

ارزیابی توزیع استرس وارد بر شریان کاروتید دارای تنگی شدید آترواسکلروز با استفاده از یک مدل المان محدود ویسکوالاستیک

عفت سلیمانی^۱، منیژه مختاری دیزجی^۱، ناصر فتورائی^۲، هژیر صابری^۳

۱- گروه فیزیک پزشکی؛ دانشگاه تربیت مدرس،

۲- گروه مهندسی پزشکی؛ دانشگاه امیرکبیر،

۳- گروه رادیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز تصویربرداری بیمارستان امام خمینی

مقدمه: کندیگی پلاک آسیب‌پذیر و تشکیل ترومبوز دلایل اصلی آنفارکتوس مغزی به‌شمار می‌روند. اگرچه میزان تنگی به‌عنوان معتبرترین پارامتر برای انتخاب بیماران برای درمان مداخله‌ای کاروتید مورد استفاده قرار می‌گیرد اما بسیاری از ضایعات منجر به تنگی برای سال‌ها بدون علامت باقی می‌مانند. از جنبه مکانیکی، کندیگی پلاک زمانی روی می‌دهد که استرس‌های مکانیکی از تحمل پلاک بیش‌تر شود. با توجه به این‌که مدل‌های مکانیکی می‌توانند توزیع استرس/استرین وارد بر دیواره و پلاک را محاسبه نموده و امکان آشکارسازی نواحی دارای پیک موضعی استرس و موقعیت نواحی مستعد آسیب را در پلاک مشخص کند، هدف مطالعه حاضر، معرفی و ارزیابی یک مدل المان محدود ویسکوالاستیک مبتنی بر تصاویر فراصوتی مقطعی متوالی از شریان کاروتید دارای پلاک آترواسکلروز و تنگی شدید است که بر پایه‌ی هندسه *in vivo* و داده‌های فشار حاصل از تکنیک‌های فراصوتی حاصل شده باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تصاویر مقطعی متوالی از شریان کاروتید سمت چپ یک مرد (۷۵ سال) دارای تنگی شدید کاروتید ثبت شد. برای ثبت توالی تصاویر فراصوتی از یک موتور نگهدارنده و محرک پروپ با حرکت پله‌ای با گام‌های ۰/۵ میلی‌متر استفاده شد که پروپ روی آن سوار می‌شود. فریم‌های همزمان پایان دیاستول تمام مقاطع ابتدا با روش مقیاس‌بندی مجدد سطح خاکستری استانداردسازی و سپس رسم کانتورهای حفره داخلی شریان و نیز کانتورهای مرز مشترک مدیا- ادونتیشیای دیواره شریان و اجزای تشکیل دهنده پلاک برای تمام تصاویر مقطعی پوشش‌دهنده حجم مورد تصویربرداری انجام شد. برای ساخت هندسه سه‌بعدی با استفاده از ابر نقاط حاصل از سگمنت‌کردن تصاویر، از نرم‌افزار کتیا استفاده شد. برای استخراج کمیت‌های مورد نیاز در محاسبه پارامترهای ویسکوالاستیک از تصاویر نمای طولی استفاده شد. به‌طوری‌که تصاویر مذکور پس از تبدیل به فریم‌های متوالی در محیط متلب، با به‌کارگیری نرم‌افزاری مبتنی بر الگوریتم بیشینه‌گرادیان مورد پردازش قرار گرفت و تغییرات لحظه‌ای قطر داخلی شریان و نیز تغییرات لحظه‌ای ضخامت اینتیمای-

خلاصه مقالات پوستر دومین همایش مداخلات پیچیده قلبی

مدیای شریان در طول سه سیکل قلبی استخراج شد. شکل موج فشار لحظه‌ای شریان کاروتید نیز با کالیبره کردن نمایی شکل موج قطر داخلی استخراج شد. با به دست آمدن هندسه‌ی سه‌بعدی دیواره، شکل موج فشار وارد بر دیواره و پارامترهای مدل ویسکوالاستیک، مدل‌سازی شریان کاروتید مشترک با روش اجزای محدود و با استفاده از نرم‌افزار المان محدود ادینا انجام شد.

نتایج: برای بررسی عدم وابستگی نتایج به مش، تعداد المان‌های موجود در مش به تدریج افزایش داده شد و شکل موج جابجایی شعاعی یک المان با موقعیت تقریباً یکسان (در یک برش مقطعی یکسان در هر دو مدل) در مدل‌های دارای تعداد مش‌های متفاوت در طول سه سیکل قلبی استخراج شد و درصورتی که اختلاف نتایج حاصل از دو چگالی مش کمتر از سه درصد محاسبه شد، تعداد مش بیشتر مورد قبول قرار گرفت. نتایج مربوط به اعتبارسنجی و بررسی تطابق مدل المان محدود ویسکوالاستیک سه‌بعدی حاصل از تصاویر فراصوتی با رفتار *in vivo* دیواره شریان، حاکی از آن است که میان پروفایل جابجایی شعاعی حاصل از مدل و پروفایل جابجایی شعاعی دیواره‌ی شریان در طول سیکل قلبی که از پردازش تصاویر فراصوتی طولی حاصل شد، همبستگی معنی‌داری وجود دارد. همچنین ارزیابی مقایسه‌ای توزیع استرس در سه مقطع عرضی واقع در شانه اولیه، گلوگاه تنگی و شانه پایانی پلاک نشان داد که با پیشروی به سمت گلوگاه تنگی و نازک شدن ضخامت پوشش فیروز پلاک استرس مؤثر وارد بر پلاک به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

بحث و نتیجه‌گیری: در این مطالعه یک مدل ویسکوالاستیک سه‌بعدی براساس تصاویر فراصوتی برای استخراج توزیع استرس وارد بر پلاک‌های آترواسکلروز شریان کاروتید ارائه شده است که رفتار ضربانی دیواره شریان را شامل می‌شود و براساس هندسه و خواص ویسکوالاستیک مستخرج از پردازش تصاویر فراصوتی بازسازی شده است. این مدل فراصوتی سه‌بعدی امکان نمایش توزیع استرس و نواحی مستعد کندگی پلاک را در محل تنگی و پلاک‌های آترواسکلروز شریان می‌تواند فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: شریان کاروتید، کندگی پلاک آترواسکلروز، توزیع استرس، مدل المان محدود