

## تغییرات قطر، ضریب الاستیک فشار - کرنش و سختی شریان کاروتید مشترک سالم و آترواسکلروز در دو جنس بر اساس تغییر فشار انتهایی

دکتر منیژه مختاری دیزجی<sup>۱</sup> و نگاه نیک انجام<sup>۲</sup>

### خلاصه

خواص الاستیک شریان‌های اصلی، اطلاعات جامعی از پیشرفت بیماری‌های شریانی ارائه خواهد داد. در این مطالعه، تغییرات قطر، تغییرات سطح مقطع، مدول الاستیک فشار-کرنش و سختی شریان کاروتید مشترک در زنان و مردان سالم و مبتلا به آترواسکلروز بر اساس تغییر فشار انتهایی مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات قطر و سطح مقطع شریان کاروتید در دو فاز سیستول و دیاستول، توسط سیستم اولتراسونوگرافی B-mode و بر اساس ردیابی حدود شریان، اندازه‌گیری شد. تغییرات فشار انتهایی شریان کاروتید، به طور غیرمستقیم از شریان بازویی حاصل شد. با توجه به کرنش و تغییرات فشار انتهایی شریان، مدول الاستیک فشار - کرنش و سختی محاسبه گردید. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای مکانیکی شریان کاروتید مشترک بر اساس تغییر فشار انتهایی نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری میان گروه‌های سالم و مبتلا به آترواسکلروز وجود دارد ( $P < 0.05$ ). نتایج حاصل از بررسی گروه زنان با مردان سالم و مبتلا به آترواسکلروز در همان محدوده سنی مقایسه گردید و نشان داد که پارامترهای قطر، سطح مقطع و مدول الاستیک فشار-کرنش و سختی تابع جنس نیستند و با شروع بیماری آترواسکلروز پارامترهای الاستیک هر دو گروه از یک روند افزایشی تبعیت می‌کنند. مطالعه نشان می‌دهد که با به کارگیری فشار انتهایی می‌توان شریان‌های مبتلا به آترواسکلروز را در هر دو گروه زن و مرد، بویژه در شرایط تنگی شدید شناسایی کرد.

واژه‌های کلیدی: امواج فراصوتی، مدول الاستیک شریان کاروتید، سختی، فشار انتهایی، آترواسکلروز، جنس

۱- استادیار، گروه فیزیولوژی، دانشگاه تربیت مدرس ۲- کارشناس ارشد فیزیولوژی پزشکی، مرکز قلبی \_ عروقی بیمارستان شهید لویسانی سازمان تأمین اجتماعی ایران

دریافت مقاله: ۱۳۸۱/۸/۲۰ دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۸۲/۸/۷ پذیرش مقاله: ۱۳۸۲/۱۱/۲۹

## مقدمه

اخیراً مطالعات بسیاری در زمینه رابطه میان فشار / قطر به صورت *in vivo* و *in vitro* و با استفاده از روش‌های تهاجمی و غیر تهاجمی بر روی مدل‌های انسانی و حیوانی انجام شده است. لکن مطالعات مربوط به زنان و مردان مبتلا به آترواسکلروز با گزارشات ضد و نقیضی همراه بوده است (۳،۱۲). زنان به دلیل تولید هورمون استروژن کمتر به بیماری آترواسکلروز با تنگی بالا مبتلا می‌شوند. بیماری آترواسکلروز (Atherosclerosis) که منجر به وقایع ایسکمیک و در نهایت بروز انفارکتوس قلبی و سکته مغزی می‌شود یکی از شایع‌ترین بیماری‌های بشر در قرن حاضر به شمار می‌رود (۲۲). سال‌هاست آنژیوگرافی عروق کاروتید به عنوان روش غالب برای بررسی ضایعات شریان کاروتید از سوی پزشکان پذیرفته شده است. از معایب اصلی این روش تهاجمی بودن و عوارض ناشی از آن و نیز خطر پرتویونیزان است. در بازنگری ۱۵ مطالعه و بررسی ۸۳۰۰ مورد عوارض ناشی از آنژیوگرافی، حمله ایسکمی موقت، سکته مغزی و مرگ به ترتیب ۴، ۱ و زیر ۱ درصد گزارش شده است (۲). از موارد ناتوانی آنژیوگرافی، بررسی جدار شریان کاروتید، دینامیک جریان خون و تشخیص پلاک زخمی است (۲)، لذا استفاده از تکنیک جدیدی تحت عنوان تعیین مشخصات مکانیکی بافت توسط امواج فراصوتی برای تشخیص پارامترهای مکانیکی عروق مورد توجه و تحقیق بسیار قرار گرفته است (۸،۱۰،۱۷،۱۸،۲۳). یکی از موضوعات اساسی در زمینه ضایعات قلبی - عروقی ارزیابی تغییرات قطر، سرعت جریان خون و خواص الاستیک شریان‌های اصلی در شرایط بیماری و مقایسه آن با حالت طبیعی است. بررسی میزان سفتی شریان‌ها و مقایسه آنها با هم نشان داده که میزان سفتی شریان آئورت با افزایش سن به مراتب بیشتر از شریان کاروتید است (۱). در بررسی تأثیر افزایش فشار خون بر خصوصیات دیواره شریان نیز گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد (۳۸،۱۱). در سال ۱۹۹۵ اثر افزایش فشار خون بر سرعت میانگین جریان خون با سیستم فراصوت داپلر مورد مطالعه قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری میان سرعت میانگین جریان خون شریان کاروتید افراد سالم و بیمار ملاحظه نشد (۴)، لکن بررسی سرعت حداکثر جریان خون توانست این دو گروه را متمایز سازد (۱۶).

برای برآورد مدول الاستیک فشار - کرنش، می‌توان سرعت سیر موج فشاری را توسط دو سیستم فراصوتی داپلر و

اندازه‌گیری زمان عبور موج فشاری بین دو نقطه با فاصله معین در شریان آئورت، به دست آورد (۱۳). برای اندازه‌گیری فراصوتی تغییرات قطر شریان نیز روش‌های B-scan (۱۲)، روش M-mode (۲۳) و روش ردیابی اکو (۹) مورد نظر بوده‌اند. مقایسه سه روش فوق نشان داد که اگر چه روش ردیابی اکو دارای قدرت تفکیک میکرومتری است ولی در اندازه‌گیری‌های غیر متوالی نتایج B-scan بهتر خواهد بود (۲۱).

با استفاده از روش تصویربرداری داپلر بافتی سرعت حرکت دیواره شریان کاروتید مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که با افزایش سن سرعت حرکت دیواره و اتساع پذیری شریان کاهش می‌یابد (۱۹).

با توجه به اینکه گزارش‌های ضد و نقیضی در زمینه تأثیر پلاک آترواسکلروز بر خصوصیات الاستیک و تغییر قطر ذکر شده است و ضمناً مقایسه‌ای در زمینه تأثیر بروز بیماری بر خصوصیات الاستیک شریان به تفکیک جنس ارائه نشده است، لذا در این مطالعه، تغییرات فشار انتهایی و تغییرات قطر شریان کاروتید زنان در طول دو سیکل قلبی با روش فراصوتی اندازه‌گیری شد و در نهایت پارامترهای مکانیکی مدول الاستیک فشار - کرنش و سختی شریان کاروتید زنان سالم و مبتلا به آترواسکلروز با تنگی شدید بالای ۴۰ درصد برآورد گردید. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای قطر شریان، استرین، تغییر نسبی سطح مقطع و پارامترهای مکانیکی شامل مدول الاستیک استرس - استرین و سفتی در زنان مورد مطالعه با گروه مردان (۱۵) در همان محدوده سنی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

## روش بررسی

با توجه به اندازه‌گیری تغییرات نسبی قطر و برآورد پارامترهای الاستیک بر اساس تغییر فشار انتهایی ثبت شده از شریان بازویی در گروه مردان (۱۵) با درصد اطمینان ۹۵ درصد و توان آزمون ۸۰ درصد، تعداد نمونه در این مطالعه بیست زن با شریان کاروتید سالم و مبتلا به آترواسکلروز برآورد گردید. زنان مراجعه‌کننده با میانگین سنی  $67 \pm 5$  سال که در طول یک دوره یک ساله به مرکز تصویربرداری امام خمینی، برای آنژیوگرافی مراجعه داشتند، وارد مطالعه شدند. بیماران مورد مطالعه شامل گروهی است که کاندید عمل جراحی قلب باز و دارای انسداد عروق کرونر بودند و گروه سالم شامل افراد غیر سیگاری با سلامت قلبی و بدون سابقه بیماری عروقی مغز و

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{P_s}{P_d}\right)}{\Delta d / d_0}$$

که  $\Delta d$  تغییر قطر شریان کاروتید در سیکل قلبی و  $d_0$  اندازه قطر شریان در فاز دیاستول، است.  $P_s$  حداکثر فشار خون در فاز سیستول و  $P_d$  حداقل فشار خون در فاز دیاستول است که با استفاده از کاف مسدود کننده شریان، از ناحیه شریان بازویی ثبت گردید و به عنوان برآوردی از فشار انتهایی شریان کاروتید مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس روابط بالا، پارامترهای مکانیکی با ضریب پراکندگی ۱۹ درصد برآورد گردید.

سپس متغیرهای تغییر قطر، مدول الاستیک فشار-کرنش و سختی در دو گروه شریان کاروتید سالم و مبتلا به آترواسکلروز شدید به تفکیک سن، توسط آزمون آماری Paired T-test، مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصل از پارامترهای مکانیکی شریان کاروتید سالم و مبتلا به آترواسکلروز زنان با گروه مردان در مطالعه قبلی (۱۵) مورد مقایسه قرار گرفت.

### نتایج

کلیه افراد مورد مطالعه، پس از آزمون آنژیوگرافی، تحت بررسی داپلر رنگی عروق کاروتید قرار گرفته و شدت تنگی در آنها با توجه به متغیرهای حداکثر سرعت جریان خون سیستول و سرعت جریان خون در انتهای زمان دیاستول تخمین زده شد. با توجه به نتایج آنژیوگرافی و معیارهای داپلر بر حسب نوع تنگی (۱۵)، زنان و مردان مورد مطالعه در دو گروه سالم و مبتلا به آترواسکلروز شدید قرار گرفتند.

در جدول ۱ اطلاعات حاصل از بررسی قطر شریان در فاز دیاستول بر حسب میلیمتر، تغییرات نسبی قطر (کرنش)، تغییرات نسبی سطح مقطع، حداکثر فشار انتهایی در فاز سیستول (mmHg)، حداقل فشار انتهایی در فاز دیاستول (mmHg) و فشار نبض (Kpa) برای دو گروه زنان و مردان با شریان کاروتید سالم و مبتلا به آترواسکلروز که در یک محدوده سنی قرار دارند، آمده است. بررسی جدول ۱ نشان می‌دهد که با شروع فرآیند بیماری، قطر دیاستولیک شریان، تغییرات نسبی قطر و تغییرات نسبی سطح مقطع در زنان به ترتیب به میزان ۵، ۲۱ و ۲۲ درصد کاهش می‌یابد و در مردان (۱۵) میزان کاهش پارامترهای فوق به ترتیب ۷، ۲۴ و ۲۵ درصد می‌باشد، که ناشی از عدم

دیابت است. ابتدا توسط روش آنژیوگرافی شدت تنگی در گروه بیمار مورد تایید قرار گرفت (تنگی بیش از ۴۰ درصد) و سپس زنان مورد مطالعه در دو گروه سالم و آترواسکلروز قرار گرفتند.

زنان به دلیل تولید هورمون استروژن، کمتر به آترواسکلروز مبتلا می‌شوند. لکن روند عمومی افزایش سفتی شریان به دلیل افزایش سن امری اجتناب‌ناپذیر است. افراد مورد مطالعه، ابتدا ۱۰ تا ۱۵ دقیقه قبل از شروع آزمون در وضعیت خوابیده و حالت استراحت در یک اتاق آرام و نیمه تاریک قرار گرفتند تا ضربان قلب و فشار خون آنها به حالت پایدار برسد. شریان‌های کاروتید مشترک، محل دو شاخه شدن شریان‌های کاروتید داخلی و خارجی تا حد قاعده جمجمه در هر دو مقطع عرضی و طولی ابتدا با B-mode grayscale و سپس با داپلر رنگی (GE logic 500MD, linear array) در محدوده فرکانسی ۷/۵ مگا هرتز بررسی گردید. برای ثبت و ذخیره تصاویر فراصوتی و پردازش تصویر از برد واسط ویدیو بلاستر میان سیستم فراصوتی و کامپیوتر استفاده شد. پس از پردازش تصویر و آشکارسازی حدود و مرز شریان (echo tracking) قطر شریان در فاز دیاستول و سیستول از تصاویر طولی شریان (gray scale B-mode) و سطح مقطع شریان در فاز سیستول و دیاستول (intima-intima) با استفاده از پر و خالی شدن جریان خون از تصاویر در مقطع عرضی شریان، در طول دو سیکل قلبی در محل ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از دو شاخه شدن شریان کاروتید مشترک راست در دو گروه بررسی، اندازه‌گیری و ثبت شد. اندازه‌گیری قطر و تغییرات قطر به ترتیب با ضریب پراکندگی (Coefficient of variation) ۲ و ۱۲ درصد انجام شد. با توجه به تغییرات نسبی قطر و تغییرات نسبی سطح مقطع شریان و نیز حداقل قطر شریان در فاز دیاستول و حداقل سطح مقطع دیاستولیک، کرنش (strain) محاسبه گردید.

حداکثر و حداقل فشار انتهایی خون در شریان بازویی نیز با استفاده از کاف مسدود کننده شریان و دستگاه فشار سنج اتوماتیک (Riester-0124) با دقت ۱ میلیمتر جیوه) اندازه‌گیری و مدول الاستیک فشار - کرنش (stress-strain elastic modulus) برآورد گردید (۱۵).

مقدار سفتی (Stiffness) که بستگی به فشار در رنج فیزیولوژیکی دارد، تخمینی از کوامپلیانس عروقی را ارائه می‌دهد. مقدار سفتی از رابطه زیر قابل تعریف است (۵،۷،۱۵،۲۰):

اتساع پذیری مناسب شریان در گروه مبتلا به آترواسکلروز است.

میانگین حداقل و حداکثر فشار انتهایی شریان بازویی نشان می‌دهد که اختلاف زیادی میان فشار خون شریان بازویی در دو حالت سالم و آترواسکلروز وجود ندارد که ناشی از مصرف دارو و کنترل فشارخون افراد است. بررسی آماری متغیرهای فوق توسط آنالیز Paired t-test نشان می‌دهد که با عدد p کمتر از ۰/۰۵ و اطمینان ۹۵ درصد گروه زنان از لحاظ سلامت شریان و وجود آترواسکلروز قابل تمایزند.

پارامترهای مدول الاستیک فشار - کرنش و سفتی برای هر دو گروه زن و مرد سالم و مبتلا به آترواسکلروز مورد بررسی، بر اساس تغییر فشار انتهایی تخمین زده شد و فرض گردید که

در شریان کاروتید نیز تغییر فشار انتهایی همین مقدار باشد. با استفاده از آنالیز Paired t-test پارامترهای مدول الاستیک فشار-کرنش و سفتی در دو گروه زن و مرد مورد مطالعه به تفکیک جنس، مقایسه شد و نشان داده شد که با عدد P کمتر از ۰/۰۵ و ضریب اطمینان ۹۵ درصد افراد سالم و آترواسکلروز در هر کدام از گروه‌های زن و مرد از نظر پارامتر مکانیکی نسبت به یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۲).

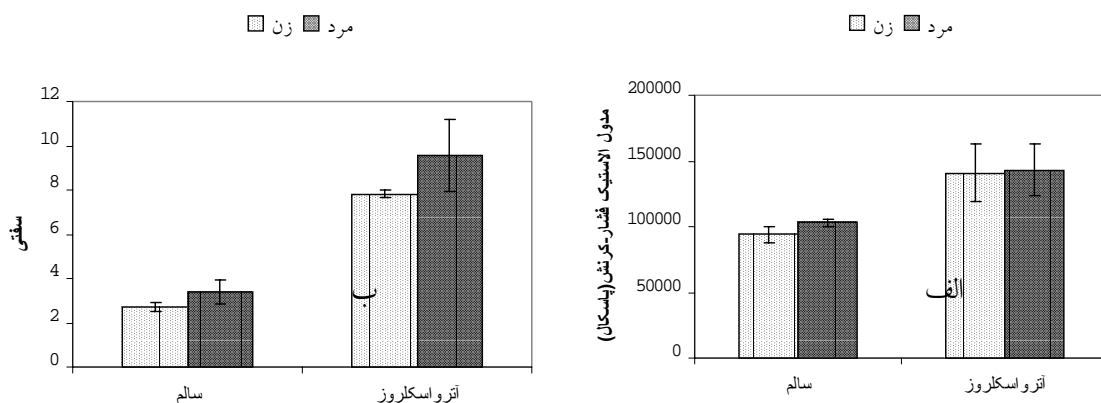
مطالعه آماری دو گروه زن و مرد سالم و نیز دو گروه زن و مرد مبتلا به آترواسکلروز نشان داد که با  $P < 0.05$  اختلاف معنی‌داری میان دو جنس زن و مرد چه در گروه سالم و چه در گروه مبتلا به اسکروز وجود ندارد.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار قطر شریان در فاز دیاستول، تغییرات نسبی قطر (کرنش)، تغییرات نسبی سطح مقطع، حداکثر فشار انتهایی در فاز سیستول (mmHg)، حداقل فشار انتهایی در فاز دیاستول (mm) و فشار نبض (Kpa) برای دو گروه زنان و مردان (۱۵) سالم و مبتلا به آترواسکلروز

مرد		زن		گروه	متغیر
اسکلروز	سالم	اسکلروز	سالم		
۷/۸±۰/۳	۸۴±۰/۲	۶/۸±۰/۱	۷/۲±۰/۱	حداقل قطر شریان	
۵/۷±۰/۷	۷/۵±۰/۴	۵/۱±۰/۹	۶/۵±۰/۸	درصد تغییرات نسبی قطر	
۱۱/۹±۱/۷	۱۵/۹±۰/۷	۱۰/۵±۰/۲	۱۳/۴±۱/۷	درصد تغییرات نسبی سطح مقطع	
۱۴۱±۲۹	۱۲۱±۶	۱۲۷±۱۶	۱۲۷±۵	حداکثر فشار انتهایی در فاز سیستول	
۸۳±۱۸	۷۳±۵	۷۶±۲	۸۲±۲	حداقل فشار انتهایی در فاز دیاستول	
۷/۸±۱/۸	۷/۷±۰/۳	۶/۸±۰/۲	۵/۰±۰/۴	فشار نبض	

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار پارامترهای مدول الاستیک فشار-کرنش بر حسب پاسکال و سفتی در دو گروه زن و مرد مورد مطالعه

مرد		زن		گروه	پارامتر
اترواسکلروز	سالم	اترواسکلروز	سالم		
۱۴۳۲۴۹±۵۷۳۴۰	۱۰۳۰۹۵±۸۰۵۹	۱۴۰۶۰۵±۶۷۵۰۴	۹۴۱۵۰±۱۷۸۹۳	مدول الاستیک فشار - کرنش (Pa)	
۹/۵۹±۱/۶۳	۳/۴۱±۰/۱۵	۷/۸۳±۰/۵۴	۲/۷۲±۰/۱۹	سفتی (B)	



شکل ۱. الف. مقایسه مدول الاستیک استرس-استرین بر حسب پاسکال و ب. سفتی به تفکیک جنس

نسبی سطح مقطع شریان و استرین در زنان مورد مطالعه نشان داد که با بروز بیماری، هر یک از پارامترهای فیزیکی به ترتیب به میزان ۶، ۲۱ و ۲۲ درصد کاهش می یابد. در حالی که در مطالعه‌ای دیگر گروه مردان با بروز بیماری، روند کاهشی به ترتیب ۷، ۲۴ و ۲۵ درصد را نشان دادند (۱۵). مقایسه دو گروه زن و مرد در بروز بیماری آترواسکلروز نشان می دهد که کاهش پارامترهای فوق در هر دو گروه نسبتاً یکسان است و ربطی به جنس مورد مطالعه ندارد که می تواند به دلیل از دست دادن بافت الاستیک دیواره شریان و افزایش کلاژن باشد که موجب محدودیت حرکت دیواره شریان در طی سیکل قلبی می شود.

بررسی فشار انتهایی گروه زنان نشان می دهد که با بروز بیماری تغییر فشار انتهایی به میزان ۳۶ درصد افزایش می یابد. مقایسه نتایج تغییرات فشار انتهایی گروه مردان با گروه زنان از روند ثابتی تبعیت نمی کند زیرا افراد مبتلا به آترواسکلروز در مطالعه حاضر را بیماران قلبی تشکیل داده اند که از داروهای قلبی و داروهای کنترل فشار خون استفاده می کردند و به دلیل عدم امکان قطع مصرف دارو به علت خطرات احتمالی، مقادیر فشار خون این بیماران از روند ثابتی برخوردار نیست.

ارزیابی پارامترهای مکانیکی شریان کاروتید زنان نیز نشان می دهد که با شروع روند بیماری، مدول الاستیک استرس-استرین و سفتی به ترتیب به میزان ۴۹ و ۲۵ درصد افزایش می یابد. همین مطالعه بر روی مردان به ترتیب افزایشی به میزان ۳۹ و ۲۲ درصد را نشان داد (۱۵). مقایسه نتایج گروه زنان با

## بحث و نتیجه گیری

مطالعه بر روی الاستیسیته شریان کاروتید دارای پلاک آترواسکلروتیک و افراد بدون پلاک توسط تغییرات فشار شریان بازویی نشان داده که در افراد بدون پلاک، افزایش ضخامت دیواره شریان تأثیری بر خصوصیات الاستیک دیواره شریان ندارد (۱۲)، در صورتی که در مطالعه دیگری ثابت شده که پلاک آترواسکلروتیک در ناحیه کاروتید می تواند خواص مکانیکی سایر نواحی دیواره شریان را تحت تأثیر قرار دهد (۶). بررسی الاستیسیته شریان (۸) و اتساع پذیری (۷) با افزایش سن و جنس نشان داده است که با افزایش سن، مدول الاستیک افزایش می یابد لکن افزایش خطی بر اساس نوع جنس دیده نمی شود. در مطالعات فوق با اندازه گیری قطر شریان و تغییرات آن در طول سیکل قلبی و اندازه تغییر فشار خون شریان بازویی، پارامترهای الاستیک برآورد گردیده است. این نتایج با نتایج افراد دیگری که در این زمینه کار می کردند، مغایرت دارد (۱۸، ۲۳) و در کلیه مطالعات تغییرات قطر، سطح مقطع و پارامترهای الاستیک شریان در دو گروه مردان و زنان در شرایط بروز آترواسکلروز برآورد و مقایسه نشده است.

در مطالعه حاضر، ابتدا تغییر پارامترهای فیزیکی و مکانیکی شریان کاروتید زنان شامل تغییر قطر شریان، سطح مقطع شریان، استرین، مدول الاستیک استرس-استرین و سفتی برآورد گردید و توانمندی پارامترهای مکانیکی در ارزیابی ضایعات آترواسکلروز از شریان سالم، به تفکیک جنس مورد آزمون آماری قرار گرفت. بررسی قطر شریان کاروتید، تغییر

الاستیک عروق می‌باشد. کاهش تدریجی موج فشار در حین حرکت به سمت شریان‌های محیطی نیز باعث تفاوت در مقادیر فشار خون شریان بازویی و فشار خون شریان کاروتید می‌گردد، لذا به کارگیری تغییرات فشار انتهایی به عنوان برآوردی از تغییرات فشار شریان کاروتید موجب خطا در برآورد پارامترهای الاستیک خواهد شد.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر ملاحظه می‌شود که بررسی پارامترهای الاستیک شریان کاروتید بر اساس فشار انتهایی مستقل از جنس بوده و در هر دو جنس می‌تواند عامل مؤثری در شناسایی میزان تنگی ناشی از آترواسکلروز دیواره شریان کاروتید باشد البته در شناسایی ضایعات مربوط به تنگی خفیف شریان از شریان سالم میزان تشخیص و تمایز کم است که می‌تواند به دلیل خطای بکارگیری تغییرات فشار شریان بازویی به عنوان برآوردی از فشار شریان کاروتید باشد. نگارندگان مقاله قصد دارند با برآورد تغییرات فشار استاتیک (۱۴) وارد بر دیواره شریان، پارامترهای الاستیک شریان را تخمین زده و خطای حاصل از اعمال فشار نبض در اندازه‌گیری پارامترهای الاستیک را به حداقل برسانند.

گروه مردان در شکل ۱ الف و ب آمده است و نشان می‌دهد که افزایش پارامترهای فوق با بروز بیماری نسبتاً یکسان و ربطی به جنس ندارد.

با بروز بیماری به ویژه بیماری آترواسکلروز، تغییراتی در دیواره شریان ایجاد می‌شود (از دست دادن الیاف الاستیک و افزایش کلاژن، رسوب چربی و افزایش ضخامت دیواره و ...) به طوری که خاصیت ارتجاعی دیواره شریان کاهش یافته و میزان سفتی و مدول الاستیک آن افزایش می‌یابد، لذا فشار جانبی وارد بر دیواره شریان در هنگام سیستول به طور غیرعادی افزایش یافته و در هنگام دیاستول به مقدار پایینی سقوط می‌کند که نتایج این مطالعه مؤید این مطلب است. لازم به ذکر است که فشار خون شریانی تابعی از برون ده قلبی و مقاومت عروقی است و با جنس، سن، آهنگ سوخت و ساز و حالت هیجانی و بیماری‌های مختلف از جمله بیماری‌های قلبی تغییر می‌کند، لذا همان‌طور که ملاحظه شد با توجه به نتایج مطالعات قبلی می‌توان بیان کرد که علت نامتناقض بودن نتایج بررسی الاستیسیته شریان کاروتید در مراحل مختلف بیماری آترواسکلروز به کارگیری فشار خون شریان بازویی جهت بررسی رفتار

## Summary

### Evaluation of Diameter Changes, Stress-strain Elastic Modulus and Stiffness in Normal and Atherosclerotic Common Carotid Arteries in Both Sex Based on End Pressure Variation

Mokhtari – Dizaji M, PhD<sup>1</sup>. and Nikanjam N, MSc<sup>2</sup>

1- Assistant Professor, Medical Physics Department, Tarbiat Modares University, 2. Master of Science in Medical Physics, Lavasani Cardiovascular Medical Center, Tehran, Iran

*Evaluation of elastic properties of major arteries is subject of great interest with respect to the development of vascular diseases. In this study changes in diameter and cross-sectional area, stress-strain elastic modulus and stiffness of the common carotid arteries in healthy and atherosclerotic women and men were evaluated by using indirect end pressure changes. Variations in diameter and cross-sectional area of carotid artery in systolic and diastolic phases were measured by B-mode ultrasonography and using edge tracking algorithm. Indirect end pressure measurement was performed immediately after the measurement of the pulsatile vessel diameter. Pressure-strain elastic modulus and stiffness were estimated based on the strain and end pressure changes. The results of the evaluation of mechanical parameters of common carotid artery based on end pressure changes showed significant difference between healthy and atherosclerotic women ( $P < 0.05$ ). Comparison of women and men with the same age range in two groups of normal and atherosclerotic showed that mechanical properties and diameter changes are not sex-dependent and in the process of atherosclerosis disease elastic parameters show increase in both sex. By evaluating end pressure change of common carotid artery, atherosclerosis disease (especially in severe stenosis) in both sex can be detected.*

**Key Words:** *Ultrasound, Carotid elastic modulus, Stiffness, End pressure, Atherosclerosis, Sex*  
*Journal of Kerman University of Medical Sciences, 2004; 11(3): 170-177*

## References

- Ahlgren AR, Hansen F, Sonesson B and Lanne T. Stiffness and diameter of the common carotid artery and abdominal aorta in women. *Ultrasound Med Biol* 1997; 23(7): 983-988.
- Baum S. Abrams angiography: vascular and interventional radiology. 4<sup>th</sup> ed., New York, Little and Brown, 1997; PP127-140.
- Blankenhorn DH, Chin HP, Conover DJ and Nessim SA. Ultrasound observation on pulsation in human carotid artery lesion. *Ultrasound Med Biol* 1988; 14(7): 583-587.
- Ferrara LA, Mancini M, Lannuzzi R *et al.* Carotid diameter and blood flow velocities in cerebral circulation in hypertensive patients. *Stroke* 1995; 26(3): 418-421.
- Gamble G, Zorn J, Sanders G, MacMahon S and Sharpe N. Estimation of arterial stiffness, compliance, and distensibility from M-mode ultrasound measurements of the common carotid artery. *Stroke* 1994; 25(1): 11-16.
- Giannattasio C, Failla M, Emanuelli G *et al.* Local effects of atherosclerotic plaque on arterial distensibility. *Hypertension* 2001; 38(5): 1177-1180.
- Hansen F, Mangell P, Sonesson B and Lanne T. Diameter and compliance in the human common carotid artery-variations with age and sex. *Ultrasound Med Biol* 1995; 21(1): 1-9.
- Hayashi K, Handa H, Nagasawa S, Okumura A and Moritake K. Stiffness and elastic behavior of human intracranial and extracranial arteries. *J Biomech* 1980; 13(2): 175-184.
- Hoeks AP, Brands PJ, Smeets FA and Reneman RS. Assessment of the distensibility of superficial arteries. *Ultrasound Med Biol* 1990; 16(2): 121-128.
- Hoskins PR, Fish PJ, McDicken WN and Moran C. Developments in cardiovascular ultrasound. Part 2: arterial applications. *Med Biol Eng Comput* 1998; 36(3): 259-269.
- Imura T, Yamamoto K, Satoh T, Mikami T and Yasuda H. Atherosclerotic change in the human abdominal aorta *in vivo* in relation to coronary heart disease and risk factors. *Atherosclerosis* 1988; 73(2-3): 149-155.
- Jogestrand T, Nowak J and Eiken A. The relationship between the arterial wall thickness and elastic properties of the common carotid artery. *Clinical Physiology* 1999; 19(3):191-203.
- Lehmann ED, Hopkins KD and Gosling RG. Aortic compliance measurements using Doppler ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1993; 19(9): 683-710.
- Mokhtari-Dizaji M and Nikanjam N. Estimation of elastic parameters of normal and atherosclerotic common carotid artery in women using arterial static pressure changes. *Iranian Med Phys* 2003; 1(13): 29-35.
- Nikanjam N, Mokhtari-Dizaji M and Babapoor B. Estimation of elastic modulus, stiffness distensibility, compliance and Young modulus in atherosclerosis human common carotid artery. *Iranian Heart J* 2003; 4(2,3): 68-74.
- Perret RS and Stoop GD. Increased peak blood velocity in association with elevated blood pressure. *Ultrasound Med Biol* 2000; 26(9):1387-1391.
- Peterson LH, Jensen RE and Parnell J. Mechanical properties of arteries *in vivo*. *Circ Res* 1960; 8: 622-639.
- Riley WA, Barnes RW and Schey HM. An approach to the noninvasive periodic assessment of arterial elasticity in the young. *Prev Med* 1984; 13(2): 169-184.

19. Schmidt-Trucksass A, Grathwohl D, Schmid A, *et al.* Assessment of carotid wall motion and stiffness with tissue Doppler imaging. *Ultrasound Med Biol* 1998; 24(5): 639-646.
20. Selzer RH, Mack WJ, Lee PL, Kwong-Fu H and Hodis HN. Improved common carotid elasticity and intima-media thickness measurements from computer analysis of sequential ultrasound frames. *Atherosclerosis* 2001; 154(1): 185-193.
21. Stadler RW, Taylor JA and Lees RS. Comparison of B-mode, M-mode and echo-tracking methods for measurement of the arterial distension waveform. *Ultrasound Med Biol* 1997; 23(6): 879-887.
22. Stone R.M. Disorders of the cardiovascular system. In: Braunwald E, Fauci A.S, Kasper D.L, Hauser S.L, Longo D.L and Jameson J.L. (ed.) *Harrison's Principles of internal Medicine*. Vol I. 15<sup>th</sup> ed., USA, Mc Graw Hill Co., 2001; PP96-146.
23. Van Merode T, Hick PJ, Hoeks AP, Smeets FA and Reneman RS. Differences in carotid artery wall properties between presumed-healthy men and women. *Ultrasound Med Biol* 1988; 14(7): 571-4.