

اللَّهُمَّ  
إِبْرَاهِيمَ  
بِئْسَ الْبَشَرُ



دانشگاه تربیت مدرس  
دانشکده علوم پزشکی

رساله

دوره دکتری تخصصی (Ph.D.) در رشته فیزیک پزشکی

عنوان

تأثیر کاف مسدود کننده شریان بر تمایز رفتار الاستیک شریان رادیال سالم و مبتلا به آترواسکلروز در طول سیکل قلبی با استفاده از بررسی تصاویر اولتراسونوگرافی داپلر

نگارش

مهرآور رفعتی رحیم زاده

استاد راهنما

دکتر منیژه مختاری دیزجی

استاد مشاور

دکتر هژیر صابری

زمستان ۱۳۸۸

## آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی

### دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

**نام و نام خانوادگی:**

**تاریخ و امضاء**

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه رساله دکتری نگارنده در رشته فیزیک پزشکی است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم دکتر منیژه مختاری دیزجی، مشاوره جناب آقای دکتر هژیر صابری از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب مهرآور رفعتی دانشجوی رشته فیزیک پزشکی مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم به:

روح بزرگ پدرم ، مادر مهربان و برادران

تقدیر و تشکر:

سپاس بیکران خداوند یکتا را که توفیق اتمام مقطعی دیگر از تحصیلات دانشگاهی را به اینجانب عطا فرمود. اینک به لطف خداوند متعال این دوه تحصیلی را پایان رسانده ام برخورد فرض می دانم از همه عزیزانی که در مراحل مختلف انجام این پژوهش، متحمل زحمت گردیده اند، صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

از سرکارخانم دکتر منیژه مختاری دیزجی به عنوان استاد راهنما و جناب آقای دکتر هژیر صابری به عنوان استاد مشاور، که در مدت زمان تحقیق از هر گونه راهنمایی، ارشاد و مساعدت دریغ نورزیدند و تمامی این دفتر مرهون امعان نظر دقیق این سروران است، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم و توفیق روز افزون آن ها را از درگاه ایزد منان خواهانم.

از زحمات بی دریغ کلیه پرسنل بخش های سونوگرافی و آنژیوگرافی مرکز تصویربرداری بیمارستان امام که در طول این پروژه همواره یار و مددکار اینجانب بوده اند تشکر و قدردانی می نمایم.

از تمامی دوستانی که به نوعی در تهیه این رساله، این حقیر را یاری نموده اند آقایان: دکتر حسین چگینی، دکتر حسن مولادوست، دکتر هادی حسن زاده، دکتر حسین مهرداد، دکتر امیر بهرامی، دکتر علی شهبواری، دکتر محمد نقدی، دکتر هیوا گل پیرا، دکتر علیداد کرمی، دکتر ایرج ضاربان، دکتر فائز دین پرستی و دکتر مهدی رحمانی و خانم ها: دکتر طاوس رحمانی، مهندس محبوبه علم الهدی، مهناز وزیری و خدیجه حبیبی تشکر و قدردانی دارم. از خداوند متعال توفیق روزافزون همه این بزرگواران را خواستارم.

مهرآور رفعتی رحیم زاده

زمستان ۸۸

## چکیده

**مقدمه و اهداف:** بیماری های قلبی - عروقی یکی از دلایل مرگ و میر در جهان است. یکی از عوامل شایع منجر به بیماری های قلبی - عروقی آترو اسکلروز شریان ها است. امروزه ارزیابی غیر تهاجمی پارامترهای بیومکانیکی به دلیل افزایش اتساع پذیری شریان با استفاده از روش های فراصوتی و در شرایط هیپرمی مورد توجه محققین است. در مطالعه حاضر پس از استخراج پروتوکل اجرایی اعمال هیپرمی در افراد سالم، رفتار الاستیک شریان بازویی افراد سالم و مبتلا به آترواسکلروز در دو راستای شعاعی و طولی در شرایط اعمال هیپرمی غیرفعال و بدون آن برآورد می شود. در ادامه تأثیر هیپرمی غیرفعال در پیش بینی تمایز گروه های سالم و مبتلا به آترواسکلروز مقایسه خواهد شد.

**مواد و روش ها:** در مطالعه حاضر برای استخراج پروتوکل اجرایی اعمال هیپرمی با حداکثر استرین شعاعی و حداکثر تغییرات سرعت جریان خون، ۱۰ مرد سالم با میانگین سنی  $40 \pm 2$  سال مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از تأثیر معنی دار هیپرمی در رفتار بیومکانیکی شریان بازویی در شرایط انسداد ۱۵۰ میلی متر جیوه به مدت ۵ دقیقه ناحیه فوقانی شریان بازویی است. در این مطالعه زمان بهینه بررسی رفتار شریان ۴۵ تا ۶۰ ثانیه پس از رهایی از انسداد پیشنهاد شد. ابتدا تصاویر B-mode و داپلر شریان بازویی با ۳۰ فریم در ثانیه و در طول سه سیکل قلبی و در شرایط اعمال هیپرمی و بدون آن، ذخیره و برای اندازه گیری off line به کامپیوتر شخصی منتقل شد. سپس برای استخراج پارامترهای فیزیکی پایه در راستای شعاعی شریان بازویی از تصاویر متوالی فراصوتی، نرم افزار تخمین حرکت برای اندازه گیری تغییرات شعاعی دیواره شریان و تغییرات ضخامت دیواره بر اساس الگوریتم ماکزیمم گرادیان طراحی و کالیبره شد. در ادامه برای تخمین حرکت طولی دیواره شریان، نرم افزار تخمین حرکت بر اساس الگوریتم تطبیق بلوک طراحی و کالیبره شد. در این مطالعه پارامترهای بیومکانیکی در دو راستای شعاعی و طولی شریان بازویی ۹۰ مرد با میانگین سنی  $55 \pm 12$  سال در سه گروه شریان کاروتید سالم، شریان کاروتید مبتلا به تنگی کمتر از ۵۰ درصد و شریان کاروتید مبتلا به تنگی بیش از ۵۰ درصد در شرایط اعمال هیپرمی و بدون آن برآورد شد. برای بررسی تمایز میان گروه ها از آزمون آماری آنالیز واریانس استفاده شد. پس از بررسی گروه ها با آزمون تحلیلی آنالیز تشخیص، حساسیت و ویژگی روش بر اساس پارامترهای فیزیکی و بیومکانیکی برآورد شد.

**نتایج:** در بررسی شریان بازویی چپ پارامترهای استرین شعاعی، FMD، استرس های محیطی ماکزیمم، مینیمم و میانگین، مدول الاستیک محیطی، فلوی ماکزیمم، مینیمم و میانگین، استرس های برشی ماکزیمم، مینیمم و میانگین، استرین برشی و مدول برشی تخمین زده شد. آنالیز آماری با استفاده از آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف معنی داری از نظر پارامترهای فیزیکی و مکانیکی در حضور هیپرمی نسبت به عدم حضور آن میان سه گروه مردان سالم، مبتلا به تنگی آترواسکلروتیک کم تر از ۵۰ درصد و بیش از ۵۰ درصد وجود دارد. توابع تشخیص حاصل از آنالیز تشخیص بر اساس پارامترهای فیزیکی و مکانیکی نشان داد که با بررسی مدول برشی می توان با صحت تشخیصی ۹۰ درصد گروه های مورد بررسی را متمایز نمود.

**نتیجه گیری:** با استخراج پارامترهای بیومکانیکی در شرایط اعمال هیپرمی امکان تمایز گروه های مبتلا به آترواسکلروز و سالم با حساسیت و ویژگی بالاتری وجود دارد.

کلمات کلیدی: امواج فراصوتی، خواص بیومکانیکی، رفتار الاستیک، هیپرمی، شریان بازویی، آترواسکلروز

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه، کلیات و مروری بر مطالعات انجام شده.....
۲	۱-۱. مقدمه.....
۸	۲-۱. کلیات.....
۸	۳-۱. سیستم گردش خون.....
۸	۱-۲-۱. خون.....
۱۰	۱-۱-۲-۱. عروق خونی.....
۱۱	۳-۱-۲-۱. همودینامیک سیستم گردش خون.....
۱۲	۲-۲-۱. پارامترهای فیزیکی و مکانیکی شریان.....
۱۲	۱-۲-۲-۱. اتساع پذیری و کامپلیانس.....
۱۲	۲-۲-۲-۱. فلوی حجمی خون.....
۱۴	۱-۲-۲-۲-۱. جریان خون: جریان لایه ای، جریان آشفته.....
۱۵	۲-۲-۲-۲-۱. روابط میان فشار، جریان و مقاومت.....
۱۵	۳-۲-۲-۲-۱. فشار خون.....
۱۶	۱-۳-۲-۲-۲-۱. رابطه میان فشار و فلو حجمی.....
۱۷	۴-۲-۲-۱. مقاومت در مقابل جریان خون.....
۱۸	۳-۲-۱. بیماری آترواسکلروز و ریسک فاکتورهای مربوط به آن.....
۱۹	۴-۲-۱. اهمیت بررسی سفتی شریان.....
۲۰	۱-۴-۲-۱. شاخص های مربوط به سفتی شریان.....
۲۰	۱-۴-۲-۱. ضریب الاستیسیته.....
۲۵	۲-۱-۴-۲-۱. استرس محیطی.....
۲۷	۳-۱-۴-۲-۱. استرس برشی.....
۳۰	۵-۲-۱. هیپریمی.....
۳۱	۱-۵-۲-۱. مکانیسم تولید اکسید نیتریک (NO).....
۳۳	۳-۱. مروری بر مطالعات انجام شده.....
۴۴	۴-۱. بیان مسئله و اهمیت موضوع.....
۴۷	۵-۱. اهداف پژوهش.....
۴۷	۶-۱. فرضیات پژوهش.....



۴۸	فصل دوم : مواد و روش ها
۴۹	۱-۲. مواد و سایل
۴۹	۱-۱-۲. سیستم سونوگرافی
۵۱	۲-۱-۲. آنژیوگرافی
۵۱	۳-۱-۲. دستگاه فشار سنج مچی
۵۱	۴-۱-۲. دستگاه فشار سنج بازویی
۵۲	۵-۱-۲. کامپیوتر شخصی
۵۲	۶-۱-۲. نرم افزارهای مورد استفاده
۵۲	۱-۶-۲. برنامه اول: فریم کردن تصاویر دوبعدی B-mode و Doppler
۵۳	۲-۶-۱-۲. برنامه اندازه گیری قطر
۵۳	۱-۲-۶-۱-۲. تئوری روش
۶۰	۲-۲-۶-۱-۲. اعتبارسنجی برنامه تخمین تغییرات لحظه ای دیواره قدامی، خلفی و قطر شریان
۶۱	۳-۲-۶-۱-۲. نتایج حاصل از اعتبار سنجی برنامه اندازه گیری لحظه ای قطر شریان
۶۱	۴-۲-۶-۱-۲. نتایج حاصل از اعتبار سنجی برنامه اندازه گیری لحظه ای ضخامت اینتیمای شریان
۶۶	شریان
۶۹	۳-۶-۱-۲. برنامه سوم: تخمین استرین طولی دیواره شریان
۶۹	۱-۳-۶-۱-۲. تئوری روش
۷۱	۲-۳-۶-۱-۲. اجرای برنامه اندازه گیری تغییرات طولی دیواره شریان
۷۳	۳-۳-۶-۱-۲. اعتبار سنجی برنامه اندازه گیری جابجایی طولی
۷۸	۴-۶-۱-۲. نرم افزار SPSS
۷۸	۵-۶-۱-۲. نرم افزار EXCEL
۷۸	۶-۶-۱-۲. نرم افزار Image Tools
۷۸	۷-۶-۱-۲. نرم افزار Minitab
۷۸	۷-۱-۲. افراد مورد مطالعه
۷۹	۱-۷-۱-۲. انتخاب افراد گروه سالم
۷۹	۲-۷-۱-۲. انتخاب بیماران مورد مطالعه
۸۰	۲-۲. روش ها
۸۱	۱-۲-۲. استخراج پروتکل بهینه
۸۵	۲-۲-۲. اندازه گیری استرین شعاعی
۸۵	۳-۲-۲. ضخامت اینتیمای-مدیا
۸۵	۴-۲-۲. اندازه گیری فشار سیستول و دیاستول رادیال و بازویی
۸۶	۵-۲-۲. استرس محیطی
۸۶	۶-۲-۲. مدول الاستیک

۸۶	..... استرین طولی ۷-۲-۲
۸۷	..... دیاستول و سرعت میانگین ۸-۲-۲ اندازه گیری حداکثر سرعت جریان خون در فاز سیستول، سرعت جریان خون در انتهای
۸۸	..... اندازه گیری سطح مقطع و فلوی حجمی ۹-۲-۲
۸۹	..... استرس برشی ۱۰-۲-۲
۸۹	..... مدول برشی ۱۱-۲-۲
۸۹	..... گشاد شدگی ناشی از فلو ۱۲-۲-۲
۹۰	..... تجزیه و تحلیل آماری ۱۳-۲-۲

### فصل سوم: نتایج ..... ۹۳

۹۴	..... ۱-۳. برآورد فشار شریان بازویی از فشار شریان رادیال
۹۹	..... ۲-۳. نتایج مربوط به استخراج پروتکل آزمون
۱۱۱	..... ۳-۳. نتایج مطالعات آزمون
۱۱۲	..... ۱-۳-۳. نتایج مطالعات حداکثر قطر سیستول، قطر انتهای دیاستول، قطر میانگین، استرین شعاعی و FMD
۱۱۵	..... ۲-۳-۳. نتایج استخراج ضخامت اینتیمای شریان بازویی در فاز های سیستول، دیاستول و میانگین ضخامت
۱۱۷	..... ۳-۳-۳. نتایج استرس محیطی ماکزیمم، مینم و میانگین
۱۲۰	..... ۴-۳-۳. نتایج مربوط به مدول الاستیک محیطی
۱۲۹	..... ۵-۳-۳. نتایج استرین برشی
۱۲۵	..... ۶-۳-۳. نتایج مربوط به سرعت ماکزیمم سیستول، سرعت ابتدایی دیاستول، سرعت بعد از مرحله اولیه دیاستول، سرعت انتهای دیاستول و سرعت میانگین
۱۲۸	..... ۷-۳-۳. نتایج فلوی ماکزیمم، فلوی مینم و فلوی میانگین شریان بازویی چپ
۱۳۱	..... ۸-۳-۳. نتایج مربوط به استرس برشی ماکزیمم، مینم و میانگین شریان بازویی چپ
۱۳۴	..... ۹-۳-۳. نتایج مدول برشی
۱۳۵	..... ۴-۳. آنالیز تشخیص
۱۳۶	..... ۱-۴-۳. بررسی آنالیز تشخیص استرین شعاعی و FMD
۱۳۷	..... ۲-۴-۳. بررسی آنالیز تشخیص استرس محیطی ماکزیمم در حضور هیپرمی
۱۳۹	..... ۳-۴-۳. بررسی آنالیز تشخیص مدول الاستیک محیطی در حضور هیپرمی
۱۴۰	..... ۴-۴-۳. بررسی آنالیز تشخیصی استرس برشی ماکزیمم، استرس برشی مینم پس از هیپرمی
۱۴۲	..... ۵-۴-۳. بررسی آنالیز تشخیص مدول الاستیک برشی پس از هیپرمی

۱۴۴	فصل چهارم: بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۴۵	۱-۴. بحث
۱۶۴	۲-۴. نتیجه گیری
۱۶۶	۳-۴. پیشنهادات
۱۶۷	فهرست منابع
۱۸۹	فهرست ضائم
۲۰۱	چکیده انگلیسی

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲. میانگین و انحراف معیار حداکثر قطر شریان در فاز سیستول، حداقل قطر در فاز انتهایی دیاستول شریان کاروتید مشترک و متوسط قطر شریان برحسب میلی متر در هر سیکل قلبی با دو روش دستی و اتوماتیک برای ده مرد سالم.....	۶۳
جدول ۲-۲. میانگین و انحراف معیار حداکثر ضخامت اینتیمای-مدیای (IMT) شریان در فاز انتهایی دیاستول، حداقل ضخامت اینتیمای-مدیا در فاز سیستول و متوسط ضخامت اینتیمای-مدیا در شریان کاروتید مشترک چپ برحسب میلی متر در هر سیکل قلبی با دو روش دستی و اتوماتیک برای ده مرد سالم.....	۶۶
جدول ۲-۳. میانگین و انحراف معیار حداکثر جابجایی طولی شریان ، حداقل جابجایی طولی شریان کاروتید مشترک چپ و متوسط جابجایی طولی برحسب میلی متر در سه سیکل قلبی با دو روش دستی و اتوماتیک برای ده مرد سالم.....	۷۵
جدول ۲-۴. مشخصات مردان سالم و بیماران آترواسکلروز مورد بررسی.....	۸۰
جدول ۱-۳. تابع رگرسیون برای برآورد فشار سیستول و فشار دیاستول شریان بازویی برحسب میلی متر جیوه از فشار سیستول و دیاستول شریان بازویی.....	۹۷
جدول ۲-۳. میانگین و انحراف معیار فشار سیستول و فشار دیاستول شریان بازویی برحسب میلی متر جیوه در سه سیکل قلبی و در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد.....	۹۸
جدول ۳-۳. درصد افزایش فشار سیستول و فشار دیاستول شریان بازویی چپ در حضور کاف مسدود کننده شریان نسبت به عدم حضور کاف در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و بالای ۵۰ درصد.....	۹۹
جدول ۳-۴. میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های شریان بازویی در حالت عادی و با انسداد خارجی ۲۰۰ میلی متر جیوه همراه با فشارهای سیستول و دیاستول شریان بازویی.....	۱۰۰
جدول ۳-۵. میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های بازویی چپ پس از انسداد خارجی ۲۰۰ میلی متر جیوه همراه با فشارهای سیستول و دیاستول شریان در دو وضعیت انسداد در یک سوم فوقانی بازو و ناحیه میانی ساعد.....	۱۰۲

جدول ۳-۶. میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های شریان بازویی چپ در حالت عادی و با ۵ دقیقه انسداد خارجی ۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر جیوه با بازه‌های فشاری ۵۰ میلی متر جیوه، همراه با فشارهای سیستول و دیاستول شریان. اطلاعات ۶۰ ثانیه پس از رهایی از انسداد ثبت شده است.....۱۰۴

جدول ۳-۷. میانگین و انحراف معیار حداکثر سرعت سیستولی و سرعت قبل از مرحله آخر دیاستول شریان بازویی چپ در حالت عادی و با انسداد خارجی ۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر جیوه با بازه‌های فشاری ۵۰ میلی متر جیوه.....۱۰۵

جدول ۳-۸. میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های شریان بازویی چپ در حالت عادی و با انسداد ۱۵۰ میلی متر جیوه به مدت انسداد ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه کاف، همراه با فشارهای سیستول و دیاستول شریان. اطلاعات ۶۰ ثانیه پس از رهایی از انسداد ثبت شده است.....۱۰۷

جدول ۳-۹. میانگین و انحراف معیار حداکثر سرعت سیستولی و سرعت دیاستول شریان بازویی چپ ۶۰ ثانیه پس از رهایی از انسدادهای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه انسداد ۱۵۰ میلی متر جیوه.....۱۰۸

جدول ۳-۱۰. میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های شریان بازویی چپ با ۵ دقیقه انسداد خارجی ۵۰ میلی متر جیوه در زمان‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ ثانیه بعد از رهایی از انسداد همراه با فشارهای سیستول دیاستول شریان قبل و بعد از انسداد آمده است.....۱۰۹

جدول ۳-۱۱. میانگین و انحراف معیار حداکثر سرعت سیستولی و سرعت بعد از مرحله اولیه دیاستول شریان بازویی چپ با ۵ دقیقه انسداد خارجی ۱۵۰ میلی متر جیوه در زمان‌های ۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ ثانیه بعد از رهایی از انسداد.....۱۱۰

جدول ۳-۱۲. میانگین و انحراف معیار حداکثر قطر در فاز سیستول ( $d_s$ )، قطر در انتهای دیاستول ( $d_d$ )، قطر میانگین ( $d_{mean}$ )، درصد استرین شعاعی  $\epsilon_r(t)$  و درصد FMD برای سه گروه با شریان‌های سالم، شریان با تنگی زیر ۵۰ درصد و شریان با تنگی بالای ۵۰ درصد در شرایط عدم حضور و حضور هیپرمی .....۱۱۳

جدول ۳-۱۳. درصد تغییرات استرین شعاعی در حضور کاف نسبت به عدم کاف در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد نشان می‌دهد.....۱۱۴

جدول ۳-۱۴. میانگین و انحراف معیار ضخامت اینتیمای مدیای دیواره خلفی شریان بازویی چپ در فازهای سیستول و دیاستول و نیز ضخامت میانگین در سه سیکل قلبی و برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد.....۱۱۶

جدول ۳-۱۵. میانگین و انحراف معیار استرس محیطی ماکزیمم، مینیمم و میانگین شریان بازویی چپ در طول سه سیکل قلبی و برای سه گروه سالم، با تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد..... ۱۱۸

جدول ۳-۱۶. تغییرات استرس محیطی حداکثر، استرس محیطی حداقل و استرس محیطی میانگین شریان بازویی چپ در حضور کاف نسبت به عدم حضور کاف در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و بالای ۵۰ درصد..... ۱۲۰

جدول ۳-۱۷. میانگین و انحراف معیار مدول الاستیک محیطی شریان بازویی چپ در سه سیکل قلبی و برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد تنگی بالای ۵۰ درصد..... ۱۲۱

جدول ۳-۱۸. تغییرات مدول الاستیک محیطی (برحسب کیلو پاسکال) شریان بازویی چپ در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و بالای ۵۰ درصد در حضور کاف نسبت به هنگام عدم حضور کاف..... ۱۲۲

جدول ۳-۱۹. میانگین و انحراف معیار جابجایی طولی حداکثر، جابجایی طولی حداقل، میانگین جابجایی طولی برحسب میلی متر و استرین برشی برحسب رادیان در شریان بازویی چپ در طول سه سیکل قلبی برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد در شرایط حضور و عدم حضور هیپرمی..... ۱۲۳

جدول ۳-۲۰. درصد تغییرات استرین برشی شریان بازویی چپ در حضور کاف نسبت به عدم حضور کاف در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و بالای ۵۰ درصد..... ۱۲۴

جدول ۳-۲۱. میانگین و انحراف معیار سرعت حداکثر سیستول، سرعت ابتدایی دیاستول، سرعت بعد از مرحله اولیه دیاستول، سرعت انتهای دیاستول و سرعت میانگین شریان بازویی چپ در سه سیکل قلبی برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد در شرایط بدون هیپرمی و پس از اعمال هیپرمی..... ۱۲۶

جدول ۳-۲۲. درصد تغییرات افزایشی سرعت حداکثر در فاز سیستول، سرعت در انتهای دیاستول و سرعت میانگین شریان بازویی چپ پس از هیپرمی نسبت به شرایط بدون هیپرمی در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد..... ۱۲۸

جدول ۳-۲۳. میانگین و انحراف معیار فلوی ماکزیمم، فلوی مینیمم و فلوی میانگین شریان بازویی چپ در سه سیکل قلبی برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد در شرایط بدون هیپرمی و بعد از هیپرمی..... ۱۲۹

جدول ۳-۲۴. درصد تغییرات افزایشی فلوی ماکزیمم، فلوی مینیمم و فلوی میانگین شریان بازویی چپ پس از هیپرمی نسبت به پیش از هیپرمی در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد..... ۱۳۱

جدول ۳-۲۵. میانگین و انحراف معیار استرس برشی ماکزیمم، استرس برشی مینیمم و استرس میانگین شریان بازویی چپ در سه سیکل قلبی برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد قبل از هیپرمی و پس از آن..... ۱۳۲

جدول ۳-۲۶. درصد تغییرات افزایشی استرس برشی ماکزیمم، استرس برشی مینیمم و استرس برشی میانگین شریان بازویی چپ قبل از هیپرمی و پس از آن در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و بالای ۵۰ درصد..... ۱۳۳

جدول ۳-۲۷. میانگین و انحراف معیار مدول برشی شریان بازویی چپ در سه سیکل قلبی برای سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد قبل از اعمال هیپرمی و پس از آن..... ۱۳۴

جدول ۳-۲۸. درصد تغییرات افزایشی مدول برشی شریان بازویی چپ پس از هیپرمی نسبت به قبل از هیپرمی در سه گروه سالم، تنگی زیر ۵۰ درصد و تنگی بالای ۵۰ درصد..... ۱۳۵

جدول ۳-۲۹. نتایج آنالیز تشخیص و آماره آزمون با استفاده از پارامترهای درصد استرین شعاعی در شرایط پس از هیپرمی و درصد FMD مورد بررسی در شریان بازویی چپ..... ۱۳۶

جدول ۳-۳۰. نتایج آنالیز تشخیص و آماره آزمون با استفاده از پارامترهای استرس محیطی ماکزیمم برحسب کیلو پاسکال در حضور هیپرمی در شریان بازویی چپ..... ۱۳۸

جدول ۳-۳۱. نتایج آنالیز تشخیص و آماره آزمون با استفاده از پارامترمدول الاستیک محیطی شریان بازویی چپ برحسب کیلو پاسکال پس از اعمال هیپرمی..... ۱۳۹

جدول ۳-۳۲. نتایج آنالیز تشخیص و آماره آزمون با استفاده از پارامترهای استرس برشی ماکزیمم و استرس برشی مینیمم شریان بازویی چپ برحسب پاسکال پس از هیپرمی..... ۱۴۱

جدول ۳-۳۳. نتایج آنالیز تشخیص و آماره آزمون با استفاده از پارامتر مدول برشی شریان بازویی چپ برحسب پاسکال پس از هیپرمی..... ۱۴۲

جدول ۴-۱. ضریب همبستگی کانونیکال، درصد طبقه بندی صحیح، ویژگی، حساسیت ۱ و حساسیت ۲ کلیه پارامترهای برآورد شده در شریان بازویی چپ..... ۱۶۵

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱. ساختار جداره شریان .....	۱۱
شکل ۱-۲. قسمتی از یک سیال که با سرعت میانگین $\bar{V}$ از لوله ای به سطح مقطع A عبور کند.....	۱۳
شکل ۱-۳. با تغییر شعاع لوله، سرعت سیال طوری تغییر می کند که Q1 و Q2 برابر شود.....	۱۳
شکل ۱-۴. سیالی که با سرعت $V^m$ از داخل لوله ای به شعاع R و طول L تحت اختلاف فشار P1 - P2 می گذرد.....	۱۶
شکل ۱-۵. سطح A، حجم مورد نظر را که به دو قسمت I و II تقسیم می کند به طوری که هر دو حجم تحت تاثیر نیروهای خارجی (سطحی) در حال تعادل است .....	۲۱
شکل ۱-۶. سه بردار تنش روی سطح محورها در نقطه O.....	۲۳
شکل ۱-۷. شمایی از استرس محیطی وارد بر دیواره شریان.....	۲۶
شکل ۱-۸. پروفایل سرعت در لوله های استوانه ای با آهنک های برش متفاوت .....	۲۷
شکل ۱-۹. شیب نمودار سرعت .....	۲۸
شکل ۱-۱۰. شمایی از استرس برشی.....	۲۹
شکل ۱-۱۱. مکانیسم های مختلف تولید NO .....	۳۲
شکل ۱-۲ (الف) شمایی از شریان کاروتید سالم در B-mode و (ب) شریان کاروتید مشترک با پلاک آترواسکلروتیک.....	۵۰
شکل ۲-۲. در این جا به طور نمونه دوازده فریم متوالی مستخرج از فیلم سونوگرافی نمایش داده شده است. فاصله زمانی بین فریم ها ۳۳ میلی ثانیه و تصاویر تقریباً از ۲ سانتی متری قبل از دو شاخه شدن شریان کاروتید مشترک چپ و با آهنک ۳۰ فریم در ثانیه گرفته شده است .....	۵۳
شکل ۲-۳. نمونه نقاط مرجع که در سطر بالایی و پایینی انتخاب می شود.....	۵۴



- شکل ۲-۴ قرار دادن نقاط پایه در وسط لایه اینتیما- مدیا ..... ۵۵
- شکل ۲-۵ روند نمای برنامه تخمین حرکت دیواره شریان ..... ۵۷
- شکل ۲-۶ انتخاب محدوده طولی مورد بررسی در قسمت میانی لومن شریان کاروتید (این محدوده در اولین فریم مربوط به سه سیکل قلبی با تقریباً ۹۰ فریم متوالی انتخاب می‌شود) ..... ۵۸
- شکل ۲-۷ نقاط نشانه‌گذاری شده در دیواره قدامی و خلفی شریان کاروتید چپ ..... ۵۹
- شکل ۲-۸ نمونه نحوه اجرای برنامه بر روی ۹۰ فریم‌های متوالی با زمان اجرای ۲۴/۴۰۶۵ ثانیه. .... ۵۹
- شکل ۲-۹ نتایج استخراج اتوماتیک تغییرات الف) دیواره قدامی و ب) دیواره خلفی شریان کاروتید مشترک چپ. در هر دو شکل حرکت پررنگ دیواره شریان در طول تقریباً سه سیکل قلبی مشهود است ..... ۶۱
- شکل ۲-۱۰ تغییرات لحظه‌ای قطر شریان کاروتید برحسب میلی متر که به صورت اتوماتیک (خط پر) و دستی (نقطه چین) در سه سیکل قلبی مقایسه شده است. در این مطالعه فاصله زمانی فریم ها ۳۳ میلی ثانیه است. .... ۶۲
- شکل ۲-۱۱ الف) همبستگی میان قطر لحظه‌ای شریان کاروتید مشترک اندازه‌گیری شده به روش اتوماتیک و اندازه‌گیری به روش دستی ب) نمودار Bland-Altman با ۹۵ درصد توافق ..... ۶۵
- شکل ۲-۱۲ الف) نمونه ای از تغییرات لحظه‌ای ضخامت اینتیما - مدیای شریان کاروتید چپ برحسب میلی متر که به صورت اتوماتیک (خط پر) و دستی (نقطه چین) در سه سیکل قلبی مقایسه شده است. در این مطالعه فاصله زمانی فریم ها ۳۳ میلی ثانیه است. ب) همبستگی میان ضخامت اینتیما - مدیا لحظه‌ای شریان کاروتید مشترک چپ اندازه‌گیری شده به روش اتوماتیک و به روش دستی ج) نمودار Bland-Altman با ۹۵ درصد توافق ..... ۶۸
- شکل ۲-۱۳ نمای از تطبیق بلوکی ..... ۷۰
- شکل ۲-۱۴ بلوک‌های تعیین شده در دیواره خلفی شریان کاروتید چپ مبتلا به پلاک ..... ۷۱
- شکل ۲-۱۵ نحوه اجرای برنامه بر روی فریم‌های متوالی ..... ۷۲
- شکل ۲-۱۶ نحوه اجرای برنامه بر روی فریم‌های متوالی ..... ۷۳
- شکل ۲-۱۷ نمونه‌ای از نتایج استخراج اتوماتیک جابجایی طولی دیواره خلفی شریان کاروتید مشترک چپ یک فرد با استفاده از نرم‌افزار پیشنهادی بر اساس الگوریتم Block matching

خط توپر) و مقایسه آن با روش دستی (نقطه چین) (محور افقی شماره فریم ها و محور عمودی جابجایی طولی برحسب میلی متر و رزولوشن زمانی ۳۳ میلی ثانیه است ..... ۷۴

شکل ۲-۱۸ الف) همبستگی میان جابجایی طولی شریان کاروتیدم مشترک چپ اندازه‌گیری شده به روش اتوماتیک با اندازه‌گیری به روش دستی ب) نمودار Bland-Altman با ۹۵ درصد توافق ..... ۷۷

شکل ۲-۱۹ الف) تصاویر B-mode شریان بازویی را قبل از هیپرمی، ب) بعد از هیپرمی، ج) تصاویر داپلر قبل از هیپرمی و د) بعد از هیپرمی را نشان می‌دهد (شریان بازویی تحت انسداد ۲۰۰ میلی متر جیوه، به مدت ۵ دقیقه و زمان بررسی ۶۰ ثانیه بعد از رهایی از انسداد است) ۸۴

شکل ۲-۲۰ الف) طیف داپلر جریان خون قبل از هیپرمی ب) بعد از هیپرمی ج) تقسیمات سرعت جریان خون در طیف داپلر شریان بازویی چپ (Vs، Vd-early، Vd-late و Vd-end) به ترتیب سرعت در فاز سیستول، مرحله ابتدایی، مرحله بعد از مرحله اولیه و مرحله انتهایی در فاز دیاستول است ..... ۸۸

شکل ۳-۱ الف) وب نتایج حاصل از آنالیز همبستگی، رگرسیون خطی و آنالیز Bland-Altman میان فشار سیستول شریان رادیال چپ و شریان بازویی چپ، ج و د- فشار دیاستول شریان رادیال چپ و فشار دیاستول شریان بازویی چپ ..... ۹۵

شکل ۳-۲ میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی در دو وضعیت عادی و اعمال فشار ۲۰۰ میلی جیوه در ناحیه یک سوم فوقانی بازو با ۵ دقیقه انسداد و ۶۰ ثانیه پس از رهایی از انسداد (هر آزمون برای سه سیکل قلبی، یک دقیقه پس از حذف انسداد تکرار شده است) .. ۱۰۱

شکل ۳-۲ میانگین و انحراف معیار درصد استرین شعاعی در دو وضعیت عادی و اعمال فشار ۲۰۰ میلی جیوه در ناحیه یک سوم فوقانی بازو با ۵ دقیقه انسداد و ۶۰ ثانیه پس از رهایی از انسداد (هر آزمون برای سه سیکل قلبی، یک دقیقه پس از حذف انسداد تکرار شده است) .. ۱۰۳

## فصل اوّل

مقدمه، کلیات و مروری

برمطالعات انجام شده

## ۱-۱. مقدمه

یکی از شایع ترین علل مرگ و میر، بیماری‌های قلبی و عروقی می‌باشد. به طوری که در ایالات متحده آمریکا بیش از ۵۷ میلیون نفر مبتلا به انواع مختلف بیماری‌های قلبی- عروقی گزارش شده است. مرکز بهداشت و سلامت جهانی هزینه‌ای حدود ۱۵۹ میلیارد دلار را در کل جهان، صرف بیماری‌های قلبی- عروقی می‌کند [۱].

یکی از عوامل شایع منجر به بیماری‌های قلبی بروز آترواسکلروز<sup>۱</sup> در عروق است. آترواسکلروز عمدتاً در عروق کاروتید<sup>۲</sup> و به دنبال آن در عروق محیطی تر مانند فمورال<sup>۳</sup> و بازویی<sup>۴</sup> دیده می‌شود. لذا تعیین صحیح‌ترین روش تشخیص ضایعات آترواسکلروتیک اهمیت به سزایی دارد. روش مزبور باید حداقل عارضه را داشته، شانس وقوع سکته در حین بررسی با آن در حد صفر بوده و دارای هزینه کمتر و دقت بالا باشد [۱]. آنژیوگرافی عروق به عنوان روش استاندارد طلایی برای بررسی ضایعات شریانی به خصوص آترواسکلروز از سوی پزشکان مطرح است. آنژیوگرافی عدم مزایایی از جمله تهاجمی بودن، عوارض جراحی و نیز خطر پرتوهای یونیزان را دارد و به عنوان یک ابزار غربالگر

---

<sup>1</sup> Atherosclerosis

<sup>2</sup> Carotid artery

<sup>3</sup> Femoral artery

<sup>4</sup> Brachial artery