



The effect of reactive artery hyperaemia on the radial strain of the brachial artery: Definition of optimum cuff position

Mehravar Rafati¹, Manizheh Mokhtari-Dizaji^{1*}, Hazhir Saberi², Hosein Chegini²

1. Dept. Medical Physics, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. Dept. Radiology, Imaging Center of Emam Khomeini Hospital, Tehran Medical Sciences University, Tehran, Iran

Received: 10 Apr 2007

Revised: 15 Nov 2007

Accepted: 22 Nov 2007

Abstract

Instruction: Measurement of brachial artery diameter variation by ultrasound methods has commonly been used to test the endothelial function. It is known that the artery diameter is increased by flow stimulation. Therefore in the present study, the effect of external obstruction, as flow stimulation, on the radial strain of the brachial artery was assessed. Also the biomechanical behavior of the artery due to the changes in obstruction cuff position was evaluated.

Methods: Firstly, for evaluating the effect of flow stimulation on healthy men's brachial artery, 200 mmHg pressure and 5 minutes of obstruction was applied. Then, without flow stimulation, it was evaluated by ultrasonic method. In order to evaluate the optimum cuff position with maximum biomechanical variation of the brachial artery, arteries of two regions including the proximal brachial (upper arm) and middle forearm of 10 healthy men were obstructed by 200 mmHg of stress. By acquiring artery diameter variation and estimation of radial strain, multiple frames of the B-mode ultrasonic images were saved on personal computer and maximum artery diameter in the systolic phase, artery diameter in the end of the diastolic phase and the shape of offline were measured. According to relative diameter variations, radial strain percentages were estimated. The effects of external obstruction and the position of this obstruction on the radial strain of the brachial artery were analyzed by t-test.

Results: In the first stage, the results of ultrasonic evaluation of the left brachial artery showed that the radial strain induced by stress (200 mmHg) was significantly increased 3.5 times compared to the normal condition without stress. Evaluation of the obstruction's location and its effect on the relative brachial artery diameter showed that with the application of 200 mmHg obstruction in 1/3 of the superior arm and the middle forearm, the radial strain of the artery were 10.44 ± 2.63 % and 4.97 ± 3.61 %, respectively. The statistical analysis of the brachial artery radial strain showed a significant difference between the two obstruction's locations and 33% increase of the obstructed brachial artery's diameter variation in 1/3 of the superior arm.

Conclusion: The brachial artery's radial strain is increased by the external obstruction of the artery. This increase seems to be larger in the upper arm region of the artery compared to the middle forearm region.

Key words: Ultrasound, Biomechanical behavior, Brachial artery, Reactive hyperaemia

* Corresponding Author Email: mokhtarm@modares.ac.ir
Available online @: www.phypha.ir/ppj

تأثیر هیپر می غیر فعال بر استرین شعاعی شریان بازویی: تعیین موقعیت بهینه کاف

مهرآور رفعتی^۱، منیژه مختاری دیزجی^{۱*}، هژیر صابری^۲، حسین چگینی^۲
۱. گروه فیزیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲. گروه رادیولوژی، مرکز تصویر برداری بیمارستان امام خمینی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران
دریافت: فروردین ۸۶ بازبینی: آبان ۸۶ پذیرش: آبان ۸۶

چکیده

مقدمه: اندازه‌گیری تغییرات قطر شریان بازویی توسط روش‌های فراصوتی بطور وسیعی در اندازه‌گیری عملکرد آندوتلیوم به کار می‌رود. با توجه به اینکه قطر شریان تحت تأثیر محرک جریان افزایش می‌یابد، لذا در مطالعه حاضر اثر انسداد شریانی و نیز موقعیت کاف مسدود کننده بر استرین شعاعی شریان بازویی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

روش‌ها: جهت بررسی تأثیر محرک جریان، شریان بازویی افراد سالم، ابتدا تحت فشار ۲۰۰ میلی متر جیوه در مدت ۵ دقیقه و سپس بدون اعمال محرک جریان تحت بررسی فراصوتی قرار گرفت. برای بررسی موقعیت بهینه کاف با حداکثر تغییرات بیومکانیکی در شریان بازویی، عروق دو ناحیه فوقانی بازو و نیز میانی ساعد ۱۰ مرد سالم تحت استرس ۲۰۰ میلی متر جیوه مسدود شد. برای استخراج تغییرات قطر شریان و تخمین استرین شعاعی، فریم‌های متوالی از تصاویر فراصوتی B-mode، بر روی کامپیوتر شخصی ثبت گردید و حداکثر قطر شریان در فاز سیستول و حداقل قطر شریان در انتهای دیاستول به صورت off line اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بررسی اولتراسونیک شریان بازویی چپ نشان داد که با اعمال استرس ۲۰۰ میلی متر جیوه استرین شعاعی حدود ۳/۵ برابر بیش از شرایط عادی و بدون استرس است. نتایج آنالیز آماری (t-test) نیز تمایز معنی دار میان دو گروه را تایید نمود. استرین شعاعی شریان بازویی، با انسداد ۲۰۰ میلی متر جیوه در محل یک سوم فوقانی شریان بازو و نیز شریان رادیال در میان ساعد به ترتیب ۱۰/۴۳±۲/۶۳ و ۴/۹۷±۳/۶۱ درصد برآورد شد. آنالیز آماری استرین شعاعی شریان بازویی با دو محل انسداد مجزا نشان داد که تمایز معنی داری میان مقادیر استرین دو گروه وجود دارد. به علاوه، با انسداد شریان بازویی در ناحیه یک سوم فوقانی آن، تغییرات نسبی قطر شریان بازویی ۴۸ درصد افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: با انسداد خارجی شریان، نه تنها استرین شعاعی شریان بازویی افزایش می‌یابد، بلکه این پارامتر در شرایط انسداد در ناحیه فوقانی شریان بازویی نسبت به انسداد ناحیه میانی شریان رادیال بطور معنی داری بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: اولتراسوند، رفتار بیومکانیکی، شریان بازویی، انسداد شریان

مقدمه

لایه سلولی است که سطح داخلی شریان را پوشانده و عامل رشد، نظم و حفاظ عروقی است [۲۹]. لذا بررسی عملکرد آن اساس بسیاری از تحقیقات قرار گرفته است. مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد دیواره آندوتلیوم تحت تأثیر سن و جنس [۱۰]، اثرات ریسک فاکتورهای مانند کشیدن سیگار [۸ و ۲۲]، کلسترول

آندوتلیوم شریانی (arterial endothelium) متشکل از یک

mokhtarm@modares.ac.ir

* نویسنده مسئول مکاتبات:

www.phypha.ir/ppj

وبگاه مجله:

ابتدا تاثیر انسداد خارجی شریان بر پارامتر استرین شعاعی شریان بازویی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با توجه به اینکه محل انسداد شریان می‌تواند تاثیر معنی داری بر رفتار بیومکانیکی شریان داشته باشد، در مرحله بعد، محل بهینه انسداد شریان، جهت دستیابی به استرین شعاعی بالاتر مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

تئوری روش: به طور کلی دو نوع اصلی نیرو می‌تواند موقعیت نسبی نقاط مادی در یک جسم را تغییر دهد:

نیروهای حجمی: بر کل حجم اجزاء اعمال می‌شوند و در تمامی جسم توزیع شده اند. نیروهای سطحی: بر جزئی از سطح جسم اعمال و توزیع شده اند، صرف نظر از اینکه آیا آن جزء قسمتی از سطح محصور یا یک جزء اختیاری از سطح داخل جسم باشد. به هر حال، چنانچه به هر علتی موقعیت نسبی نقاط مادی در یک جسم تغییر کند یا به عبارتی مختصات هر نقطه x_i پس از تغییر فرم دارای تغییر مکانی برابر u_i خواهد بود. مولفه‌های این تغییر مکان بسیار کوچک بوده و در حالت کلی برای نقاط مختلف جسم متفاوت می‌باشد $[u(x_i)]$. در حالت کلی مولفه‌های تانسور تغییر فرم ϵ_{ij} نسبی را می‌توان بر حسب مولفه‌های تغییر مکان u_i به صورت زیر نوشت [۱۳]:

$$\epsilon_{ij} = \epsilon_{ji} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i})$$

در ماده همگن، نسبت تنش به کرنش در کلیه جهات یکسان است. این چنین ماده‌ای می‌تواند ساختمان یکنواخت داشته باشد. لذا استرین، موجب تغییراتی در شعاع و حجم نمونه خواهد شد، به طوری که اگر ابعاد اولیه، نمونه در امتداد Y, X, Z ، به ترتیب $1, a, b$ باشد، با تغییر l استرین در سه راستا از رابطه زیر حاصل خواهد شد:

$$\begin{aligned} \epsilon_1 &= \frac{\Delta l}{L_0} \\ \epsilon_2 &= \frac{\Delta a}{a} = -\nu_2 \epsilon_1 \\ \epsilon_3 &= \frac{\Delta b}{b} = -\nu_3 \epsilon_1 \end{aligned}$$

که در این رابطه ν_2 و ν_3 ضرایب پواسون هستند. در یک ماده ایزوتروپ این دو کمیت با هم برابرند [۱۳]. بنابراین

بالا [۱۸]، نارسایی‌های قلبی (به ویژه شریان کرونری) [۲۶]، دیابت [۹] و وزن کم نوزاد [۲۱]، تغییر می‌کند. در مطالعات دیگر، تاثیر تجویز هورمون به زنان یائسه [۲۳] و مردان مسن [۲۷] بر عملکرد آندوتلیوم مورد بررسی قرار گرفته است.

فلوی خون نیرویی را به آندوتلیوم اعمال می‌کند که به آن استرس همودینامیک برشی (Hemodynamic shear stress) گویند. این محرک مکانیکی باعث آزاد شدن اکسید نیتریک (NO) از آندوتلیوم شده و موجب اتساع عروق می‌شود [۲۰] و [۲۴]. امروزه قطر شریان بازویی تحت تاثیر محرک جریان (Hyperaemia) در ارزیابی عملکرد آندوتلیوم شریان مورد استفاده قرار گرفته است.

عوامل محرک جریان خون به دو صورت فعال و غیرفعال ایجاد می‌شود. هیپریمیای فعال در واقع پاسخ به افزایش فعالیت متابولیک (ورزش) است [۱۹]، درحالی که هیپریمیای غیرفعال توسط انسداد رگ حاصل خواهد شد. با توجه به افزایش استرس برشی (shear stress) در هر دو حالت هیپریمیا، موجب تغییر قطر شریان ناشی از فلوی خون می‌شود. بررسی هیپریمی غیرفعال شریان بازویی برای ارزیابی تغییرات عملکرد آندوتلیوم در جمعیت‌ها و سنین مختلف با استفاده از تغییرات قطر ناشی از هیپریمی بطور وسیعی مورد توجه قرار گرفته است [۳۵، ۳۳، ۳، ۱] و [۶۳]. Wendelhag و همکارانش [۳۶] و Agewall و همکارانش [۴] حساسیت تغییرات قطر شریان بازویی افراد مسن ورزشکار را با هیپریمی غیرفعال شریان، افزایش دادند. در تحقیق دیگری که توسط Gaenger و همکارانش [۱۵] بر روی تغییرات قطر عروق افراد سیگاری و غیر سیگاری صورت گرفت، این نتیجه حاصل شد که عملکرد آندوتلیوم ناشی از انسداد خارجی در افراد سیگاری نسبت به افراد غیر سیگاری که ورزش می‌کردند، کمتر است اما اختلاف معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد. علاوه بر این Gaenger و همکارانش [۱۵] گزارش کردند که یک همبستگی معنی داری بین اتساع شریان فمورال ناشی از ورزش با اتساع ناشی از انسداد خارجی در شریان بازویی وجود دارد. بنابراین تاثیر هیپریمی غیر فعال از لحاظ تغییرات نسبی قطر شریان، مشابه هیپریمی غیر فعال است. لذا به نظر می‌رسد بررسی تغییرات اتساع عروق ناشی از هیپریمی غیرفعال و هیپریمی فعال بوسیله اندازه‌گیری تغییرات قطر می‌تواند به عنوان یک شاخص در عملکرد آندوتلیوم مطرح گردد. در مطالعه حاضر،

فشارسنج مچی (Germany, Microlife) با دقت ± 3 میلی مترجیوه، اندازه‌گیری و ثبت گردید. برای بررسی تاثیر انسداد شریان، ابتدا تصاویر فراصوتی شریان بازویی چپ افراد در محل ۳-۵ سانتی متر بالاتر از آرنج بدون اعمال هر گونه انسداد خارجی ثبت گردید. سپس کاف مسدود کننده شریان در محل یک سوم فوقانی بازو بسته شد و به مدت ۵ دقیقه، شریان بازویی تحت فشار ۲۰۰ میلی مترجیوه قرار گرفت. ۱ دقیقه پس از حذف انسداد، تصاویر فراصوتی ثبت گردید.

جهت ثبت اطلاعات فراصوتی، سیستم اولتراسوند (GElogic 500MD, Linear array, 7.5MHz, USA)، با پروب آرایه خطی، فرکانس مرکزی ۹ مگاهرتز و فاصله کانونی ۴ سانتی متر، توسط برد واسط (Video- Videoblaster Snazzi*1, VCD Master HQ, Singapore) کامپیوتر شخصی متصل شد. بدین ترتیب امکان ثبت فریم‌های متوالی (۳۰ فریم در ثانیه) و استخراج اطلاعات به صورت off line فراهم گردید. با استفاده از تصاویر فراصوتی، حداکثر قطر شریان در فاز سیستول و حداقل قطر شریان در انتهای دیاستول برحسب میلی متر اندازه‌گیری شد. برای کاهش خطا، بررسی در سه سیکل قلبی صورت گرفت و میانگین گزارش گردید. براساس تعریف استرین شعاعی، درصد استرین شعاعی شریان بازویی در دو حالت بدون انسداد و با انسداد خارجی همراه با پارامتر FMD گزارش شد.

در فاز دوم، برای استخراج محل انسداد شریان و دستیابی به حداکثر استرین شعاعی شریان بازویی، ابتدا انسداد خارجی به میزان ۲۰۰ میلی متر جیوه به مدت ۵ دقیقه در محل یک سوم فوقانی بازو اعمال شد و پارامتر استرین شعاعی بازویی در محل یک سوم تحتانی بازو (۳-۵ سانتی متر از محل آرنج)، ۱ دقیقه پس از رهایی از انسداد برآورد گردید. در مرحله بعد، ناحیه میانی ساعد تحت شرایط انسدادی یکسان قرار گرفت و مجدداً فریم‌های متوالی فراصوتی از مقطع طولی شریان بازویی ثبت و پس از پردازش تصاویر در سه سیکل قلبی، پارامتر استرین شعاعی و FMD برآورد گردید.

آنالیز آماری و برآورد نمونه: پارامتر درصد استرین شعاعی شریان بازویی چپ برای مرحله اول و دوم برآورد شد و با نرم افزار آماری SPSS (USA, CH) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

می‌توان کرنش را در امتداد محوری که حداکثر قدرت تفکیک و نیز حداکثر تغییرات ابعادی را داراست و در راستای انتشار امواج صوتی نیز می‌باشد، اندازه‌گیری نمود. لذا در مطالعه حاضر با توجه به تغییر قطر الاستیک دیواره شریان ناشی از استرس دینامیک، امکان برآورد استرین شعاعی وجود دارد. برای تخمین استرین شعاعی شریان، ابتدا می‌بایست تغییرات لحظه‌ای قطر شریان $\Delta d(t)$ اندازه‌گیری شود.

در مطالعه حاضر برای حصول تغییرات قطر شریان، حداکثر قطر شریان در فاز پیک سیستول $d_s(t)$ و حداقل قطر در انتهای فاز دیاستول $d_d(t)$ ، توسط سیستم اولتراسوند اندازه‌گیری می‌شود. سپس با توجه به تغییر نسبی قطر شریان، پارامتر استرین شعاعی $\epsilon_r(t)$ برآورد می‌گردد:

$$\epsilon_r(t) = \frac{\Delta d(t)}{d_d}$$

که d_d حداقل قطر شریان در انتهای فاز دیاستول است.

در این مطالعه برای بررسی پاسخ اتساع پذیری شریان بازویی به افزایش استرین برشی ناشی از هیپرمیای غیر فعال، پارامتر اتساع پذیری بر پایه جریان (FMD: flow mediated dilation) به فرم زیر تعریف نمودیم که در واقع ناشی از توانایی آندوتلیوم عروق در تولید اکسید نیتریک (عامل اتساع عروق) است:

$$FMD = \frac{\epsilon_r(Stress) - \epsilon_r(Re st)}{\epsilon_r(Re st)} \times 100$$

که $\epsilon_r(Stress)$ و $\epsilon_r(Re st)$ به ترتیب استرین شعاعی شریان در حالت اعمال هیپرمیای غیر فعال و بدون آن است.

افراد مورد مطالعه: برای بررسی رفتار بیومکانیکی شریان بازویی تحت انسداد خارجی و مقایسه آن با حالت بدون انسداد، شریان بازویی چپ سه مرد سالم با میانگین سنی 26 ± 1 سال، مورد مطالعه قرار گرفت. در فاز دوم برای بررسی تاثیر موقعیت کاف مسدود کننده شریان بر استرین شعاعی شریان بازویی، ده مرد سالم با میانگین سنی 26 ± 2 سال، تحت بررسی قرار گرفتند. افراد سالم مورد مطالعه، غیرسیگاری و بدون سابقه قلبی-عروقی [۲۵ و ۳۴] بودند.

پروتکل آزمون: پس از ثبت مشخصات فردی و رضایت کامل افراد مورد مطالعه، ابتدا ۱۵-۱۰ دقیقه قبل از آزمون در وضعیت خوابیده قرار گرفتند تا ضربان قلب و فشار خون آنها به وضعیت پایدار برسد. سپس فشار خون افراد توسط سیستم

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های شریان بازویی چپ در حالت عادی و با انسداد خارجی ۲۰۰ میلی مترجیوه همراه با فشارهای سیستول و دیاستول شریان بازویی

وضعیت بررسی	میانگین ± انحراف معیار حداکثر قطر سیستول (d _s : mm)	میانگین ± انحراف معیار قطر انتهایی دیاستول (d _d : mm)	میانگین ± انحراف معیار فشار سیستول (mmHg)	میانگین ± انحراف معیار فشار دیاستول (mmHg)
بدون انسداد	۴/۱۱±۰/۳۹	۳/۹۵±۰/۳۶	۱۲۶/۰۰±۵/۰۰	۷۶/۰۰±۱۳/۰۰
با انسداد (۲۰۰ mmHg)	۳/۹۸±۰/۳۳	۳/۵۱±۰/۳۳	۱۲۷/۲۳±۱۳/۴۳	۷۶/۸۰±۱۴/۰۳

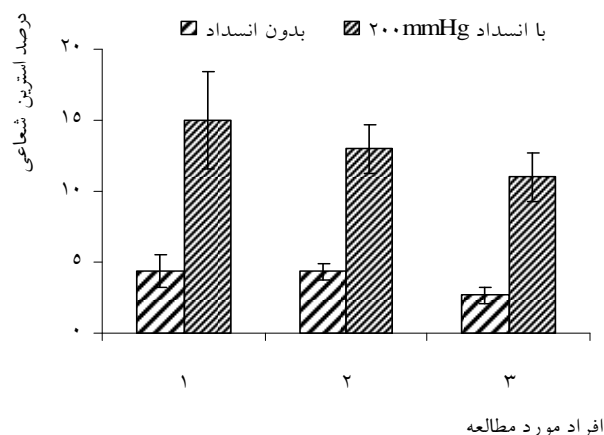
ابتدا اطلاعات در هر گروه به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد و سپس جهت مقایسه تاثیر انسداد خارجی بر رفتار بیومکانیکی شریان، تست آماری Independent sample t-test انجام گرفت. برای بررسی موقعیت بهینه کاف با بیشترین اندازه پارامتر استرین شعاعی از Paired t-test استفاده گردید. در کل پروتکل‌های آزمون، ضریب پراکندگی محاسبه شد. پس از مطالعه راهنما، تعداد نمونه با ۹۵ درصد اطمینان و توان آزمون ۸۰ درصد، برای هر گروه برآورد شده است.

یافته‌ها

در مرحله اول، تغییرات قطر شریان بازویی چپ مردان سالم در دو وضعیت انسداد ناحیه فوقانی (۲۰۰ میلی مترجیوه، مدت ۵ دقیقه و بررسی سونوگرافیک شریان بازویی ۱ دقیقه بعد از رفع انسداد) و بدون انسداد تحت بررسی B-mode قرار گرفت و درصد استرین شعاعی شریان هر دو گروه در سه سیکل قلبی و سه بار اندازه گیری، برآورد گردید. در جدول ۱، میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های قطر شریان همراه با فشارهای سیستول و دیاستولی افراد مورد مطالعه آمده است. در این مرحله، میانگین ضرایب پراکندگی در شرایط بدون انسداد و با انسداد به ترتیب ۱۷ و ۲۱ درصد حاصل شد.

بررسی آماری پارامترهای حداکثر قطر سیستول و قطر انتهایی دیاستول در دو وضعیت انسداد با آنالیز Independent sample t-test نشان می‌دهد که تمایز معنی داری میان حداکثر قطر شریان در فاز سیستول (p=۰/۵۴) وجود ندارد، لکن تمایز معنی داری میان حداقل قطر شریان در فاز دیاستول (P=۰/۰۴) و تغییر قطر شریان (p=۰/۰۰) در دو وضعیت عادی و با انسداد وجود دارد. در شکل ۱ میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی در دو وضعیت عادی و

انسداد شریان بازویی افراد پس از سه بار اندازه‌گیری برای هر فرد و بررسی سه سیکل قلبی، مقایسه شده است. بررسی رفتار بیومکانیکی شریان، ۱ دقیقه پس از برداشت انسداد نشان می‌دهد که پارامتر استرین شعاعی حدود ۳/۵ برابر افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از آنالیز آماری Independent sample t-test استرین شعاعی با سطح اطمینان ۹۵٪ نیز نشان می‌دهد که تمایز معنی داری میان دو گروه مورد بررسی وجود دارد (p<< ۰/۰۵). برآورد پارامتر FMD حاکی از افزایش ۱۲۷ درصد اتساع پذیری در حضور هیپریمیا بوده است. در مرحله دوم، برای بررسی تاثیر محل انسداد بر مشخصه‌های فیزیکی شریان بازویی چپ افراد، دو ناحیه یک سوم فوقانی بازو و میانی ساعد، به ترتیب با اعمال فشار ۲۰۰ میلی مترجیوه و به مدت ۵ دقیقه توسط کاف مسدود شد. ۱ دقیقه بعد از خالی شدن کاف، شریان بازویی تحت بررسی B-mode قرار گرفته و با استخراج مشخصات شریان، پارامتر مقادیر استرین شعاعی شریان برآورد گردید. میانگین ضریب پراکندگی در هنگام انسداد شریان کاف در



شکل ۱- میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی سه فرد مورد بررسی در دو وضعیت عادی و اعمال فشار ۲۰۰ میلی‌متر جیوه در ناحیه یک سوم فوقانی بازو (هر آزمون سه بار و برای سه سیکل قلبی، یک دقیقه پس از حذف انسداد تکرار شده است).

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های شریان بازویی چپ پس از انسداد خارجی ۲۰۰ میلی مترجیوه همراه با فشارهای سیستول و دیاستول شریان در دو وضعیت انسداد

محل انسداد شریان (فشار ۲۰۰ میلی متر جیوه)	میانگین \pm انحراف معیار حداکثر قطر سیستول (d _s : mm)	میانگین \pm انحراف معیار قطر انتهایی دیاستول (d _d : mm)	میانگین \pm انحراف معیار فشار سیستول (mmHg)	میانگین \pm انحراف معیار فشار دیاستول (mmHg)
یک سوم فوقانی بازو	۴/۴۰ \pm ۰/۴۷	۳/۹۴ \pm ۰/۴۴	۱۲۷ \pm ۱۳	۷۷ \pm ۱۱
میان ساعد	۴/۲۴ \pm ۰/۳۴	۴/۰۴ \pm ۰/۳۸	۱۲۱ \pm ۱۱	۷۴ \pm ۱۳

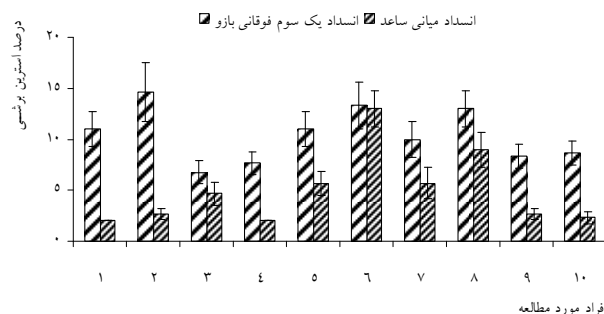
بحث

آندوتلیوم یک لایه سلولی است که سطح داخلی دیواره عروق را می‌پوشاند. اما همین لایه ساده می‌تواند اختصاصات مکانیکی عروق خونی را در حضور عوامل متسع کننده تغییر دهد و بر طنین (tone)، ساختمان و رشدگر اثر بگذارد [۲۰ و ۲۴]. افزایش جریان خون که می‌تواند ناشی از ورزش و یا ناشی از انسداد عروق باشد، موجب افزایش استرس برشی و در نتیجه آزاد شدن برخی ترکیبات شیمیایی از آندوتلیوم و بدنبال آن تغییر قطر و اتساع شریان می‌شود [۲۰ و ۲۴]. بسیاری از محققین تغییر قطر سیستول شریان‌های محیطی مانند شریان بازویی را بعنوان یک شاخص در عملکرد آندوتلیوم معرفی کرده اند. چنانچه Takasie و همکارانش [۳۲] ارتباط قوی میان تغییرات قطر در شریان بازویی با عملکرد نامناسب آندوتلیوم شریان کرونری پیدا کردند. Anderson و همکارانش [۵] تغییرات قطر کمتر از ۳ درصد شریان بازویی را نشان دهنده عملکرد نامناسب آندوتلیوم عروق کرونری دانستند. Enderle و همکارانش [۱۴] انجام آنژیوگرافی شریان کرونری در مواردی که تغییر قطر شریان بازویی کمتر از ۴/۵ درصد است، ضروری دانستند. نکته مهم در

یک سوم فوقانی بازو و در هنگام انسداد میان ساعد به ترتیب، ۱۶ و ۱۷ درصد حاصل شد. در جدول ۲، میانگین و انحراف معیار پارامترهای فشار سیستول (mmHg)، فشار دیاستول (mmHg) افراد مورد مطالعه همراه با حداکثر قطر شریان در فاز سیستول (mm) و حداقل قطر شریان در فاز دیاستول (mm) آمده است.

بررسی آماری پارامترهای حداکثر قطر سیستول و قطر انتهایی دیاستول در دو وضعیت انسداد با آنالیز Paired t- test نشان می‌دهد که تمایز معنی داری میان حداکثر قطر شریان در فاز سیستول ($p=0/01$)، حداقل قطر شریان در فاز دیاستول ($P=0/00$) و تغییر قطر شریان ($p=0/00$) در دو وضعیت انسداد وجود دارد. بررسی فشار سیستول شریان پس از انسداد، تمایز معنی داری میان دو وضعیت انسداد را نشان می‌دهد ($p=0/00$). در شکل ۲ میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی در دو وضعیت اعمال انسداد برای ده مرد سالم با سه بار اندازه‌گیری برای هر فرد و بررسی سه سیکل قلبی، مقایسه شده است.

میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی در دو وضعیت انسداد فوقانی بازو و میانی ساعد به ترتیب ۱۰/۴۴ \pm ۲/۶۳ و ۴/۹۷ \pm ۳/۶۱ درصد برآورد شد. بررسی درصد استرین شعاعی افراد مورد مطالعه با آنالیز آماری Paired t- test با سطح معنی داری ۹۵ درصد نیز نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری میان دو وضعیت انسداد شریان وجود دارد ($p < 0/05$). بطوری که ۳۳ درصد افزایش تغییرات نسبی قطر شریان بازویی در شرایط انسداد ناحیه یک سوم فوقانی بازو نسبت به انسداد ناحیه میانی بازو ملاحظه شد. پارامتر FMD در این پروتکل نیز حاکی از افزایش اتساع پذیری شریان بازویی به میزان ۱۷۴ و ۳۲ درصد به ترتیب در شرایط اعمال هیپرمیای غیرفعال در ناحیه فوقانی بازو و میانی ساعد است.



شکل ۲- میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی ده فرد مورد بررسی در دو وضعیت اعمال فشار شامل ناحیه یک سوم فوقانی بازو و میانی ساعد با اعمال فشار ۲۰۰ میلی مترجیوه، به مدت ۵ دقیقه (هر آزمون سه بار و برای سه سیکل قلبی، یک دقیقه پس از حذف انسداد تکرار شده است).

شعاعی برای دستیابی به تغییرات بیومکانیکی محسوس شریان پیشنهاد می‌شود.

بررسی پارامتر FMD معرفی شده در مطالعه حاضر نیز، موید اثر انسداد بر افزایش فعالیت بیومکانیکی شریان است. از آن جایی که انسداد در ناحیه فوقانی بازو نسبت به انسداد ناحیه میانی ساعد، وسعت بیشتری را دچار ایسکمی موقت می‌کند که می‌تواند منشا متابولیک یا میوژنیک داشته باشد. بنابراین شاید بتوان بالاتر بودن استرین شعاعی و نیز پارامتر FMD در هنگام انسداد شریان در ناحیه فوقانی بازو نسبت به ناحیه میانی بازو را به افزایش وسعت ایسکمی موقت در انسداد ناحیه فوقانی بازو و موثر بودن عوا مل دیگر (میوژنیک) همراه با اکسید نیتریک (عامل موثر اتساع عروق) در مقایسه با شرایط انسداد ناحیه میانی نسبت داد. نتایج بدست آمده از FMD معرفی شده در مطالعه حاضر با نتایج FMD حاصل از مبنای قطر توسط Peretz و همکارانش که بیانگر بالاتر بودن این شاخص در انسداد ناحیه فوقانی بازو نسبت به ناحیه میانی ساعد است، مطابقت دارد [۲۸].

نتیجه‌گیری می‌شود که با انسداد خارجی شریان، استرین شعاعی شریان بازویی افزایش می‌یابد. در ادامه مطالعه، نتایج حاکی از افزایش معنی دار استرین شعاعی شریان بازویی در شرایط انسداد ناحیه فوقانی شریان نسبت به انسداد ناحیه میانی ساعد است.

بر اساس نتایج این مطالعه، نگارندگان مقاله قصد دارند مقدار فشار بهینه، زمان بهینه اعمال فشار و نیز زمان بررسی شریان پس از رهایی از استرس برآورد نموده سپس پروتوکل اجرایی بهینه را برای تشخیص بیماران مبتلا به آترواسکلروز به کار بندند.

منابع

- [1] Agewall S, Doughty RN, Bagg W, Whalley GA, Braatvedt G, Sharp N, Comparison of ultrasound assessment of flow-mediated dilation in the radial and brachial artery with upper and forearm cuff positions. *Clin Physiol* 21 (2001) 9-14.
- [2] Agewall S, Hulthe J, Fagerberg B, Gottfridsson B, Wikstrand J, Post-occlusion brachial artery vasodilation

بررسی کار محققین دیگر نیز اندازه‌گیری تغییر قطر شریان پس از انسداد خارجی است که نتایج قطر شریان دارای ضریب پراکندگی بین مقادیر ۱/۵ تا ۵۰ درصد [۳، ۱۱، ۱۷ و ۳۱] متغیر حاصل شده است. شاید دلیل این امر وجود روش‌های متفاوت اندازه‌گیری تغییرات قطر شریان باشد.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که شرایطی مانند فشار خون، دیابت و حتی بالا بودن کلسترول موجب کاهش اتساع پذیری شریان و افزایش سفتی شریان می‌شود. برای اندازه‌گیری فراصوتی تغییرات قطر شریان، روش‌های B-scan، M-mode و روش ردیابی اکو مورد نظر بوده است [۱۶]. مقایسه سه روش فوق نشان می‌دهد که روش ردیابی اکو، قدرت تفکیک بالاتری در حد میکرون دارد، لکن در اندازه‌گیری‌های غیرمتوالی نتایج B-scan بهتر خواهد بود. لذا در مطالعه حاضر، تصاویر B-mode مورد بررسی قرار گرفت.

یکی از مشکلات اساسی روش‌های اندازه‌گیری تغییرات قطر شریان، نوع سیستم اندازه‌گیر و معرفی پارامتر مناسب جهت نمایش رفتار بیومکانیکی شریان است. لذا ارزیابی درصد استرین شعاعی شریان بازویی به عنوان معیار بررسی و مقایسه پیشنهاد شد. در این مطالعه، ابتدا اثر انسداد خارجی و در مرحله بعد محل استقرار انسداد بر استرین شعاعی شریان بازویی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل در مرحله اول نشان داد که تمایز معنی داری میان پارامتر استرین شعاعی در دو حالت بدون استرس و با استرس وجود دارد، بطوریکه پارامتر استرین شعاعی شریان بازویی با اعمال استرس ۲۰۰ میلی متر جیوه، حدود ۳/۵ برابر بیش از شرایط عادی بدون استرس بوده است. بررسی محل انسداد و تاثیر آن بر تغییرات نسبی قطر شریان بازویی نیز نشان داد که با اعمال انسداد ۲۰۰ میلی متر جیوه در محل یک سوم فوقانی بازو و میانی ساعد پارامتر استرین شعاعی شریان به ترتیب $۱۰/۴۴ \pm ۲/۶۳$ و $۴/۹۷ \pm ۳/۶۱$ درصد خواهد بود که ۳۳ درصد افزایش استرین شعاعی شریان بازویی در شرایطی که انسداد در ناحیه یک سوم فوقانی بازو است، ملاحظه گردید. افزایش قطر سیستول شریان در شرایط استقرار انسداد در ناحیه یک سوم فوقانی بازویی با نتایج محققین دیگر [۲۶، ۷، ۱۲ و ۳۰] مطابقت دارد، لکن امکان تمایز تغییر رفتار آندوتلیوم را با تمایز بالایی فراهم نمی‌سازد. لذا در این مطالعه، پارامتر درصد استرین

- [13] Dunn F, Tonaka M, Ohtsuki S, Sajio Y. *Ultrasonic tissue characterization*. New York: Springer, 1996; p. 67-99.
- [14] Enderle MD, Schroeder S, Ossen R, Meisner C, Baumbach A, Haering HU, Karsch KR, Pfohl M, Comparison of peripheral endothelial dysfunction and intimal media thickness in patients with suspected coronary artery disease. *Heart* 80 (1998) 349-354.
- [15] Gaenger H, Neumary G, Marschang P, Sturm W, Kirchmair R, Patsch JR, Flow-mediated vasodilation of the femoral and brachial artery induced by exercise in healthy no smoking and smoking men. *J Am Coll Cardiol* 38 (2001) 1313-1319.
- [16] Gamble G, Zorn J, Sanders G, MacMahon S, Sharpe N, Estimation of arterial stiffness, compliance, and distensibility from M-mode ultrasound measurements of the common carotid artery. *Stroke* 25 (1994) 11-16.
- [17] Hardie K, Kinlay S, Hardy D, Wlodarczyk J, Silberg J, Fletcher P, Reproducibility of brachial ultrasonography and flow-mediated dilatation (FMD) for assessing endothelial function. *Aust NZ J Publ Heal* 27 (1997) 649-652.
- [18] Hayoz D, Weber R, Rutschmann B, Post-ischemic blood flow response in hypercholesterolemic patients. *Hypertension* 26 (1995) 479-502.
- [19] Hornig B, Maier V, Drexler H, Physical training improves endothelial function in patients with chronic heart failure. *Circulation* 93 (1996) 210-214.
- [20] Kaen L, Berry R, Andrew P, Skyrme J, Meredith IT, Occlusion cuff position is an important determinant of human brachial artery flow-mediated dilation. *Clin Sci* 99 (2000) 261-267.
- [21] Leeson CP, Whincup PH, Cook DG, Flow-mediated dilation in 9 to 11 year old children: The influence of intrauterine and childhood factors. *Circulation* 96 (1997) 2233-2238.
- [22] Lekakis J, Papamichael C, Vemmos C, Stamatelopoulos K, Voutsas A, Stamatelopoulos S, Effects of acute smoking on endothelium-dependent arterial dilatation in normal subjects. *Am J Cardiol* 81 (1998) 1225-1228.
- [23] McCrohon J, Adams M, McCredie R, Hormone replacement therapy is associated with improved arterial physiology in healthy post-menopausal women. *Clin Endocrinol* 45 (1996) H821-H825.
- [24] Moens AL, Goovaerts I, Claeys MJ, Vrints CJ, Flow-mediated vasodilation: A diagnostic instrument, or an after ischaemic handgrip exercise is nitric oxide mediated. *Clin Physiol Funct* 22 (2002) 18-23.
- [3] Aeschlimann SE, Mitchell CK, Korcarz CE, Ultrasound brachial artery reactivity testing: technical consideration. *J Am Soc Echocardiog* 17 (2004) 697-699.
- [4] Anderews T, Whitney E, Green G, Kalenian R, Personius B, Effect of gemfibrozil +/- niacin +/- chestyramine on endothelial function in patients with serum low-density lipoprotein cholesterol levels <40 mg/dl. *Am J Cardiol* 80 (1997) 831-835.
- [5] Anderson TJ, Uehata A, Gerhard MD, Meredith IT, Knab S, Delagrang D, Lieberman EH, Ganz P, Creage MA, Yeung AC, Close relation of endothelial function in the human coronary and peripheral circulations. *J Am Coll Cardiol* 26 (1995) 1235-1241.
- [6] Berry KL, Skyrme-Jones RA, Meredith IT, Occlusion cuff position is an important determinant of the time course and magnitude of human brachial artery flow-mediated dilation. *Clin Sci* 99 (2000) 261-267.
- [7] Betick AC, Luckham VB, Hughson RL, Flow-mediated dilation in human brachial after differrent circulatory occlusion conditions. *Am J Physiol-Heart C* 286 (2004) H442-H448.
- [8] Celermajer DS, Sorensen KE, Georgakopoulos D, Smoking is associated with dose-related and potentially reversible impairment of endothelium-dependent dilation in healthy young adults. *Circulation* 18 (1993) 2149-2155.
- [9] Clarkson P, Celermajer DS, Donald AE, Impaired vascular reactivity in insulin-dependent diabetes mellitus is related to disease duration and low density lipoprotein cholesterol levels. *J Am Coll Cardiol* 28 (1996) 573-579.
- [10] Correti MC, Plotnic GD, Vogel RA, The effects of age and gender on brachial artery endothelium-dependent vasoactivity are stimulus-dependent. *Clin Cardiol* 18 (1995) 471-476.
- [11] Deroose N, Bots M, Katan M, Replacement of dietary saturated fatty acids by trans-fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arterioscl Throm Vas* 80 (1998) 394-354.
- [12] Doshi SN, Naka KK, Payne N, Jones CJ, Ashton M, Lewis MJ, Flow-mediated dilatation following wrist and upper arm occlusion in humans: The contribution of nitric oxide. *Clin Sci* 101 (2001) 629-635.

- carotid plaque: a cross-sectional study from the population based Northern Manhattan Study. *BMC Cardiovasc Disord* 6 (2006) 35-41.
- [31] Sorensen K, Celermajer D, Spiegelhalter D, Georgakopoulos D, Robinson J, Thomas O, Deanfield J, Non-invasive measurement of human endothelium dependent arterial responses: accuracy and reproducibility. *Heart* 74 (1995) 247-253.
- [32] Takasa B, Uehata A, Endo T, Shihramoto M, Harasasawa Y, Takeshihta A, Role of nitric oxide in reactive hyperemia in human forearm vessels. *Circulation* 82 (1998) 1535-1537.
- [33] Uehata A, Lieberman EH, Gerhad MD, Noninvasive assessment of endothelium-dependent flow-mediated dilation of the brachial artery. *Vasc Med* 2 (1997) 87-92.
- [34] Vertes A, Endothelium-dependent and independent vasodilation in young males with previous myocardial infarction. *J Cardiol* 6 (2003) 73-76.
- [35] Vogel RA, Measurement of endothelial function by brachial artery flow-mediated vasodilation. *Am J Cardiol* 88 (2001) 31E-34E.
- [36] Wendelhag I, Fagerberg B, Wikstrand J, Adding ischaemic hand exercises the flow-mediated dilation in the ultrasound studies of endothelial function. *Clin Physiol* 19 (1999) 279-283.
- experimental. *Chest* 127 (2005) 2254-2263.
- [25] Mokhtari-Dizaji M, Nikanjam N, Babapoor B, Estimation of elastic modulus, stiffness distensibility, compliance and young modulus in atherosclerosis human common carotid artery. *Ir Heart J* 4 (2003) 68-74.
- [26] Neunteufl T, Katzenschlager R, Hassan A, Systemic endothelial dysfunction is related to the extent systemic endothelial dysfunction is related to the extent and severity of coronary artery disease. *Atherosclerosis* 129 (1997) 111-118.
- [27] New G, Timmins KL, Duffy KL, Long-term estrogen therapy improves vascular function in male to female trans-sexuals. *J Am Coll Cardiol* 29 (1997) 1437-1444.
- [28] Peretz A, Leotta DF, Sullivan JH, Trenga CA, Sands FN, Aulet MR, Paun M, Gill EA, Kaufman JD, Flow mediated dilation of the brachial artery: an investigation of methods requiring further standardization. *BMC Cardiovasc Disord* 7 (2007) 11-18.
- [29] Pyke KE, Tschakovsky ME, The relationship between shear stress and flow-mediated dilation: Implications for the assessment of endothelial function. *J Physiol* 582 (2005) 357-369.
- [30] Rundek T, Hundle R, Ratchford E, Ramas R, Sciacca R, Tullio M, Boden-Albala B, Miyake Y, Elkind M, Sacco RL, Homma S, Endothelial dysfunction is associated with