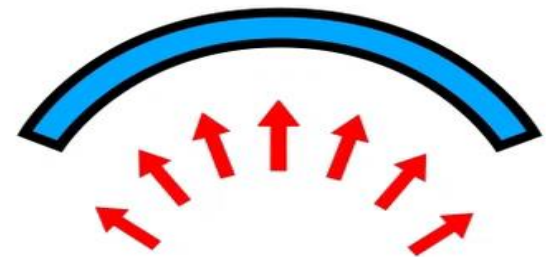
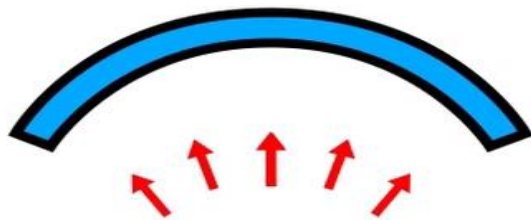
Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Lo spessore gioca anch'esso un ruolo di rilievo nella dinamica corneale, seppur meno importante, rispetto al diametro corneale e curvatura media. Difatti la deformazione può essere correlata ad una variazione proporzionale alla **terza** potenza dello spessore.



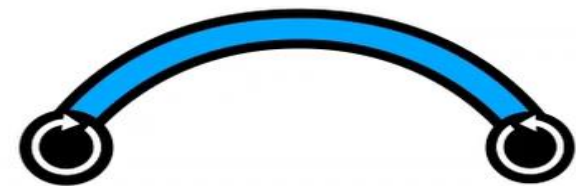
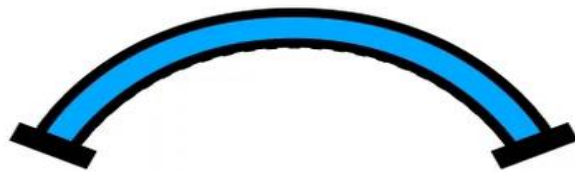
Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

La pressione intraoculare gioca un ruolo **lineare** nella determinazione della deformazione corneale. Ovviamente a pressioni maggiori corrispondono deformazioni maggiori.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

L'indentazione sclerale è purtroppo un parametro poco considerato per carenza di dati di valutazione oggettivi. Un eventuale difetto di indentazione sclerale può essere assimilato come una cupola basata su un incastro cedevole. È pertanto intuitivo che un difetto rilevante di indentazione sclerale può causare anche gravi deformazioni corneali.

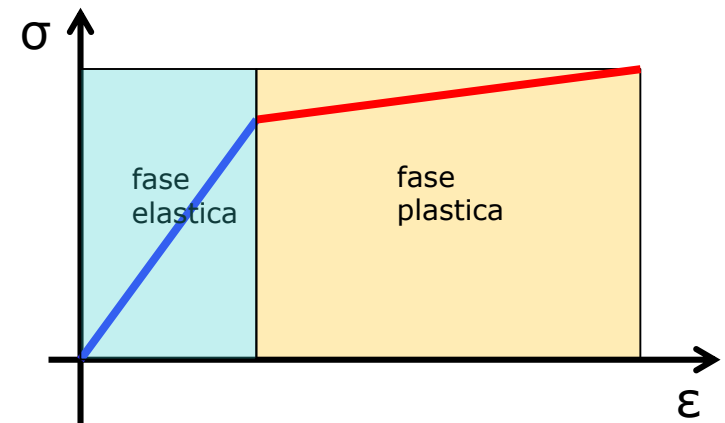


Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Il modulo elastico gioca un ruolo lineare nella determinazione della deformazione corneale. Ovviamente a valori maggiori corrispondono deformazioni minori.

La cornea, come tutti i materiali soggetti ad una sollecitazione meccanica, si deforma secondo una legge elasto-plastica, come da seguente diagramma sforzo-deformazione.

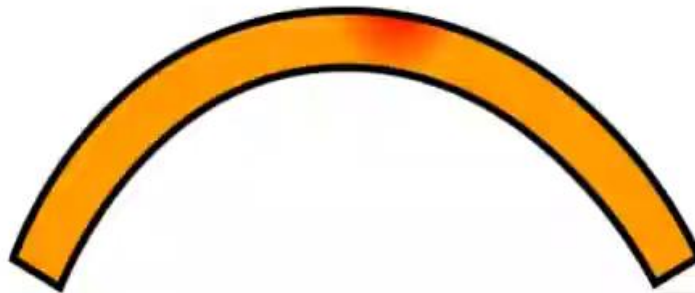
Le deformazioni **elastiche** rientrano al termine della sollecitazione, mentre quelle **plastiche** risultano essere permanenti. La cornea tuttavia, data la limitata entità delle sollecitazioni in gioco, rispetto alla sua geometria generalmente rimane sempre in campo elastico.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Tuttavia i fenomeni di viscosità corneale intervengono a complicare lo studio dei processi di deformazione correlati al modulo elastico. La deformazione **viscosa** è di natura permanente e si manifesta in maniera progressiva al permanere dell'azione sollecitante.

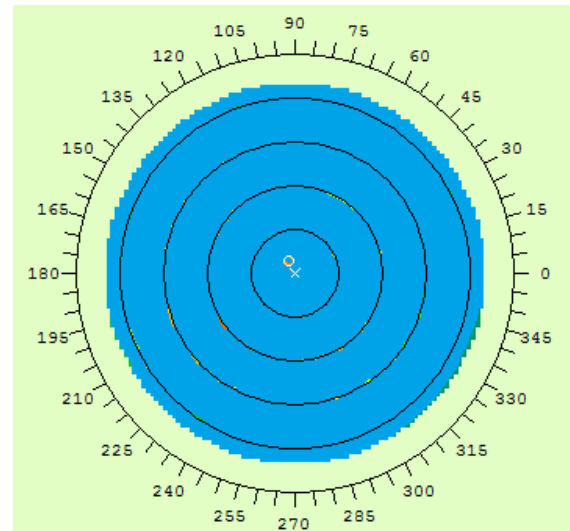
Un caso tipico di deformazione elasto-plastico-viscosa è il cheratocono. Difatti nel cheratocono su un iniziale area locale di indebolimento del modulo elastico, probabilmente correlato a carenze locali nel crosslinking del collagene si innestano fenomeni viscosi di scorrimento delle fibre di collagene che a loro volta causano una progressiva riduzione locale dello spessore corneale e un ulteriore indebolimento del modulo elastico.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Sarà pertanto necessario in futuro introdurre sistemi innovativi, quali ad esempio la microscopia Brillouin, in grado di misurare l'effettivo valore del modulo elastico e le sue variazioni locali per:

- studiare le componenti irregolari di deformazioni corneali e predirne la relativa evoluzione
- valutare gli opportuni processi di irrigidimento locale del modulo elastico, tramite tecniche di crosslinking customizzate, propedeutici all'intervento CCR di regolarizzazione corneale.

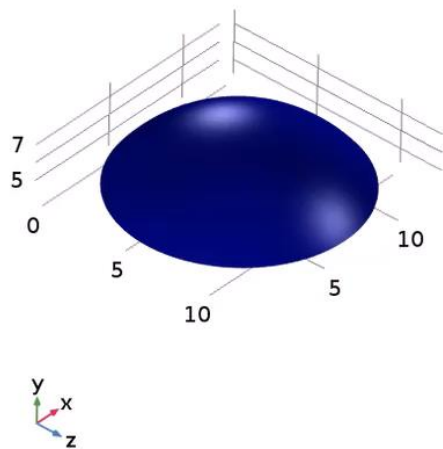


Mappa modulo elastico post-crosslinking

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

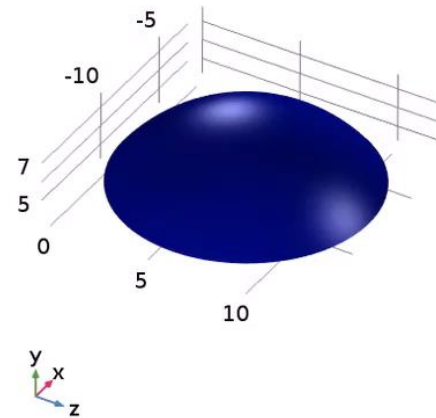
Un'analisi tenso-deformativa agli elementi finiti, effettuata su un modello standardizzato di cornea, mostra come un taglio intrastromale, in caso di chirurgia femto-LASIK, causi un indebolimento della rigidità corneale rispetto ad una chirurgia di superficie, pari ad un fattore compreso tra 2.1 e 2.3.

pressure(1)=0 mmHg
Surface: Displacement field, Y component (um)



Chirurgia di superficie

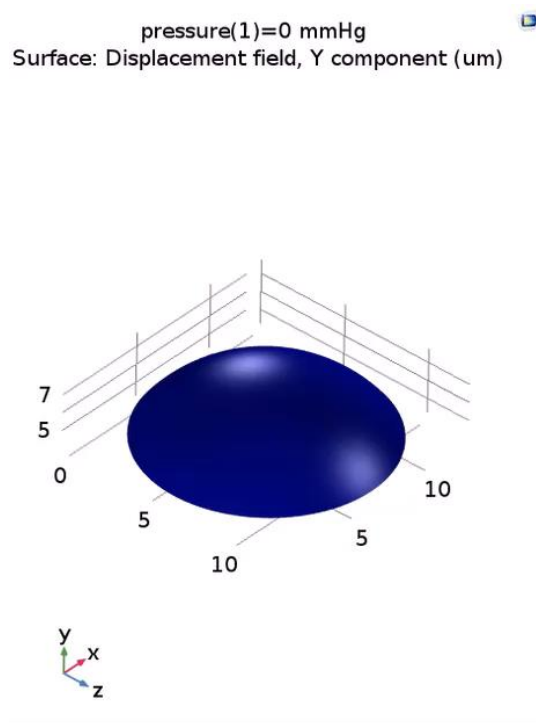
pressure(1)=0 mmHg
Surface: Displacement field, Y component (um)



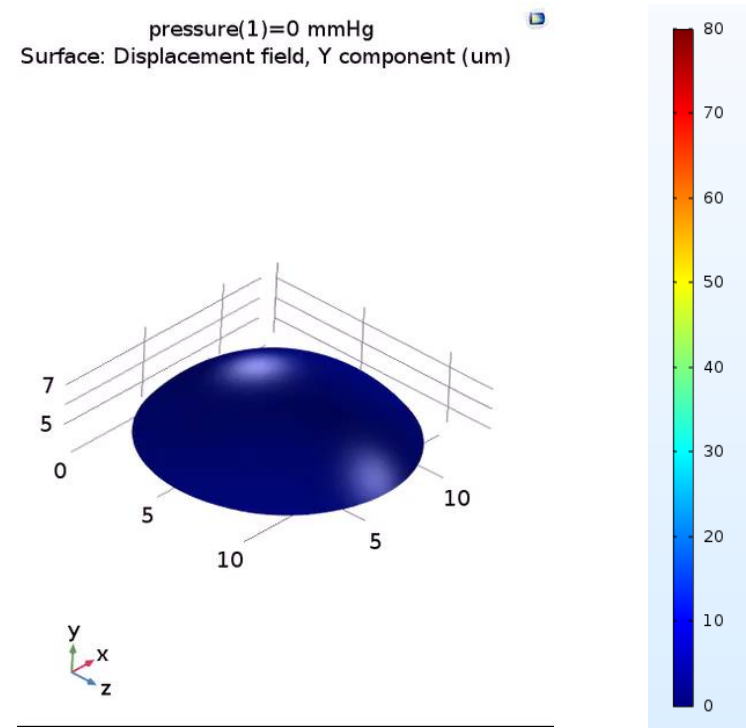
femto-LASIK

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Un'analisi tenso-deformativa agli elementi finiti, effettuata su un modello standardizzato di cornea, mostra come un taglio intrastromale, in caso di chirurgia con tecnica SMILE, causi un indebolimento della rigidità corneale rispetto ad una chirurgia di superficie, pari ad un fattore compreso tra 1.3 e 1.5.



Chirurgia di superficie



SMILE

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

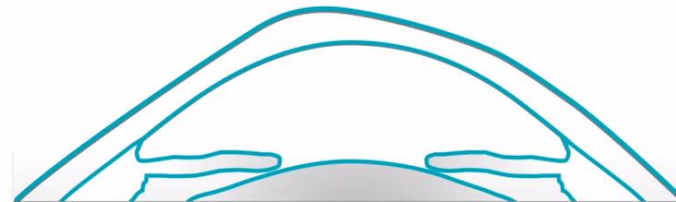
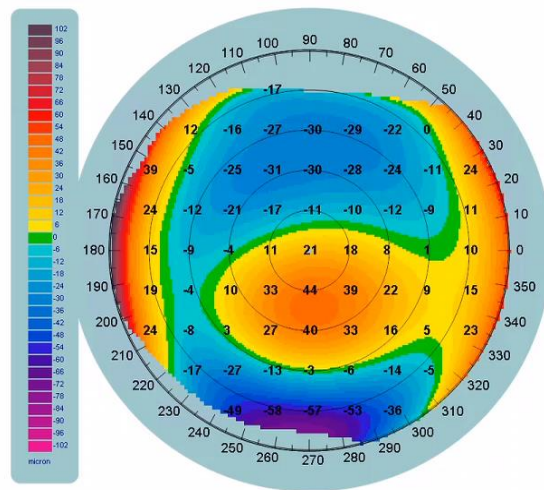
Una chirurgia corneale, con finalità refrattive o terapeutiche, deve soddisfare i seguenti requisiti:

- 1) Customizzare il trattamento per ottimizzare la qualità visiva;**
- 2) Minimizzare l'invasività del trattamento;**
- 3) Automatizzare ogni step del processo chirurgico con un loop chiuso.**

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

La customizzazione del trattamento laser è finalizzata a ricercare l'effetto refrattivo desiderato tramite un processo di regolarizzazione della superficie corneale al fine di mirare non solo alla "quantità" visiva, pari a 20/20 o più, ma soprattutto ad una migliore qualità visive.

È necessario, quindi, evitare di indurre irregolarità che possano causare fenomeni di abbagliamento, aloni, "starburst" e, più in generale, una perdita della sensibilità al contrasto.



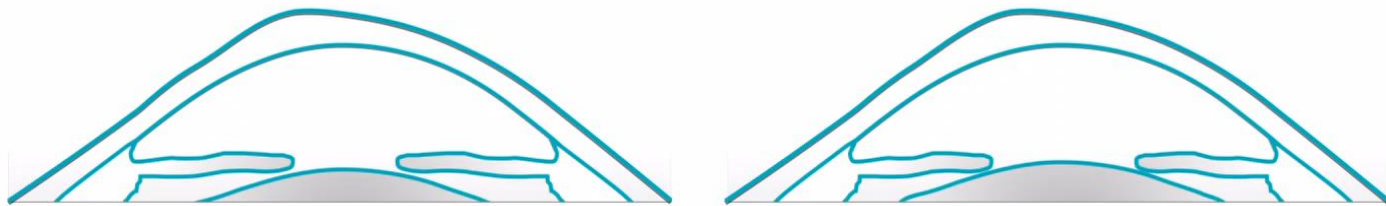
MAPPA D'ELEVAZIONE ANTERIORE

Customizzare il trattamento per
ottimizzare la qualità visiva



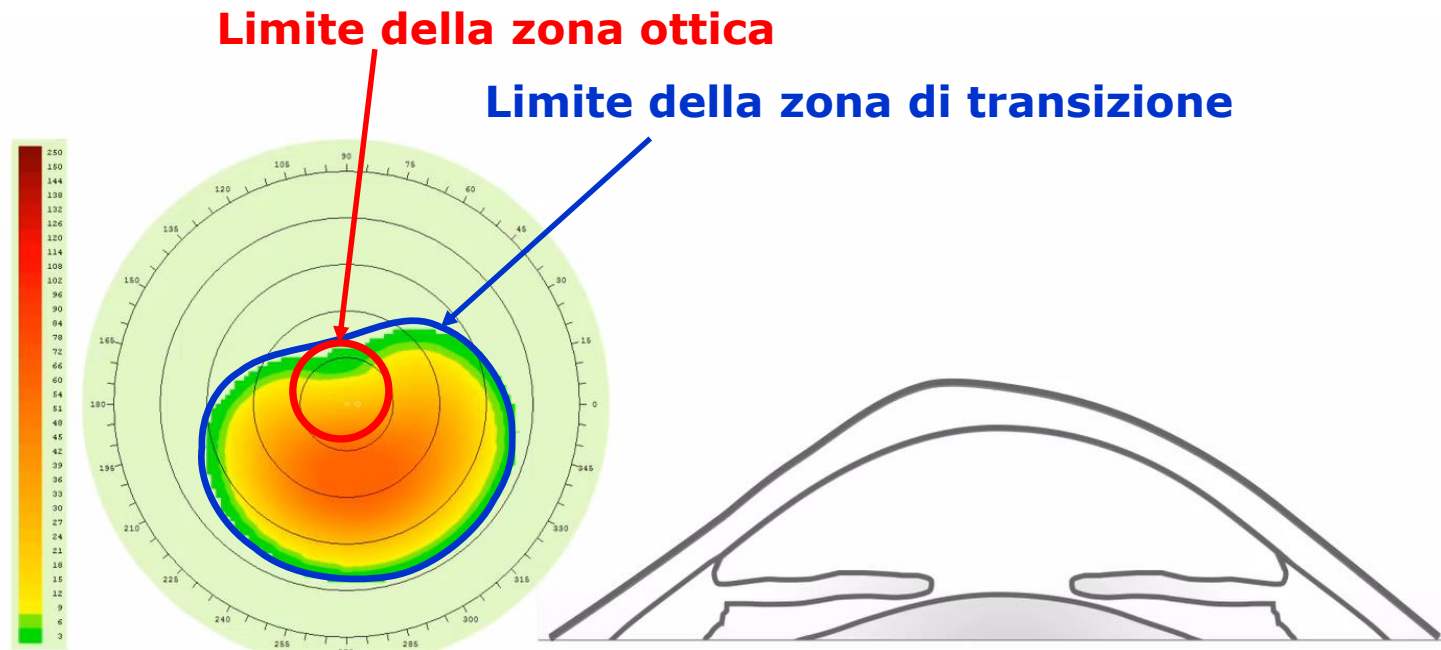
Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

La rilevazione in maniera adeguata delle irregolarità corneali, per mezzo di un apposito tomografo, è necessaria per permettere al laser di rimuoverle; questo implica che l'ablazione non sia più pianificata con una semplice tecnica standard o aberrometrica, ma definita come il **volume** di tessuto che dev'essere rimosso dalla superficie anteriore per ottenere la superficie ideale, necessaria ad ottimizzare la qualità visiva.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

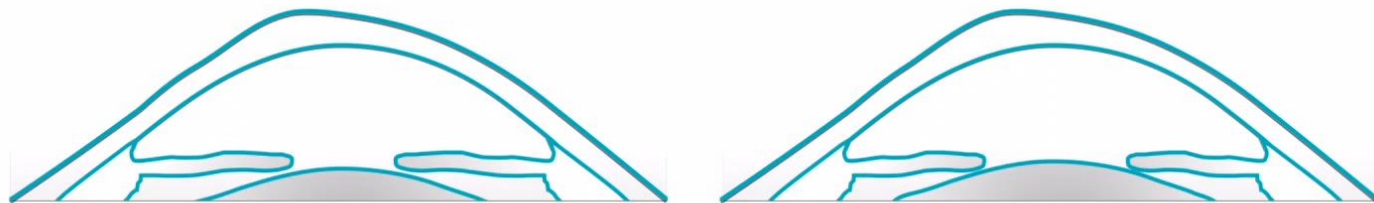
La larghezza della zona di transizione deve essere customizzata in direzione radiale garantendo una pendenza costante e la continuità della curvatura in connessione con la zona ottica, per evitare irregolarità a livello locale.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Una valutazione della dinamica della pupilla, in relazione allo stile di vita del paziente, è necessaria per stabilire, mediante un'analisi statistica, la **zona ottica** ideale del paziente.

Questa deve risultare la più contenuta possibile, per minimizzare l'invasività del trattamento, non essendo più necessario, grazie alla regolarità della superficie ideale e della relativa transizione, incrementare la zona ottica fino a 6.0 mm o più per evitare problemi diffrattivi al limite della zona ottica.



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

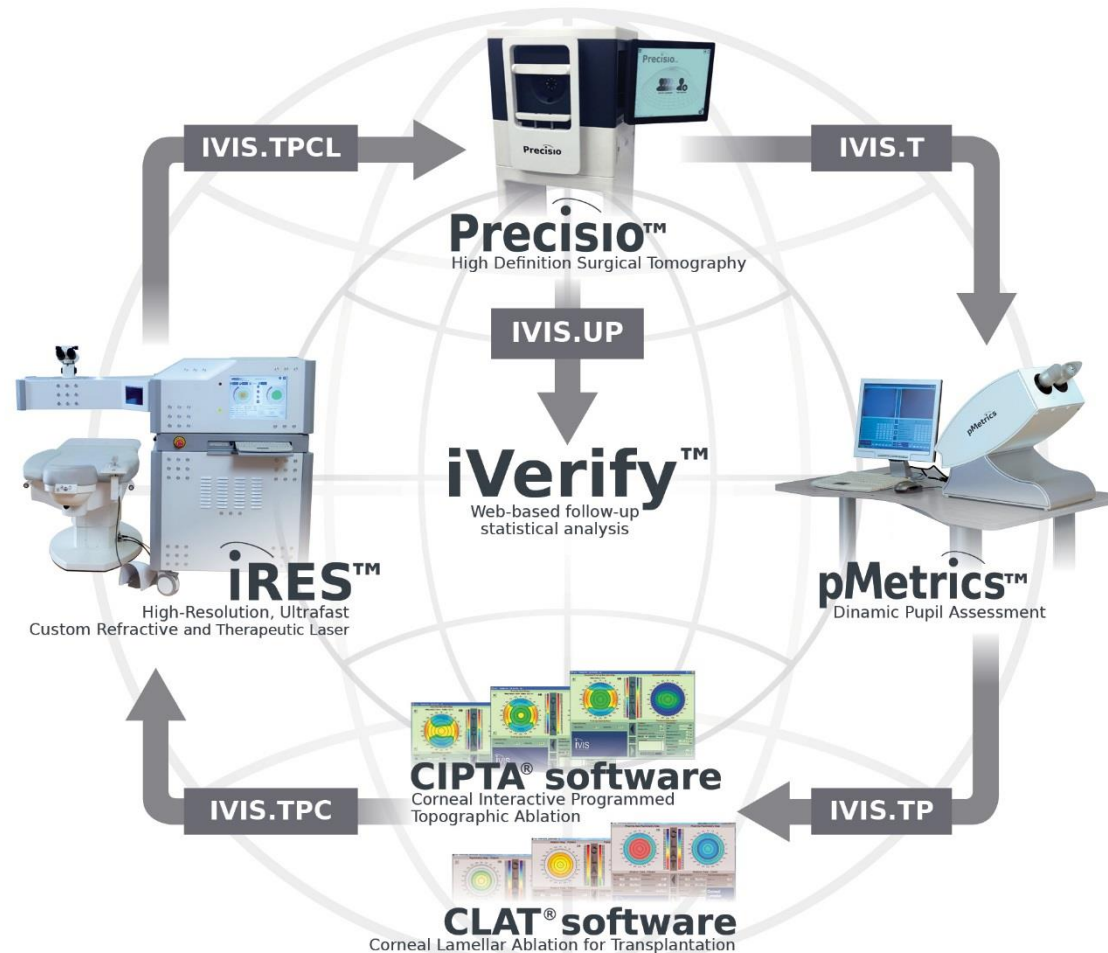
L'esecuzione di un intervento chirurgico customizzato richiede un alto grado di **automatizzazione** per garantire la piena indipendenza dall'intervento umano, al fine di minimizzare il rischio di errori prima e durante l'operazione, nonché di complicazioni postoperatorie o esiti indesiderati. Più specificatamente richiede:

- 1) Un obiettivo processo di verifica dei dati acquisiti, necessari alla customizzazione dell'intervento pianificato;
- 2) Un processo automatico di esecuzione dell'intervento, in grado di assegnare al chirurgo un ruolo prettamente strategico per customizzare l'intervento a seconda dei bisogni del paziente;
- 3) Un controllo a loop chiuso dell'intero processo, al fine di verificare gli esiti dell'intervento e generare analisi statistiche basate su basi oggettive.

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Automatizzare tutti gli step chirurgici in loop chiuso

Il processo 4D



**Automatizzare i processi in un
loop chiuso**



Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

La chirurgia corneale trans-epiteliale è oggi l'unica tecnica in grado di consentire:

- 1) La customizzazione dei trattamenti a fini refrattivi e terapeutici per ottimizzare la qualità della visione e contestualmente minimizzare l'invasività del trattamento;
- 2) L'automazione di ogni step del processo chirurgico con un sistema di controllo a loop chiuso per garantire la congruità fra esito della chirurgia e trattamento pianificato.

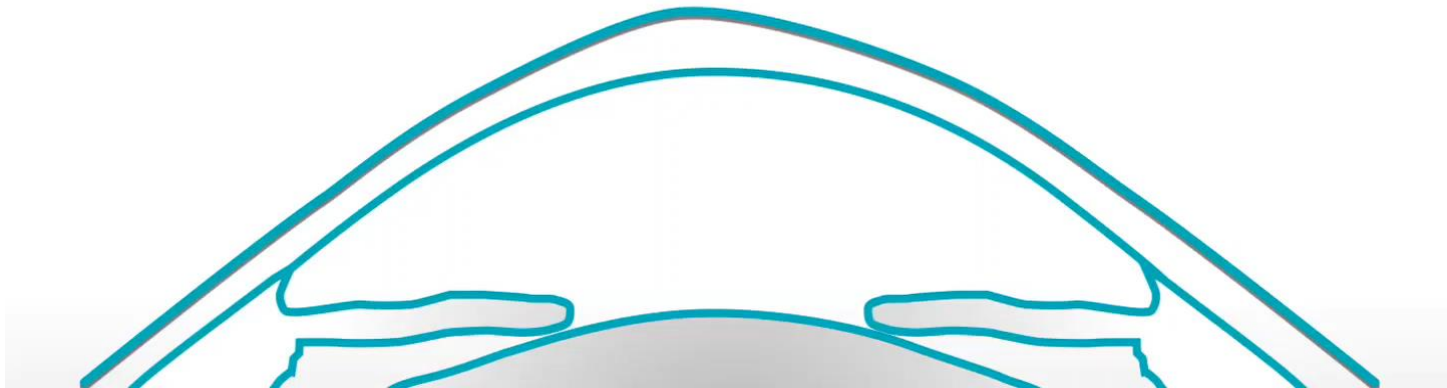
Tuttavia, la chirurgia trans-epiteliale implica necessariamente che il processo di riepitelizzazione si completi prima che il paziente possa riacquisire una buona qualità della visione.

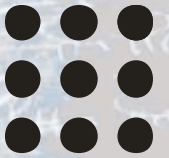
Di conseguenza essa comporta per alcuni giorni, nell'immediato post-operatorio, i noti effetti collaterali indesiderati di sensazione di corpo estraneo e visione fluttuante.

Biodinamica corneale e chirurgia customizzata

Per questo motivo, l'introduzione di un **sostituto temporaneo dell'epitelio** corneale può risultare utile per evitare il dolore post-operatorio della chirurgia trans-epiteliale e migliorare la qualità visiva, controllando il processo di riparazione epiteliale.

Il sostituto temporaneo dell'epitelio deve essere idealmente un hydrogel autoadesivo, biocompatibile, sterile e trasparente da applicare sulla cornea, subito dopo l'intervento, con mezzi adeguati. Esso deve agire da barriera in sostituzione temporanea dell'epitelio, fino al completamento del processo di riparazione epiteliale conseguente all'intervento chirurgico.





**Soluzioni Innovative
per la Chirurgia Corneale
Customizzata
Refrattiva e Terapeutica**

Grazie per l'attenzione

from Italy, centuries of inspiration and innovation create custom vision