

Histopathologic Evaluation of Optic Neurotomy with MVR Blade and Excimer Laser in Cadaver Eyes

Soheilian M, MD; Rezaei Kanavi M, MD; Yazdani S, MD; Rofagha S, MD MPH; Peyman GA, MD

Purpose: To evaluate the histopathologic features of optic neurotomy with microvitreoretinal (MVR) blade and excimer laser in cadaver eyes.

Method: Optic neurotomy was performed in 11 cadaver eyes using 20-gauge MVR blade and in three cadaver eyes with pulsed xenon chloride (XeCl) excimer laser (308 nm) via monofile light-conducting fiber with a core diameter of 200 microns. After tissue processing, hematoxylin and eosin stained slides were used to evaluate the posterior segment of the globes, including the optic nerve head.

Results: None of the cases in the MVR neurotomy group had scleral macro- or micro-perforation and no injury was induced to the central retinal vein or artery. In 10 cases, the distance between the neurotomy site and the central retinal vessels ranged from 50 to 500 μ at all histologic levels. In one remaining case this distance was approximately 10 μ on two histologic sections and about 200 μ at a third level. Intra-neural hemorrhage was found in 18% of cases. Neurotomy was successfully induced in two of three cases attempted with the excimer laser. In one case, due to cloudy media, it was not apparent whether the laser successfully induced the neurotomy and no neurotomy was evident on sectioning.

Conclusion: MVR induced optic neurotomy is an effective procedure to create scleral outlet relaxation, without significant surgical complications such as scleral perforation or central retinal vascular injury. This preliminary study also demonstrates that the XeCl excimer laser can make non-mechanical cuts with relative ease and reliability.

- Bina J Ophthalmol 2007; 12 (4): 440-445.

ارزیابی آسیب‌شناسی نوروتومی عصب بینایی با استفاده از چاقوی MVR و لیزر اگزایمر در چشم جسد

دکتر مسعود سهیلیان^۱، دکتر مژگان رضایی کنوی^۲، دکتر شاهین یزدانی^۳، دکتر ثریا رفقا^۴ و دکتر غلامعلی پیمان^۵

هدف: ارزیابی تظاهرات آسیب‌شناسی عصب بینایی بعد از نوروتومی آن با چاقوی MVR و لیزر اگزایمر
روش پژوهش: نوروتومی عصب بینایی در ۱۱ چشم جسد با استفاده از چاقوی MVR (microvitreoretinal) شماره ۲۰ و در ۳ چشم جسد به وسیله لیزر اگزایمر کلرید گزنون Pulsed با طول موج ۳۰۸ نانومتر از طریق فیبر نوری مونوفایل با قطر مرکزی ۲۰۰ میکرون انجام شد. پس از آماده‌سازی بافت، مقاطع بافتی از بخش خلفی گلوب شامل سر عصب بینایی تهیه شدند و پس از رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین و اتوزین مورد ارزیابی قرار گرفتند.
یافته‌ها: هیچ یک از موارد نوروتومی شده با چاقوی MVR، سوراخ‌شدگی میکروسکوپی یا ماکروسکوپی صلبیه نداشتند و در هیچ کدام، صدمه‌ای به سرخرگ یا سیاهرگ مرکزی شبکیه وارد نشد. در ۱۰ مورد، فاصله بین محل نوروتومی و عروق مرکزی شبکیه از ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون، در تمام سطوح بافت‌شناسی، متغیر بود. این فاصله در یک مورد، تقریباً ۱۰ میکرون در ۲ مقطع بافت‌شناسی و حدود ۲۰۰ میکرون در سطح سوم برش بود. خون‌ریزی داخل عصب در ۱۸ درصد

موارد یافت شد. در سه مورد عمل‌شده با لیزر اگزایمر، نوروتومی در ۲ مورد موفقیت‌آمیز بود و در یک مورد دیگر، به علت کدورت مدیا، ایجاد نوروتومی توسط لیزر مشخص نبود و محل نوروتومی در مقاطع بافت‌شناسی آشکار نشد.

نتیجه‌گیری: نوروتومی عصب بینایی به وسیله چاقوی MVR، یک روش موثر در انبساط حلقه خروجی صلبیه می‌باشد بدون آن که عوارض جراحی قابل توجهی نظیر سوراخ‌شدگی صلبیه یا صدمه به عروق مرکزی شبکیه ایجاد نماید. این مطالعه مقدماتی، اثبات‌کننده این امر نیز می‌باشد که لیزر اگزایمر می‌تواند با راحتی و اطمینان نسبی، برای ایجاد برش‌های غیرمکانیکی به کار رود.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۸۶؛ دوره ۱۲، شماره ۴: ۴۴۵-۴۴۰.

• **پاسخ‌گو:** دکتر مژگان رضایی کنوی (e-mail: m_rezaie47@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۲۰ اسفند ۱۳۸۵

تاریخ تایید مقاله: ۱۹ خرداد ۱۳۸۶

۱- استاد- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- استادیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۳- دستیار- چشم‌پزشک- ایالات متحده آمریکا

۴- استاد- چشم‌پزشک- مرکز علوم سلامت تولان (Tulane, New Orleans, USA)

✉ تهران- پاسداران- بوستان نهم- بیمارستان لبافی‌نژاد- مرکز تحقیقات چشم

مقدمه

به‌رغم نتایج مقدماتی دلگرم‌کننده نوروتومی عصب بینایی، برخی محققان نظریه فوق را مورد انتقاد قرار داده‌اند و معتقدند که صفحه غربالی، نوار محکم و فشردگی از الیاف کلاژن است و یک ساختمان الاستیک نیست و در نتیجه، ایجاد تنها یک برش شعاعی در آن و نیز در صلبیه مجاور، نمی‌تواند به‌طور موثر فشار روی رشته‌های عصبی و سیاهرگ مرکزی شبکیه را کم کند.^۱ به علاوه آنان معتقدند که این روش، به علت خطر صدمه به عروق اصلی شبکیه و نیز سوراخ‌شدگی کره چشم، روش امن و بی‌خطری نیست.^۲ به تازگی دو گزارش آسیب‌شناسی از نوروتومی عصب بینایی در چشم‌های سالم خوک منتشر شده‌اند که در آن‌ها اشاره‌ای به عوارض فوق نشده است.^۳ مطالعه حاضر، اولین بررسی آسیب‌شناسی روی چشم‌های سالم جسد است که به منظور ارزیابی صحت نظریات مخالفان نوروتومی عصب بینایی طراحی شده است. هم‌چنین از یک دستگاه لیزر اگزایمر برای ایجاد برش در سر عصب بینایی استفاده شده تا دست‌یابی به روشی احتمالاً مطمئن‌تر و با عوارض بالقوه کم‌تر، مورد بررسی قرار گیرد.

روش پژوهش

در این مطالعه تجربی، ۱۴ گلوب انسان که در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در یک محیط مرطوب نگهداری شده بودند؛ از

جراحی سر عصب بینایی از طریق زجاجیه به شکل نوروتومی، به عنوان یک روش درمانی جدید در دو بیماری کورکننده مهم، یعنی انسداد سیاهرگ مرکزی شبکیه (CRVO) و نوروپاتی ایسکمیک غیرآرتریته قدام عصب بینایی (NAION) مورد استفاده قرار گرفته است. بروز هر دو وضعیت بر مبنای فرضیه پاتوفیزیولوژی جدید "سندرم تنگی محل خروج عصب از صلبیه" شرح داده شده است.^۴ عصب بینایی، درست در پشت گلوب، قطری حدود ۳ mm دارد ولی قطر داخلی دیسک بینایی و قسمت خروجی عصب از صلبیه، فقط ۱/۵ mm است. بنابراین به نظر می‌رسد که تحت شرایط خاص، سرخرگ، سیاهرگ و رشته‌های عصبی، داخل این فضای محدود، تحت فشار قرار می‌گیرند و فشار عروقی- عصبی ایجاد می‌شود.^۳ اگرچه در این روند چندین عامل دخالت دارند ولی بخش اصلی در بیماری‌زایی CRVO و NAION، ممکن است زمینه آناتومیک گفته شده فوق باشد و چنین فرض شده است که نوروتومی عصب بینایی با ایجاد برش در صفحه غربالی (لامینا کریبروزا) و حلقه صلبیه‌ای، سبب رفع تنگی در این سطح می‌شود. چنین روشی ممکن است جریان خون شبکیه را در CRVO بهبود بخشد و در NAION سبب بهبود آن دسته از رشته‌های عصبی شود که هنوز به‌طور شدید یا به‌طور دایم تخریب نشده‌اند.^۱

به آزمایشگاه آسیب‌شناسی فرستاده شد. به دنبال برش قسمت خلفی گلوب شامل سر عصب بینایی، آماده‌سازی و قالب‌گیری بافت داخل پارافین انجام گردید و مقاطع نازک بافت‌شناسی، تهیه و با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. مقاطع بافت‌شناسی عمود بر محور طولی عصب بینایی بودند و در سطوح مختلف بافت‌شناسی (با فاصله ۱۰۰ تا ۱۵۰ میکرون از هم) تهیه شدند. بدین ترتیب، محل نوروئومی و اثرات آن روی بافت عصب بینایی، فاصله نوروئومی از سرخرگ و سیاهرگ مرکزی شبکیه و وجود هرگونه سوراخ‌شدگی میکروسکوپی صلبیه، با میکروسکوپ نوری (Olympus، ژاپن، مدل BX 41) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها

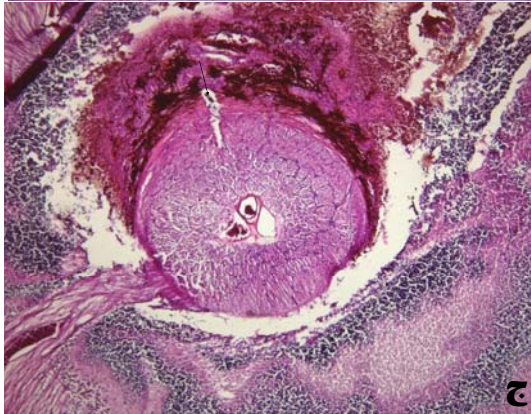
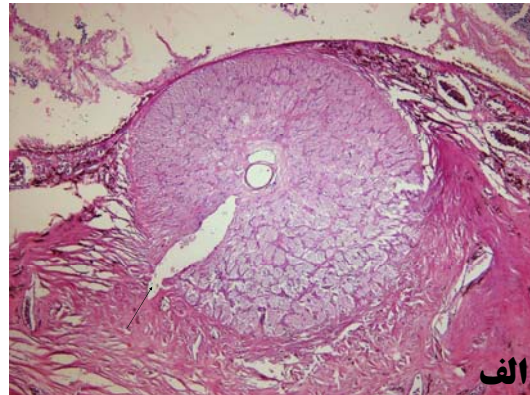
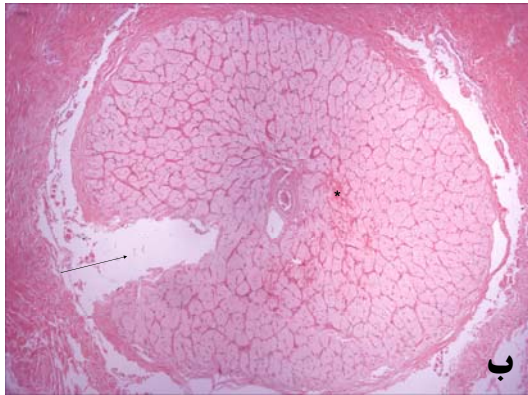
نوروئومی عصب بینایی با چاقوی MVR به طور موفق و با کیفیت عالی برش در ۱۱ چشم مورد مطالعه انجام شد. در هیچ یک از موارد نوروئومی شده با چاقوی MVR، صدمه به سرخرگ یا سیاهرگ مرکزی شبکیه روی نداد و دلیلی مبنی بر سوراخ‌شدگی ماکروسکوپی یا میکروسکوپی صلبیه یافت نشد. در ۱۰ مورد، فاصله بین محل نوروئومی و عروق مرکزی شبکیه از ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون (238 ± 129 میکرون) متغیر بود (تصاویر ۱- الف، ب و ج). در یک مورد باقی‌مانده، این فاصله در دو سطح اول برش حدود ۱۰ میکرون و در سومین سطح برش حدود ۲۰۰ میکرون بود. در این چشم، چین‌های عمقی غشای دسمه به حدی بودند که مانع مشاهده دقیق سگمان خلفی حین جراحی می‌شدند. خون‌ریزی داخل عصب در ۱۸ درصد موارد دیده شد (تصویر ۱- ب). در یک مورد، به علت برش محوری بافت به طور اتفاقی، عمق برش حدود ۸۰۰ میکرون بود (تصویر ۲).

نوروئومی عصب بینایی با لیزر اگزایمر، در دو مورد به طور موفق و با کیفیت برش نسبتاً خوب انجام شد (تصویر ۳). نوروئومی ایجادشده فقط در اولین سطح برش بافت‌شناسی قابل تعیین بود. در یک گلوب که در آن نوروئومی با لیزر ناموفق بود؛ ادم قرنیه قبل از عمل به حدی شدید بود که قرنیه تقریباً کدر بود و مشاهده سگمان خلفی به حد کافی مقدور نبود. در این گروه نیز هیچ‌گونه صدمه‌ای به سرخرگ و سیاهرگ مرکزی شبکیه و سوراخ‌شدگی صلبیه دیده نشد.

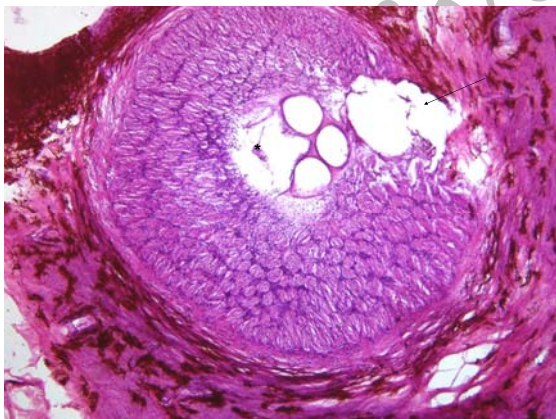
بانک چشم جمهوری اسلامی ایران تهیه گردیدند. مواردی که سابقه ضربه به چشم داشتند؛ برای مطالعه در نظر گرفته نشدند. زمان نگه‌داری این گلوب‌ها در بانک چشم کم‌تر از یک روز بود. نوروئومی عصب بینایی در ۱۱ چشم با استفاده از چاقوی MVR (microvitreal) و در ۳ چشم با استفاده از لیزر اگزایمر کلرید گزنون پالس و پروب تراپکولوئومی AIDA (TUILASER Co., Geremering/Munich, Germany) انجام شد؛ به این صورت که در گروه نوروئومی با چاقوی MVR، پس از تعیین قسمت نازال هر گلوب با استفاده از محل اتصال ماهیچه مایل تحتانی و سرخرگ سیلیاری نازال، گلوب‌ها در جایگاه نگه‌دارنده قرار گرفتند. سپس اپی‌تلیوم قرنیه برداشته شد و با تزریق محلول نمکی متعادل با سرسوزن شماره ۲۷ به داخل زجاجیه، زیر میکروسکوپ اتاق عمل، فشار داخل چشم با لمس به طور تقریبی بین ۳۰-۲۰ میلی‌متر جیوه حفظ شد. سپس تزریق ادرنالین به داخل اتاق قدامی انجام شد تا میدریاز کافی ایجاد گردد. دو محل اسکروئومی در ساعات ۱۰ و ۲ برای لوپ نورانی و چاقوی MVR یا پروب لیزر ایجاد شدند. سپس زیر نور لوپ نورانی و با استفاده از چاقوی MVR شماره ۲۰، نوروئومی شعاعی دیسک بینایی در قسمت نازال بدون انجام ویتروکتومی و با فاصله از عروق اصلی شبکیه ایجاد گردید.

در گروه نوروئومی با لیزر اگزایمر، روش جراحی مشابه گروه نوروئومی با چاقوی MVR بود؛ جز آن که از لیزر اگزایمر با پروب تراپکولوئومی AIDA استفاده گردید. این دستگاه لیزر برای ابلیشن شبکه تورینه (trabecular meshwork) از داخل اتاق قدامی در درمان گلوکوم زاویه‌باز تدارک شده است. نور لیزر از طریق یک فیبر نوری هدایت‌کننده به قطر ۲۰۰ میکرون منتقل می‌شود. متوسط انرژی پالس در نوک این فیبر، ۱/۲ میلی‌ژول است. طول موج لیزر ۳۰۸ میکرون با مدت زمان ۸۰ نانوثانیه و اندازه نقطه‌ای ۲۰۰ میکرون می‌باشد^۱. هر پروب لیزر AIDA فقط تا ۱۰ پالس لیزر ایجاد می‌نماید ولی برای ایجاد نوروئومی، تنها از ۲ تا ۳ پالس نزدیک به هم (تا حدی روی هم) لیزر در قسمت نازال دیسک بینایی استفاده شد. خروج ناگهانی حباب‌های هوا در محل اصابت پرتو لیزر، راهنمای مناسبی برای ایجاد برش لیزری در سر عصب بینایی و حلقه صلبیه‌ای بود.

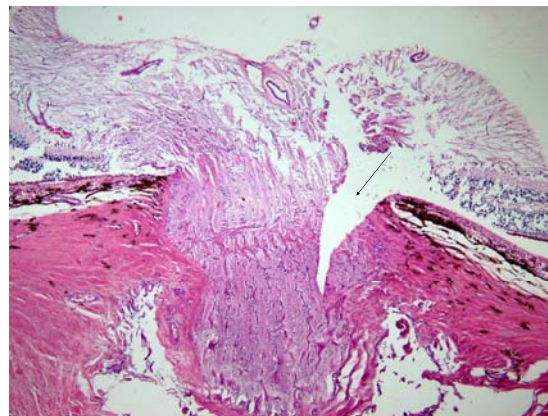
پس از ارزیابی ماکروسکوپی گلوب از نظر وجود سوراخ‌شدگی صلبیه، گلوب مورد مطالعه داخل فرمالین ۱۰ درصد گذاشته و



تصویر ۱- رنگ آمیزی هماتوکسیلین- ائوزین: به محل نوروتومی شعاعی دیسک بینایی که به فاصله ۵۰ میکرون (الف)، بزرگ‌نمایی ۲۵ برابر، ۲۵۰ میکرون (ب، بزرگ‌نمایی ۲۵ برابر) و ۵۰۰ میکرون (ج، بزرگ‌نمایی ۱۰ برابر) از عروق مرکزی شبکیه قرار گرفته است؛ توجه کنید. خون‌ریزی داخل عصب (ستاره) مجاور محل برش در تصویر (ب) نمایش داده شده است.



تصویر ۳- رنگ آمیزی هماتوکسیلین- ائوزین، بزرگ‌نمایی ۲۵ برابر: به فرورفتگی‌های روی هم ناشی از لیزر اگزایمر (پیکان) در سر عصب بینایی توجه کنید. محل شکاف مصنوعی (ستاره)، تمپورال به عروق مرکزی شبکیه می‌باشد.



تصویر ۲- رنگ آمیزی هماتوکسیلین- ائوزین، بزرگ‌نمایی ۲۵ برابر: به عمق ۸۰۰ میکرونی نوروتومی بینایی توجه کنید.

سومین بیماری عروقی شایع شبکیه است که بینایی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد^{۱۰۹} و NAION نیز شایع‌ترین علت از دست دادن حاد دید با منشا عصب بینایی در بیماران بالای ۵۰

بحث

تاکنون هیچ درمان مطلوبی به طور قطع برای کاهش دید شدید ناشی از CRVO و NAION وجود نداشته است^۱. CRVO

عصبی به هر گونه آسیب باشد. از سویی به نظر نمی‌رسد که این گلیوز واکنشی با اثرات آزادکننده نوروتومی عصب بینایی، حتی در موارد گلیوز شدید، تداخل کند. پس از انجام نوروتومی، قوام خروجی صلبیه ممکن است به قوام اولیه نرسد و لذا ممکن است باز ماندن شکاف نوروتومی، حتی به مدت کوتاه نیز برای از بین بردن سازوکار زمینه‌ای سندرم فشاری و شکستن حلقه معیوب تنگی- انسداد- ادم کافی باشد.

بروز آتروفی آکسونی دیستال به محل نوروتومی نیز یک خطر بالقوه و مهم جراحی می‌باشد. با این حال، با در نظر گرفتن محل نوروتومی در قسمت نازال سر عصب بینایی و این واقعیت که اکثر رشته‌های عصبی از طریق نوار پاپیلوماکولر وارد قسمت تمپورال عصب می‌شوند^{۱۱}؛ این عارضه را می‌توان خطر قابل قبول جراحی به حساب آورد. با توجه به سیر بالقوه کورکننده بیماری‌هایی نظیر NAION و CRVO، تاثیر کلی این روش ممکن است بیش‌تر از خطر آن باشد.

به لحاظ برتری عملکرد فوتوآبلیتیو (photoablative) لیزر اگزایمر XCI به سایر انواع لیزر مورد استفاده برای جراحی قرنیه و گلوکوم، برای ایجاد نوروتومی اپتیک، از این لیزر استفاده شد. این لیزر فوتوآبلیتیو، ممکن است با جلوگیری از روند ترمیم، تشکیل اسکار را به حداقل برساند.^{۱۳} استفاده از لیزر اگزایمر کلرید گزنون به علت دنااتوره کردن ساختمان‌های آلی بدون ایجاد نکرور حاشیه‌ای نامطلوب، ممکن است نوروتومی بی‌خطر- تر و کم‌تهاجم‌تری را ایجاد نماید. با توجه به طول موج کوتاه این لیزر (پرتو فرابنفش) و قدرت انرژی‌زایی بالای آن در ایجاد اثرات فوتوشیمیایی، لیزر مذکور قادر به ایجاد پدیده فوتوآبلیشن (photo-ablation) نیز می‌باشد که در آن لیزر اگزایمر، برش‌های بسیار ظریف بافتی را از طریق شکستن اتصالات مولکولی و تبخیر مولکول‌های قطعه‌قطعه‌شده ایجاد می‌کند.^{۱۴} برش‌های حاصل از لیزر اگزایمر در صلبیه، به طور قابل توجهی خشن‌تر از قرنیه می‌باشند؛ زیرا نحوه قرارگیری رشته‌های کلاژن و کدورت اپتیکی صلبیه، انرژی لیزر را بیش‌تر پخش می‌کند. این پدیده ممکن است با سایر انواع لیزر نظیر لیزر Femtosecond دیده نشود^{۱۵} و لذا ممکن است این نوع لیزر حتی بر لیزر اگزایمر نیز برتری داشته باشد.

به منظور افزایش اثر لیزر اگزایمر در ایجاد عمق بیش‌تر نوروتومی، به لیزر با انرژی بالاتری نیاز است تا بتوان بر پخش

سال است که شیوع سالانه آن ۵۰ مورد در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر می‌باشد^{۱۱}. بر پایه چند مقاله منتشرشده، به نظر می‌رسد که نوروتومی عصب بینایی روشی سودمند، هم در CRVO و هم در NAION، براساس سازوکار زمینه‌ای سندرم تنگی قسمت خروجی صلبیه باشد^{۱۲}. تاثیر نوروتومی عصب بینایی را می‌توان بر این مبنا توجیه نمود که این روش، موجب ایجاد فضا در داخل عصب بینایی می‌گردد و این امر ممکن است در NAION، آن دسته از رشته‌های عصبی را که هنوز به شدت آسیب ندیده‌اند؛ بهبود بخشد^۲ و سبب بهبود جریان خون شبکیه در انسداد سیاهرگ مرکزی شبکیه شود.^۱ آزاد کردن محل تنگی در سطح صفحه غربالی ممکن است به طور فرضی، قطر مجرای سیاهرگ مرکزی شبکیه را افزایش دهد و لذا سبب افزایش خون‌رسانی شبکیه گردد^{۱۲}.

به‌رغم محبوبیت نسبی نوروتومی عصب بینایی به عنوان یک روش احتمالاً درمانی جدید، تاکنون آسیب‌شناسی این روش در چشم‌های انسان مورد مطالعه قرار نگرفته بود. در بررسی آسیب‌شناسی نوروتومی عصب بینایی در چشم‌های سالم خوک که توسط Czajka و همکاران^۶ انجام شد؛ کانون‌های خون‌ریزی، ادم بینابینی، گلیوز واکنشی و به ندرت یاخته‌های التهابی گزارش گردید. سه هفته پس از نوروتومی، از بین رفتن کامل رشته‌های آکسونی عصب دیستال به محل نوروتومی مشاهده شد. در ضمن، شکاف نوروتومی در عرض یک هفته پس از نوروتومی، با فیبروز و اسکار گلیال پر شده بود.

در مطالعه ما، هیچ‌گونه دلیلی مبنی بر صدمه به سرخرگ و سیاهرگ مرکزی شبکیه یا سوراخ‌شدگی کره چشم یافت نشد که این امر به نفع استفاده از نوروتومی عصب بینایی است. به جز یک مورد نوروتومی‌شده در مدیای کدر، فاصله محل نوروتومی تا عروق مرکزی شبکیه از ۵۰ تا ۵۰۰ میکرون متغیر بود. به‌رغم تعداد کم موارد، میانگین فاصله ۲۳۸ میکرون با انحراف معیار ۱۲۹ میکرون، مطرح‌کننده آنند که نوروتومی عصب بینایی ممکن است روش نسبتاً ایمنی باشد. خون‌ریزی داخل عصب فقط در ۱۸ درصد موارد دیده شد. خون‌ریزی داخل عصب، ادم و حتی گلیوز، از جمله خطرات بعد از عمل نوروتومی عصب بینایی محسوب می‌شوند. در مطالعه ما روی چشم‌های جسد، بررسی بروز گلیوز به دنبال نوروتومی مقدور نبود. با این حال، گلیوز ممکن است نتیجه واکنش هر بافت

نداد.^۷ مطالعه تجربی دیگری در مورد بررسی جریان خون قبل و بعد از نوروتومی شعاعی عصب بینایی با استفاده از روش‌های کمی مورد نیاز می‌باشد. مطالعه روی حیوانات زنده برای ارزیابی تخریب بعد از عمل ناشی از نوروتومی و اثرات دینامیک نوروتومی عصب بینایی در مدت‌زمان طولانی‌تر نیز مطالعه معنی‌دارتر و مناسب‌تری خواهد بود.

به طور خلاصه می‌توان گفت که نوروتومی عصب بینایی با استفاده از چاقوی MVR، روشی نسبتاً مطمئن برای درمان CRVO و NAION بدون عوارض مهمی نظیر سوراخ‌شدگی صلبیه یا صدمه به عروق مرکزی شبکیه می‌باشد. نتایج این تحقیق همچنین نشان دادند که لیزر اگزایمر کلرید گزنون ممکن است جانشین خوبی برای چاقوی MVR در ایجاد نوروتومی عصب بینایی باشد و این مرحله مشکل از جراحی را تسهیل نماید.

انرژی لیزر و تضعیف آن در سطح عصب بینایی غلبه نمود. مطالعه دیگری باید طراحی شود تا مقیاس‌های مناسب لیزر در آن مورد بررسی قرار گیرند.

مطالعه حاضر تاییدکننده این امر است که نوروتومی عصب بینایی با استفاده از چاقوی MVR روشی با ایجاد یک فضای بالقوه می‌باشد. در این روش، برش در بخش پیش‌لامینار، لامینار و حلقه صلبیه ایجاد می‌گردد که سبب انبساط حلقه صلبیه‌ای و بافت مجاور آن می‌شود. حتی با ایجاد فضای بالقوه پیش‌تر در سرعصب به دنبال نوروتومی عصب بینایی نیز اثبات بهبود جریان خون، نیاز به بررسی بیشتری دارد. مطالعه‌ای که به تازگی با استفاده از آنژیوگرافی با فلورسین برای ثبت جریان خون قبل و بعد از نوروتومی شعاعی منفرد در چشم‌های خوک انجام پذیرفت؛ هیچ‌گونه بهبودی را در جریان خون شبکیه نشان

منابع

- 1- Opremcack M, Bruce R, Lomeo M, Ridenour CD, Letson AD, Rehmar A. Radial optic neurotomy for retinal central vein occlusion. A retrospective pilot study of 11 consecutive cases. *Retina* 2001;21:408-415.
- 2- Soheilian M, Koochek A, Yazdani S, Peyman GA. Transvitreal optic neurotomy for non-arteritic anterior ischemic optic neurotomy. *Retina* 2003;23:692-697.
- 3- Kelman S. Ischemic optic neuropathy. In: Miller NR, Newman NJ. Walsh & Hoyt's clinical neuro-ophthalmology. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998: 549-598.
- 4- Hayreh SS, Vrabec FR. The structure of the head of the optic nerve in rhesus monkey. *Am J Ophthalmol* 1966;61:136-150.
- 5- Hayreh SS. Central retinal vein occlusion. *Ophthalmol Clin North Am* 1998;11:559-590.
- 6- Czajka MP, Cummings TJ, Mc Cuen II BW, Toth CA, Nguyen H, Fekrat S. Radial optic neurotomy in porcine eye without retinal vein occlusion. *Arch Ophthalmol* 2004;122:1185-1189.
- 7- Tao Y, Jiang YR, Li XX, Yin CY, Yao J. FUNDUS and histopathological study of radial optic neurotomy in the normal miniature pig eye. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1097-1011.
- 8- Neuhann Th, Scharrer A, Haefliger E. Laser ablation used to treat chronic open angle glaucoma in pilot study. *Ocular Surgery News, Europe/Asia-Pacific Edition*, Nov 2001; Vol 12 (11).
- 9- Johnson LN, Guy ME, Krohel GB, Madsen RW. Levodopa may improve vision loss in recent onset NAION. *Ophthalmology* 2000;107:521-526.
- 10- The Central Vein Occlusion Study Group. Baseline and early natural history report: the central vein occlusion study. *Arch Ophthalmol* 1993;111:1087-1095.
- 11- Garwood AS, Muchnick BG. The optic nerve in clinical practice. USA: Butterworth Heinemann; 1997.
- 12- Sadun AA, Glaser JS. Anatomy of the visual sensory system. In: Tasman W, Jaeger EA. *Duane's clinical ophthalmology*. Philadelphia, New York: Lippincott-Raven; 2003: Vol. 2, Chap. 4.
- 13- Neuhann TH, Scharrer A, Haefliger E. Excimer laser trabecular ablation ab interno (ELT) in the treatment of chronic open-angle glaucoma, a pilot study. *Ophthalmol-Chirurgie* 2001;13:3-7.
- 14- Sabates NR, Sabates FN. Applied laser optics: technique for retinal laser surgery. In: Tasman W, Jaeger EA. *Duan's clinical ophthalmology*. Philadelphia: Lippincott; 2003: Vol. 1, Chap. 69A.
- 15- Sacks ZS, Kurtz RM, Juhasz T, Mourau GA. High precision subsurface photodisruption in human sclera. *J Biomed Opt* 2002;7:442-450.