



Francesca Chemello

Unità Operativa Complessa di Oculistica, Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata di Verona

Dispositivi di drenaggio retroequatoriali nel trattamento chirurgico del glaucoma

Abstract: I dispositivi di drenaggio per glaucoma (GDD) rappresentano un'evoluzione fondamentale nella chirurgia del glaucoma refrattario, offrendo un efficace controllo della pressione intraoculare (IOP) nei casi in cui la chirurgia filtrante tradizionale fallisce o presenta alto rischio di insuccesso. Dall'introduzione del Molteno negli anni '70, i GDD hanno beneficiato di miglioramenti tecnologici e di design, culminando nei moderni impianti valvolati (Ahmed) e non valvolati (Baerveldt, Molteno, Paul Glaucoma Implant). Questi ultimi garantiscono pressioni più basse a lungo termine, sebbene con maggior rischio di ipotonia iniziale. L'accurata selezione del paziente, la scelta del quadrante chirurgico e la gestione attenta del decorso postoperatorio sono determinanti per il successo. Le complicanze più comuni includono ipotonia, erosione congiuntivale, occlusione del tubo e scompenso corneale. Rispetto alla trabeculectomia, i GDD garantiscono maggiore stabilità e prevedibilità, risultando una valida opzione chirurgica nei glaucomi complessi.

Keywords: Glaucoma refrattario, Impianti drenanti retroequatoriali, Glaucoma Drainage Devices (GDD).

Introduzione

I dispositivi di drenaggio per glaucoma (Glaucoma Drainage Devices, GDD) rappresentano una significativa innovazione nella chirurgia oftalmologica moderna, offrendo un'opzione terapeutica efficace per il controllo della pressione intraoculare (IOP) in pazienti affetti da glaucomi refrattari o con precedente chirurgia filtrante fallita. Il principio di base di questi impianti consiste nel drenare l'umor acqueo dalla camera anteriore verso uno spazio sottocongiuntivale retro-equatoriale, dove si forma una capsula fibrosa tra le 4 e le 6 settimane dopo l'impianto. Tale capsula determina la resistenza al flusso e di conseguenza la pressione finale intraoculare e l'efficacia dell'impianto⁽¹⁾.

Dall'introduzione del primo impianto di Molteno negli anni '70, i dispositivi di drenaggio hanno subito un'evoluzione sostanziale. Le modifiche del design, l'introduzione di materiali biocompatibili e l'ottimizzazione delle tecniche chirurgiche hanno migliorato la sicurezza intraoperatoria e ridotto la frequenza di complicanze postoperatorie.

Gli impianti moderni, come il dispositivo di Baerveldt, la valvola di Ahmed (AGV) e il Paul Glaucoma Implant (PGI), rappresentano un continuum evolutivo che ha progressivamente affinato l'equilibrio tra efficacia nel controllo pressorio e minimizzazione dei rischi⁽²⁾.

Dal punto di vista funzionale, i GDD si dividono in dispositivi valvolati e non valvolati. I primi,

come la valvola di Ahmed, includono un meccanismo di controllo unidirezionale che previene l'ipotonìa post-operatoria precoce, garantendo un flusso controllato di umor acqueo fin dalle prime fasi post chirurgia.

I dispositivi non valvolati, come Baerveldt e Molteno, affidano invece la regolazione del flusso alla resistenza intrinseca del tubo e alla formazione della capsula fibrosa, ottenendo pressioni più basse nel lungo periodo ma con un rischio di ipotonìa iniziale maggiore.

Il PGI, introdotto più recentemente, rappresenta un'evoluzione concettuale dei dispositivi non valvolati, con l'obiettivo di coniugare sicurezza ed efficacia attraverso un tubo di diametro interno nettamente inferiore rispetto ai precedenti, che crea una resistenza idraulica intrinseca al flusso dell'umor acqueo, riducendo così il rischio di ipotonìa acuta senza necessità di valvola.

Selezione del paziente e pianificazione preoperatoria

La corretta selezione del paziente è un requisito essenziale per il successo chirurgico. I dispositivi di drenaggio trovano indicazione nei glaucomi in cui vi sia un alto rischio di fallimento della chirurgia filtrante anteriore (trabeculectomia, sclerectomia profonda) ed intermedia (impianto di microshunt), come quelli neovascolari, uveitici, post-traumatici, afachici, post-trapianto di cornea o post-vitrectomia e nei glaucomi pediatrici o congeniti refrattari^(3, 4, 5, 6).

Tuttavia, negli ultimi anni si è assistito a un progressivo ampliamento delle indicazioni, comprendendo anche casi di glaucoma primario ad angolo aperto non controllato da terapia massimale (Fig. 1).

L'esame preoperatorio deve includere la valutazione della congiuntiva per identificarne aree a ridotta mobilità o con presenza di fibrosi, la

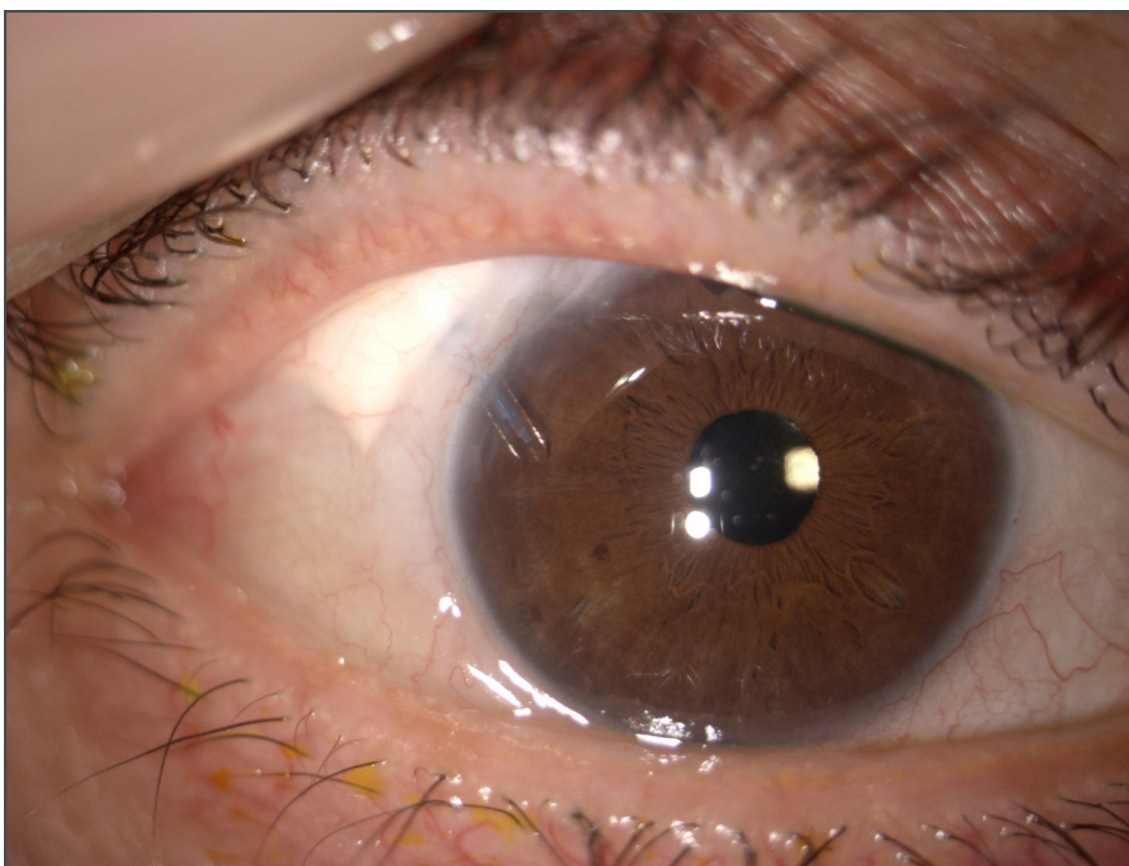


Figura 1 - Impianto di dispositivo di Baerveldt.

gonioscopia per escludere sinechie o anomalie anatomiche, l'analisi della profondità della camera anteriore e la valutazione dello stato del cristallino. La presenza di cataratta può giustificare l'esecuzione di una chirurgia combinata. Nei glaucomi neovascolari, è raccomandato un trattamento preoperatorio con agenti anti-VEGF per ridurre il rischio di sanguinamento intraoperatorio.

La scelta del tipo di impianto deve basarsi su molteplici fattori: la IOP target, i fattori di rischio oculari (miopia elevata, afachia, precedente vitrectomia), la capacità di adesione del paziente ai controlli postoperatori, e non ultimo l'esperienza del chirurgo. Gli impianti valvolati, per la loro prevedibilità nel controllo pressorio precoce, sono spesso preferiti nei pazienti con compliance ridotta, con elevato rischio di ipotono post-operatorio o da chirurghi meno esperti nella gestione di tali impianti. I non valvolati, come Baerveldt, Molteno e PGI, risultano più indicati per il controllo pressorio a lungo termine, purché sia possibile uno stretto monitoraggio e un'adeguata gestione delle prime settimane postoperatorie.

Tecnica chirurgica e aspetti anestesiológicos

Scelta dell'anestesia

Il tipo di anestesia viene selezionato in base all'età e alla collaborazione del paziente. Nei soggetti adulti collaboranti, l'anestesia peribulbare o retrobulbare sono considerate opzioni efficaci e sicure e nel tempo stanno acquisendo sempre maggiore diffusione anche grazie alla semplificazione nella gestione dell'organizzazione delle sale operatorie che ne deriva. Tuttavia, l'anestesia generale rimane un'alternativa che reca con sé dei vantaggi in termini di miglior monitoraggio della pressione sistemica del paziente, così come della sua componente

emotiva, inoltre, la curarizzazione necessaria a tale anestesia facilita la mobilitazione della muscolatura oculare estrinseca, spesso necessaria per l'esposizione del quadrante interessato. L'anestesia generale rimane una scelta obbligata nei pazienti pediatrici, non collaboranti o nei casi più complessi.

Scelta del quadrante e incisione

coniuntivale

Il quadrante supero-temporale è generalmente preferito per la facilità di accesso e la minore interferenza con la motilità oculare. Tuttavia, in presenza di cicatrici o pregresse chirurgie, possono essere scelti i quadranti supero-nasale o infero-temporale.

Si esegue una peritomia congiuntivale a base fornice o a base limbus della dimensione idonea in base al dispositivo da impiantare, seguita da una dissezione per via smussa del complesso congiuntiva-Tenone fino a esporre l'area sclerale di impianto.

È essenziale evitare lacerazioni della congiuntiva, che potrebbero compromettere la chiusura ermetica a fine intervento. Prima di procedere all'impianto, il dispositivo viene irrigato con soluzione bilanciata (priming) per verificarne la pervietà.

Posizionamento e fissazione del piatto

valvolare

Il piatto del dispositivo viene collocato normalmente tra il muscolo retto superiore e retto laterale in modo che il margine anteriore si trovi ad almeno 8-10 mm dal limbus. Fondamentale assicurarsi che le ali laterali siano ben alloggiare sotto i muscoli e posteriori ai tendini di inserzione degli stessi per evitare restrizioni nella motilità oculare postoperatoria. Il piatto viene fissato alla sclera con suture non riassorbibili (Nylon, Prolene o Ti-cron) (Fig. 2).

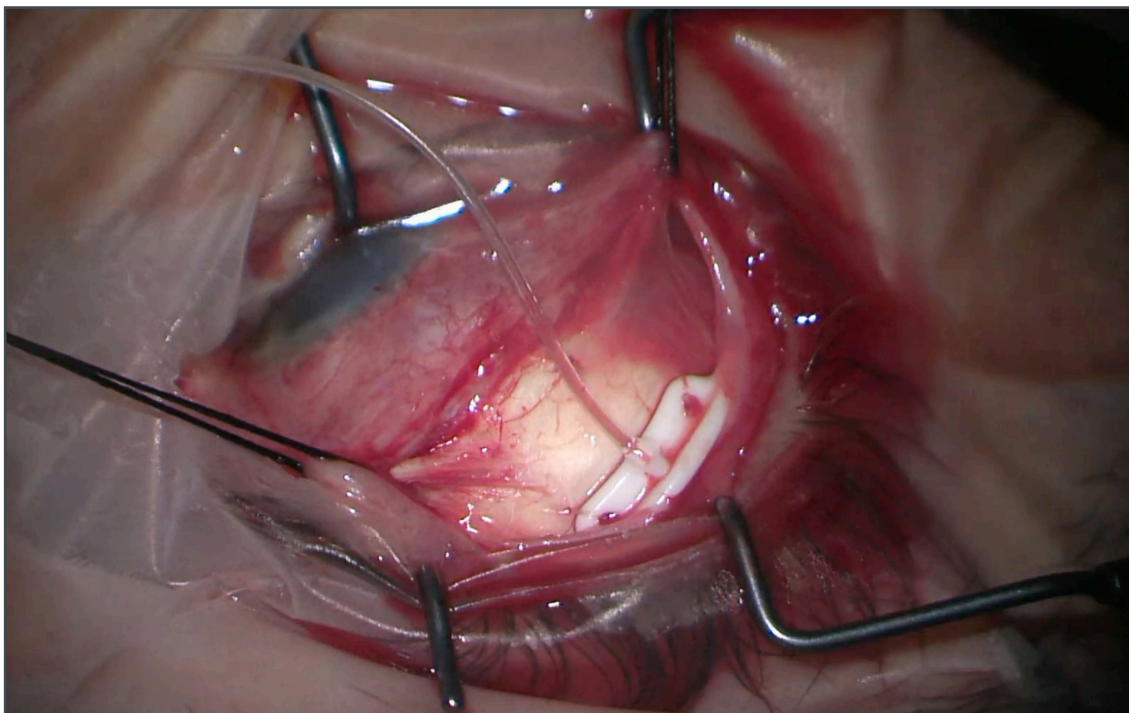


Figura 2 - Posizionamento del piatto valvolare nel settore temporale-superiore, al di sotto del ventre dei muscoli retto superiore e retto laterale.

Creazione del tramite sclerale e inserimento del tubo

Dopo la fissazione del piatto, si procede alla creazione del tramite sclerale. Con un ago da 23 o 25 gauge si realizza un tunnel di 2–3 mm di lunghezza partendo da 1–2 mm posteriormente al limbus, mantenendo una direzione parallela all'iride per evitare il contatto con la cornea o con il cristallino.

Il tubo viene accorciato e sagomato a becco di flauto bevel-up in modo che sporga in camera anteriore circa 2-3 mm. Qualora venga posizionato nel solco ciliare (in pazienti pseudofachici), è preferibile sagomarlo bevel-down, per evitare impegni iridei. In pazienti vitrectomizzati è possibile posizionarlo in pars plana.

Nei dispositivi non valvolati, il flusso deve essere temporaneamente modulato mediante una legatura esterna in Vicryl 7-0 o 8-0, oppure mediante uno stent intraluminale in Prolene (4-0, 5-0 o 6-0) rimovibile successivamente, o una combinazione delle due (Fig. 3).

Copertura del tubo e chiusura dei tessuti

Il tratto sclerale del tubo viene generalmente protetto con un patch per ridurre il rischio di erosione congiuntivale.

Le opzioni includono sclera, cornea, dura madre, pericardio o membrane di collagene disidratato. L'innesto viene fissato applicando colla di fibrina o suturato con punti singoli in Vicryl, assicurandosi che copra completamente il tubo fino all'ingresso sclerale (Fig. 4).

Segue la chiusura della Tenone e della congiuntiva con sutura continua o punti separati in Nylon o Vicryl.

La perfetta chiusura congiuntivale è determinante per prevenire fistole o infezioni. Al termine, può essere eseguita un'iniezione sottocongiuntivale di antibiotico e corticosteroide a lento rilascio.

Decorso postoperatorio e gestione delle complicanze

Il periodo postoperatorio rappresenta una fase

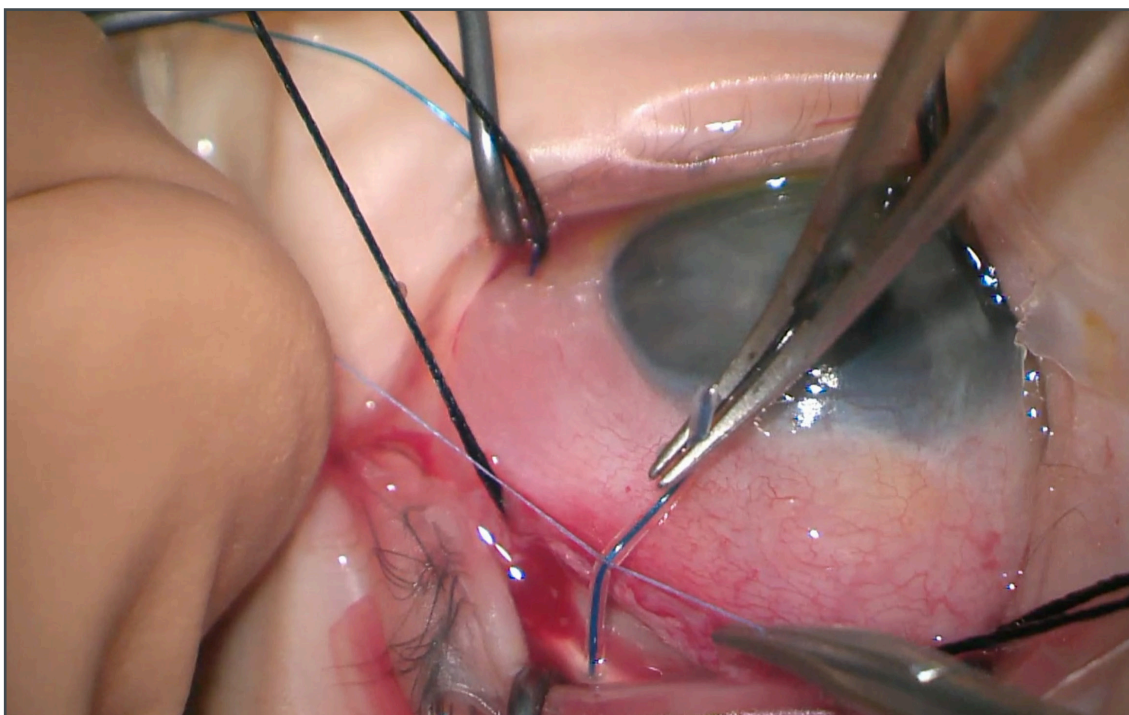


Figura 3 - Occlusione di dispositivo non valvolato mediante introduzione di filo endoluminale e legatura esterna.

critica nella prognosi funzionale dell'impianto⁽⁷⁾. La gestione deve essere strutturata e proattiva, con un monitoraggio ravvicinato nelle prime settimane, durante le quali si sviluppano le principali complicanze.

Gestione medica

Nel postoperatorio precoce, il regime farmacologico tipico comprende una combinazione di antibiotici topici ad ampio spettro per prevenire infezioni, cicloplegici per stabilizzare la camera anteriore e ridurre il dolore, e corticosteroidi topici a dosaggio decrescente nel corso dei 3 mesi successivi all'intervento, in base al grado di infiammazione oculare. Nei dispositivi valvolati, la sospensione immediata della terapia ipotonizzante è indicata per prevenire l'ipotonìa, mentre nei non valvolati, come Baerveldt e Molteno, può essere utile mantenere una terapia ipotonizzante nel caso in cui vi sia un ipertono dovuto all'occlusione temporanea del dispositivo. L'impiego di farmaci antifibrotici (5-fluorouracile o mitomicina C) mediante iniezione

sottocongiuntivale può essere considerato nei casi con tendenza alla cicatrizzazione precoce. La somministrazione mirata di corticosteroidi per via perioculare può ridurre l'infiammazione e migliorare la permeabilità della capsula fibrotica in formazione attorno al piatto valvolare.

Complicanze

Le complicanze postoperatorie possono manifestarsi in fase precoce o tardiva e includono alterazioni anatomiche, infiammatorie e funzionali, spesso comuni ad altri interventi filtranti.

Ipotonia

L'ipotonìa è più comune con i dispositivi non valvolati e può derivare dalla filtrazione peritubulare, da una percolazione dalla ferita congiuntivale, da occlusioni inadeguate del tubo o una ridotta produzione di umor acqueo da parte del corpo ciliare.

Le sue conseguenze comprendono effusioni coroidali e, nei casi più severi, emorragia sovracoroideale. La gestione è inizialmente

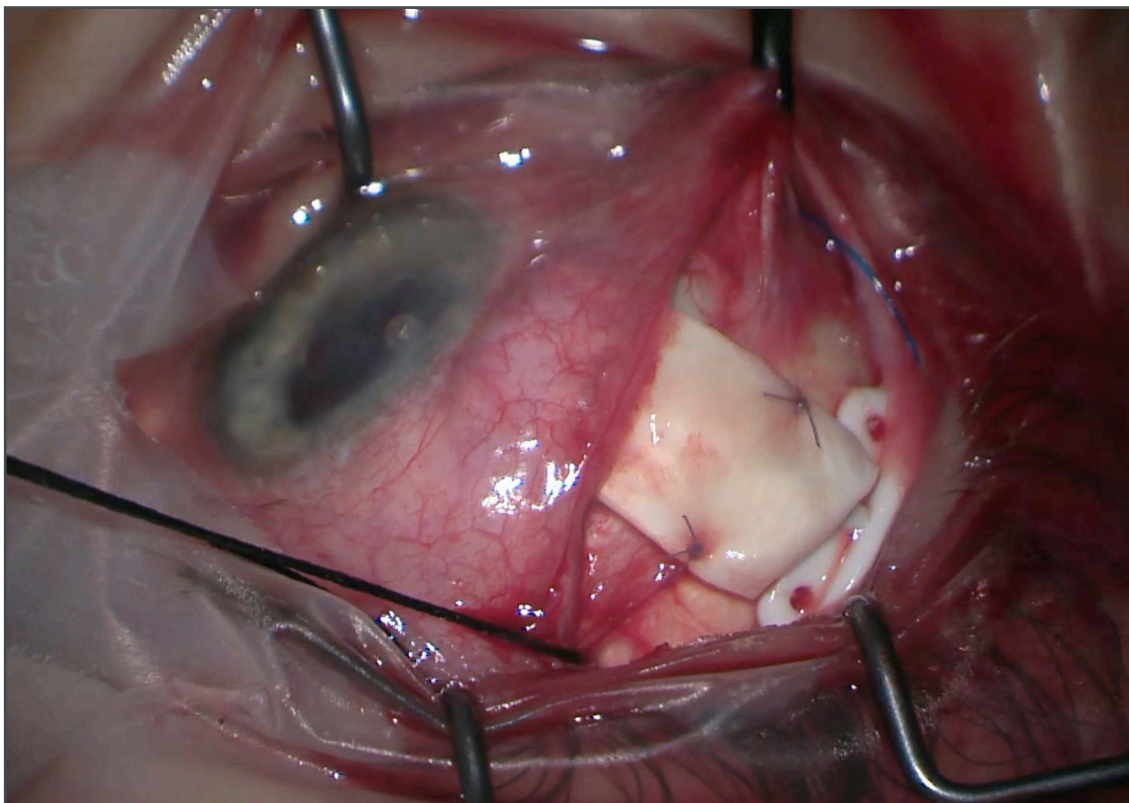


Figura 4 - Applicazione di patch sclerale antidecubito.

conservativa se la camera anteriore resta profonda; in caso contrario, è indicata l'iniezione di sostanze viscoelastiche per riformarla. Le effusioni coroideali rispondono generalmente a corticosteroidi topici o sistemici associati a cicloplegici, mentre le forme refrattarie (soprattutto se emorragiche) possono richiedere una revisione chirurgica^(7, 8).

Malfunzionamento valvolare

È un'evenienza rara che interessa principalmente i dispositivi valvolati. Le valvole devono essere sempre pre-irrigate (priming) durante l'intervento, poiché il processo di sterilizzazione può causare aderenze delle membrane che impediscono il corretto deflusso dell'umor acqueo. La manipolazione intraoperatoria deve essere delicata per evitare danni strutturali al dispositivo⁽⁹⁾.

Ifema

Un lieve ifema è una complicanza comune la

cui risoluzione spontanea avviene in generale in pochi giorni. Sanguinamenti più importanti si possono osservare nei casi di glaucoma neovascolare. La profilassi con anti-VEGF preoperatori ne ha notevolmente ridotto l'incidenza. Il trattamento è solitamente conservativo, solo nei casi più gravi può rendersi necessario un lavaggio della camera anteriore.

Perforazione sclerale

Evento raro che può verificarsi durante la fissazione del piatto alla sclera, più probabile in occhi con sclere sottili, come nei miopi o in occhi con buftalmo, o affetti da patologie del collagene. Per prevenire tale complicanza è importante ispezionare il quadrante dell'impianto prima del posizionamento dei punti per evitare zone di scleromalacia e assottigliamenti patologici.

Problemi legati al tubo

Un posizionamento scorretto del tubo è causa

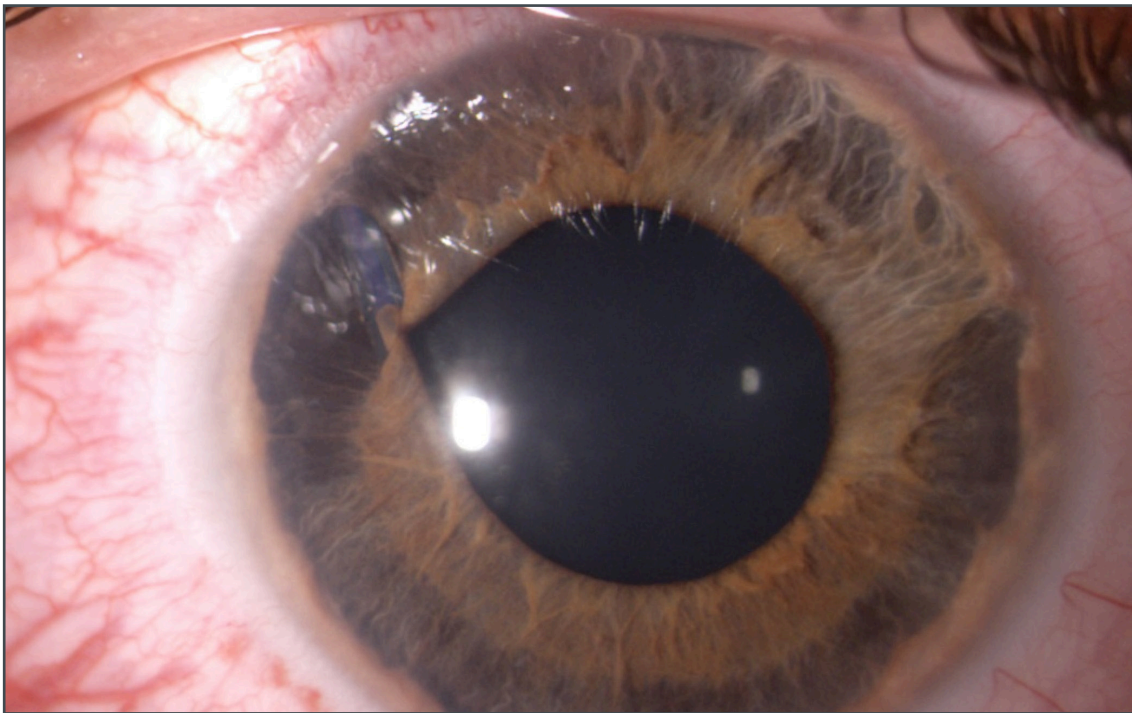


Figura 5 - Incarceramento irideo nel tubo valvolare.

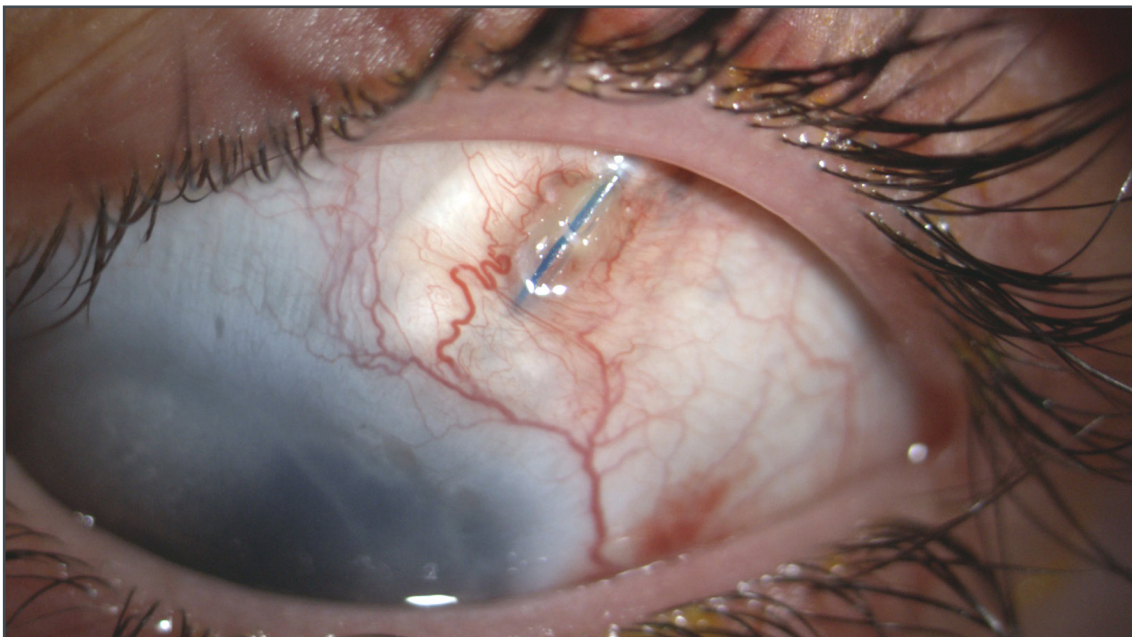


Figura 6 - Esposizione del tubo valvolare per erosione del patch e della congiuntiva.

frequente di complicanze⁽¹⁰⁾.

- Un posizionamento troppo anteriore può provocare scompenso endoteliale, mentre un posizionamento troppo posteriore può determinare un'atrofia iridea nel punto di contatto del tubo o formazione di cataratta da contatto con la capsula anteriore del cristallino.
- L'occlusione del tubo può avvenire precocemente per sangue, fibrina, vitreo o incarcerationamento irideo (Fig. 5). In questi casi si può tentare di risolvere l'occlusione con lo Nd:YAG laser o l'iniezione intracamerale di attivatore del plasminogeno tissutale (tPA) a basse dosi. Nei casi refrattari, può rendersi

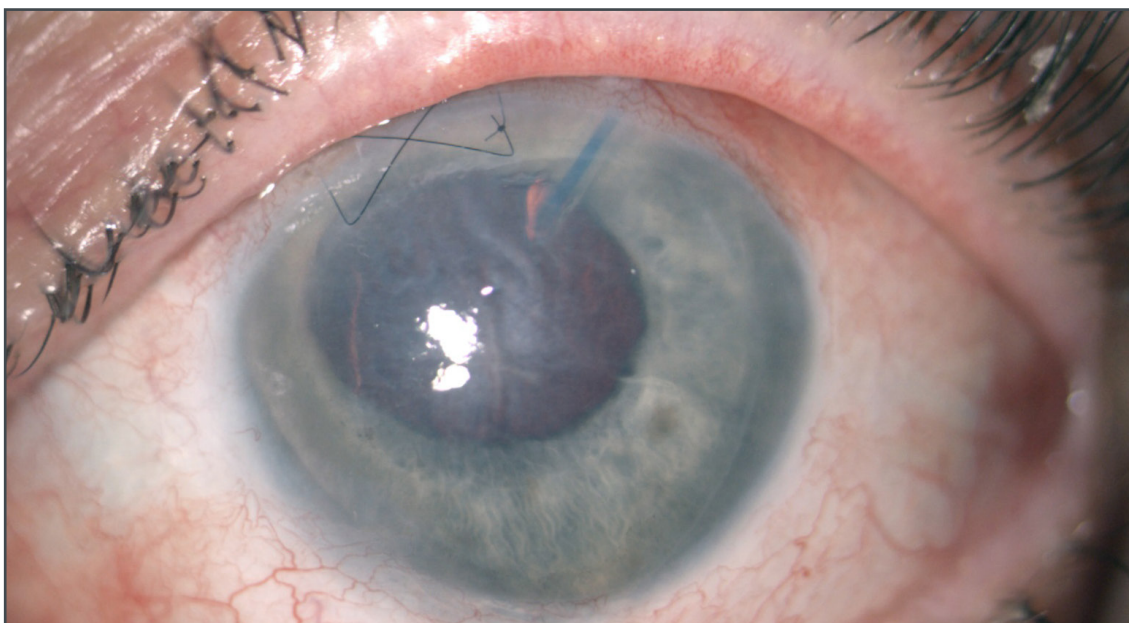


Figura 7 - Scompenso endoteliale in paziente operato di impianto di GDD.

necessaria una revisione chirurgica con lavaggio e disostruzione del dispositivo.

- Nei bambini, a causa della crescita oculare, si osservano più spesso retrazione o migrazione anteriore del tubo, che possono richiedere estensioni o riposizionamento del tubo in pars plana.

Erosione congiuntivale e endoftalmite

L'erosione congiuntivale in corrispondenza del tubo rappresenta una complicanza non infrequente e una potenziale urgenza poiché espone al rischio di endoftalmite. Le cause comprendono il melting della congiuntiva e il riassorbimento del patch (Fig. 6). Il trattamento richiede un intervento chirurgico con sostituzione del patch e attenta chiusura della congiuntiva⁽¹⁰⁾.

Migrazione o espulsione della placca

Più rare rispetto alle esposizioni del tubo, sono la migrazione e l'esposizione del piatto che si verificano in caso di ancoraggio del dispositivo troppo anteriore o insufficiente adesione sclerale, e possono comportare dolore, infiammazione cronica, erosione congiuntivale.

Scompenso corneale

L'eccessiva vicinanza del tubo all'endotelio rappresenta una causa significativa di scompenso corneale tardivo, specialmente nei pazienti con ipotono e appiattimento della CA nell'immediato post-operatorio o pazienti con conte endoteliali già ridotte al pre-operatorio (Fig. 7).

Ad alto rischio di scompenso endoteliale sono i pazienti sottoposti a pregresso trapianto di cornea (PKP o DSAEK)^(11, 12). Vale la pena ricordare che il posizionamento del tubo nel solco ciliare riduce il rischio di danno endoteliale.

Strabismo e diplopia

Lo sviluppo di diplopia postoperatoria è dovuto a uno squilibrio dei muscoli estrinseci, causato da effetto massa della bozza filtrante o da fibrosi perimuscolare. Le forme più frequenti si osservano con impianti inferiori e possono simulare sindromi restrittive (pseudo-Brown). Il trattamento varia da prismi correttivi a chirurgia muscolare o, nei casi più gravi, a rimozione dell'impianto.

Fase ipertensiva

La fase ipertensiva post-impianto è caratterizzata

da un rialzo pressorio tra la prima e la sesta settimana postoperatoria, più frequente negli impianti valvolati. È dovuta a ispessimento fibroso e ridotta permeabilità della capsula che riveste il piatto valvolare. La gestione comprende terapia medica, massaggio digitale, needling della bozza con o senza 5-fluorouracile, o revisione chirurgica della bozza.

Risultati clinici e confronto tra dispositivi

La letteratura riporta tassi di successo complessivo compresi tra il 50% e l'80% a due anni per i principali GDD. Il confronto tra AGV e Baerveldt, oggetto di numerosi studi multicentrici, mostra una IOP media postoperatoria simile, ma con differenze nelle complicanze: ipotonia più frequente nell'impianto di Baerveldt e fasi ipertensive più comuni nell'AGV.

Gli studi a lungo termine indicano che l'impianto di Baerveldt assicura pressioni più basse con minore necessità di terapia aggiuntiva, ma al costo di un rischio aumentato di ipotonia e complicanze correlate⁽¹³⁾.

Il PGI, secondo dati recenti provenienti da studi prospettici e revisioni sistematiche, si colloca in una posizione intermedia tra Baerveldt e AGV. A 12 mesi, la IOP media risulta ridotta del 60–70% rispetto ai valori basali, con tassi di successo qualificato fino al 90%. A tre anni di follow-up la IOP media è di 12 mmHg con una riduzione del numero di farmaci antiglaucomatosi.

Le complicanze più frequenti includevano ipotonia transitoria (8%) ed erosione congiuntivale (4%). In ambito pediatrico, i risultati sono stati altrettanto promettenti, con un controllo pressorio efficace e un basso tasso di complicanze severe⁽¹⁴⁾.

L'efficacia dei GDD nei glaucomi complessi, come quelli neovascolari o uveitici, è ampiamente documentata. Numerosi studi clinici hanno dimostrato tassi di successo superiori al 70% a un

anno con Baerveldt e AGV, sebbene la prognosi visiva resti legata alla patologia di base^(3,4,5,6). Nei glaucomi post-trapianto corneale, i GDD, in particolare AGV e PGI, hanno mostrato buoni risultati nel mantenimento della trasparenza del graft, con un rischio di rigetto non superiore a quello osservato dopo trabeculectomia. Nel glaucoma pediatrico, gli studi sull'AGV e quelli più recenti sul PGI evidenziano un'efficacia sovrapponibile, con IOP postoperatoria media compresa tra 12 e 15 mmHg⁽¹⁵⁾.

Confronto con la trabeculectomia

Numerosi studi randomizzati e controllati hanno confrontato i GDD con la trabeculectomia tradizionale. Il Glaucoma Surgery Study Group e il Trabeculectomy versus Baerveldt trial hanno dimostrato che, sebbene la trabeculectomia consenta pressioni più basse nel breve termine, i dispositivi di drenaggio garantiscono una maggiore prevedibilità e stabilità a lungo termine, con un minor rischio di fallimento strutturale. Tuttavia, i GDD richiedono una gestione postoperatoria più prolungata e una maggiore probabilità di terapia complementare. Va inoltre sottolineato che i GDD rappresentano una scelta obbligata in presenza di congiuntive patologiche, condizione che renderebbe un intervento di chirurgia filtrante anteriore destinato al fallimento.

Conclusioni

I GDD hanno trasformato l'approccio chirurgico al glaucoma refrattario, rappresentando una valida alternativa alla trabeculectomia in occhi ad alto rischio di cicatrizzazione. La standardizzazione della tecnica di impianto ha permesso di ottenere un controllo pressorio più stabile e un miglior profilo di sicurezza, rendendo l'impianto dei GDD una valida e sempre più diffusa opzione chirurgica.

REFERENCES

1. Gupta S. A review on glaucoma drainage devices and its complications. *Asian J Ophthalmol.* 2022;10(2):123-132. PMID: PMC9554953.
2. Patel S, Pasquale LR. Glaucoma drainage devices: a review of the past, present, and future. *Semin Ophthalmol.* 2010 Sep-Nov;25(5-6):265-70.
3. Mermoud A, Salmon JF, Alexander P, et al. Molteno tube implantation for neovascular glaucoma: long term results and factors influencing out-come. *Ophthalmology* 1993;100:897-902.
4. Liao N, Li C, Jiang H, Fang A, Zhou S, Wang Q. Neovascular glaucoma: a retrospective review from a tertiary center in China. *BMC Ophthalmol.* 2016 Jan 27;16:14. doi:10.1186/s12886-016-0190-8.
5. Ramdas W, Pals J, Rothova A, Wolfs R. Efficacy of glaucoma drainage devices in uveitic glaucoma and a meta-analysis of the literature. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology.* 2018.
6. Da Mata A, Burk SE, Netland PA, et al. Management of uveitic glaucoma with Ahmed glaucoma valve implantation. *Ophthalmology* 1999;106:2168-2172.
7. Agrawal P, Bhardwaj P. Glaucoma drainage implants. *International Journal of Ophthalmology.* 2020.
8. Ying S, Coulon S, Lidder AK, et al. Choroidal Effusions Following Glaucoma Drainage Implant Surgery: Risk Factors and Surgical Management. *Ophthalmology. Glaucoma.* 2023.
9. Feldman RM, El-Harazi SM, Villanueva G. Valve membrane adhesion as a cause of Ahmed glaucoma valve failure. *J Glaucoma* 1996;6:10-12.
10. Lun KW, Chew P, Lim DKA. Glaucoma drainage implant exposure: A review of aetiology, risks and repair considerations. *Clinical & Experimental Ophthalmology.* 2022.
11. Hau S, Bunce C, Barton K. Corneal endothelial cell loss after Baerveldt glaucoma implant surgery. *Ophthalmol Glaucoma.* 2021 Jan-Feb;4(1):20-31.
12. Tawfik AM, Kasem RA, Wesh ZM, et al. Impact of glaucoma surgery on corneal graft survival after keratoplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Glaucoma.* 2025 May 1;34(5):376-387.
13. Stallworth JY, O'Brien KS, Han Y, Oatts JT. Efficacy of Ahmed and Baerveldt glaucoma drainage device implantation in the pediatric population: A systematic review and meta-analysis. *Survey of Ophthalmology.* 2023.
14. Carlà MM, Gambini G, Boselli F, et al. The Paul Glaucoma Implant: a systematic review of safety, efficacy, and emerging applications. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2025 Sep;263(9):2447-2459.
15. Vallabh NA, Mohindra R, Drysdale E, et al. The PAUL® glaucoma implant: 1-year results of a novel glaucoma drainage device in a paediatric cohort. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2023 Aug;261(8):2351-2358.