

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

**بخش بندی خودکار شریان های کرونری در دنباله تصاویر
رگ نگاری اشعه ایکس**

رساله دکترای مهندسی برق

مریم تقی زاده دهکردی

استادان راهنما

دکتر سعید صدری و دکتر علیمحمد دوست حسینی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

رساله دکترای مهندسی برق خانم مریم تقی زاده دهکردی

تحت عنوان

بخش بندی خودکار شریان های کرونری در دنباله تصاویر رگ نگاری اشعه ایکس

در تاریخ ۹۲/۱۲/۳ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر سعید صدری

۱- استاد راهنمای رساله

دکتر علیمحمد دوست حسینی

۲- استاد راهنمای رساله

پروفسور حمید سلطانیان زاده

۳- استاد مشاور رساله

پروفسور شهره کسایی

۴- استاد داور رساله

دکتر رسول امیرفتاحی

۵- استاد داور رساله

دکتر بهزاد نظری

۶- استاد داور رساله

دکتر محمد علی خسروی فرد

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران یزدان را که در این سالها بیش از همیشه لطف بی پایانش را به من ارزانی داشت و به من توفیق علم آموزی عطا کرد. سپاس فراوان از خانواده عزیزم که در تمامی لحظات زندگی کمک و محبتشان را از من دریغ نکردند و قدردانی از همسرم به خاطر همراهی و دلگرمی هایش.

از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر سعید صدری و جناب آقای دکتر علیمحمد دوست حسینی که با راهنمایی های ارزنده و حمایت های بی دریغشان اینجانب را یاری نمودند، صمیمانه قدردانی می کنم. از جناب آقای پروفیسور حمید سلطانیان زاده که با توجه به مشغله زیاد، زحمت مشاوره این رساله را تقبل کردند کمال تشکر را دارم. از اساتید ارجمند سر کار خانم پروفیسور کسایی، دکتر رسول امیرفتاحی و دکتر بهزاد نظری که زحمت داوری این رساله را برعهده داشتند، تشکر می کنم.

از جناب آقای دکتر محمد هاشمی و پزشکان بخش قلب بیمارستان سینای اصفهان تشکر می کنم که دلسوزانه مرا در تهیه تصاویر به کار برده شده در این رساله و ارزیابی نتایج آن همراهی کردند. در نهایت از دوستان عزیزم به ویژه خانم دکتر شایق و خانم مهندس کیانی به خاطر محبت هایشان و همکارانم آقای مهندس جلال و آقای مهندس نجاتی تشکر فراوان دارم.

مریم تقی زاده دهکردی

فروردین ۱۳۹۳

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این رساله متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

مهربانی و فداکاری های پدر و مادرم

همراهی همسرم و عشق فرزندم

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هشت
فهرست جداول	یازده
فهرست اشکال و نمودارها	یازده
چکیده	۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ آناتومی قلب و شریان های کرونری	۲
۲-۱ بیماری شریان کرونری	۳
۳-۱ تصویر برداری تشخیصی از بیماری شریان کرونری	۴
۱-۳-۱ رگ نگاری اشعه ایکس	۵
۲-۳-۱ رگ نگاری توموگرافی کامپیوتری	۶
۳-۳-۱ تصویر سازی تشدید مغناطیسی	۸
۴-۳-۱ سونوگرافی داخل عروق	۹
۵-۳-۱ توموگرافی نوری همدوس (OCT)	۱۰
۴-۱ مقایسه روش های تصویر برداری	۱۱
۵-۱ اهداف و دستاوردهای رساله	۱۲
۶-۱ ساختار رساله	۱۴

فصل دوم: مروری بر مبانی و روش های پردازش تصاویر رگ نگاری

۱-۲ مقدمه	۱۵
۲-۲ حذف پس زمینه و ارتقاء رگ ها	۱۶
۳-۲ بخش بندی رگ ها	۱۸
۴-۲ سه بعدی کردن	۱۹
۵-۲ تخمین حرکت و دنبال کردن رگ ها در دنباله تصاویر	۲۰
۶-۲ ثبت تصاویر رگ نگاری اشعه ایکس	۲۱
۷-۲ ابزارهای ریاضی برای پردازش تصویر	۲۱
۱-۷-۲ مدل های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (PDE)	۲۱
۱-۷-۲ الف معادله نفوذ	۲۱
۲-۷-۲ مدل های تغییرات	۲۲
۲-۷-۲ الف مدل TV	۲۲
۲-۷-۲ ب مدل ممفورد و شاه	۲۳
۳-۷-۲ ارتباط و کاربرد ابزارهای ریاضی	۲۶

۸-۲ نتیجه گیری ۲۶

فصل سوم: روش پیشنهادی برای بخش بندی رگ ها

۱-۳	مقدمه	۲۷
۲-۳	ارتقاء رگ ها	۲۷
۱-۲-۳	روش مبتنی بر ماتریس هسین	۲۷
۱-۲-۳	الف مدل رگ	۲۸
۱-۲-۳	ب فیلتر آشکارساز رگ	۳۰
۲-۲-۳	DDFB	۳۱
۳-۲-۳	روش مبتنی بر ماتریس هسین جهتی	۳۳
۳-۳	بخش بندی رگ ها	۳۴
۱-۳-۳	مدلهای کانتور فعال وابسته به ناحیه	۳۵
۲-۳-۳	روش پیشنهادی	۳۷
۳-۳-۳	فرمول بندی سطح گذاری	۴۰
۳-۳-۳	الف تابع فاصله علامت دار	۴۱
۳-۳-۳	ب باز آغازی	۴۲
۳-۳-۳	ج تکامل باند باریک سطح گذاری	۴۳
۴-۳-۳	فرمول بندی سطح گذاری روش پیشنهادی	۴۳
۵-۳-۳	پیاده سازی و نتایج عملی	۴۵
۵-۳-۳	الف پیاده سازی	۴۵
۵-۳-۳	ب نتایج عملی	۴۶
۴-۳	نتیجه گیری	۵۴

فصل چهارم: بخش بندی رگ ها در دنباله تصاویر رگ نگاری

۱-۴	مقدمه	۵۶
۲-۴	بخش بندی اهداف در دنباله تصاویر	۵۶
۱-۲-۴	تابع انرژی سراسری	۵۸
۲-۲-۴	تابع انرژی محلی	۵۸
۲-۲-۴	الف تقریب اسپلاین - بی	۵۹
۳-۲-۴	پیاده سازی و نتایج عملی	۶۰
۳-۲-۴	الف تصاویر ساختگی	۶۱
۳-۲-۴	ب نتایج دنباله تصاویر واقعی	۶۳
۳-۴	نتیجه گیری	۶۵

فصل پنجم: انتخاب خودکار

۶۶	۱-۵ مقدمه
۶۷	۲-۵ انتخاب قاب های با تباین بالا
۷۰	۱-۲-۵ حذف آرتیفکتهای در تصاویر رنگ نگاری
۷۰	۱-۲-۵-الف ثبت تصویر
۷۱	۱-۲-۵-ب نفوذ غیر خطی
۷۲	۲-۲-۵ روش پیشنهادی
۷۹	۲-۲-۵-الف روش k-means
۷۹	۲-۲-۵-ب روش طبقه بندی (FCM)
۸۰	۲-۲-۵-ج مقایسه FCM و K-means
۸۰	۲-۲-۵-د نتایج دسته بندی ویژگی ها
۸۱	۳-۵ تعیین حالات حرکت قلب
۸۲	۱-۳-۵ روش پیشنهادی
۸۲	۱-۳-۵-الف انتخاب نقاط کنترلی
۸۳	۱-۳-۵-ب محاسبه جایجایی نقاط کنترلی
۸۵	۱-۳-۵-ج انتخاب ویژگی مناسب برای هر قاب
۸۷	۴-۵ انتخاب قابهای بهینه
۸۸	۵-۵ نتیجه گیری

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۸۹	۱-۶ نتیجه گیری
۹۱	۱-۶ پیشنهادات
۹۳	پیوست
۹۵	مراجع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ - الگوهای ممکن در دو بُعد، بسته به مقدار مقادیر ویژه λ_k	۳۰
جدول ۲-۳: مقایسه کارایی روش های مختلف	۴۷
جدول ۳-۳: کارایی بخش بندی رگ با مدل های کانتور فعال	۴۸
جدول ۴-۳: کارایی بخش بندی رگ با LFF	۴۸
جدول ۵-۳: کارایی بخش بندی رگ با LFF، LMF و TS	۵۴
جدول ۶-۳: کارایی بخش بندی رگ با روش پیشنهادی و برش گراف	۵۴
جدول ۱-۵: خوبی برازش با تابع گاوسی	۷۶
جدول ۲-۵: خوبی برازش با تابع لاپلاسی	۷۶
جدول ۳-۵: تعیین قابهای بهینه در ۱۰ دنباله از تصاویر رگ نگاری	۸۸
جدول پ-۱: مشخصات بیماران و تصاویر	۹۴

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: شریانهای کرونری قلب	۳
شکل ۲-۱: گرفتگی دیواره شریان کرونری	۴
شکل ۳-۱: مرگ سلولهای قلب	۴
شکل ۴-۱: اتاق رگ نگاری	۵
شکل ۵-۱: ورود کمتر از طریق ورید فمورال	۶
شکل ۶-۱: رگ نگاری اشعه ایکس از شریان کرونری چپ. آسیب دیدگی شدید در شریان LAD	۶
شکل ۷-۱: ماشین مدرن و چند زاویه ای CT	۷
شکل ۸-۱: اسکن CT قلب همزمان با اخذ سیگنال ECG	۸
شکل ۹-۱: نمونه ای از روش های مختلف پس پردازش به منظور نمایش شریانهای قلب	۸
شکل ۱۰-۱: مکان و زاویه MRI و تصاویر مربوطه	۹
شکل ۱۱-۱: دستگاه IVUS و نمونه ای از تصاویر آن	۱۰
شکل ۱۲-۱: دستگاه OCT و نمونه ای از تصاویر آن	۱۱
شکل ۱۳-۱: چارچوب خود کار پیشنهادی برای بخش بندی شریانهای کرونری در دنباله تصاویر رگ نگاری اشعه ایکس	۱۳
شکل ۱-۲: تصویر یک صحنه سه بعدی از نقطه دید P	۲۴
شکل ۱-۳: پروفایل برش مقطعی شدت روشنایی سطح خاکستری چند رگ خونی از شبکه چشم	۲۸
شکل ۲-۳: تصویر IO	۲۹
شکل ۳-۳: ساختار DDFB	۳۲
شکل ۴-۳: نمودار تابع برای مقادیر متفاوت	۳۸
شکل ۵-۳: الف تصویر ساختگی. ب سطح مقطع سطر میانی تصویر ساختگی. پ اثر تابع f_r	۳۹
شکل ۶-۳: سطح مقطع تابع $u1$ ، $u2$ و تصویر اولیه	۳۹

- شکل ۳-۷: تابع ضمنی ۴۰
- شکل ۳-۸: مثالی از روش سطح گذاری ۴۲
- شکل ۳-۹: نتایج روش های مختلف روی تصویر ساختگی با نویز ۴۷
- شکل ۳-۱۰: نتایج بخش بندی LFF و LBF با کانتورهای اولیه متفاوت ۴۸
- شکل ۳-۱۱: بخش بندی نتایج روش LFF ۴۹
- شکل ۳-۱۲: روش LFF ۵۰
- شکل ۳-۱۳: تصویر اولیه و نتایج بخش بندی باروش های LFF و LMF، LBF، TS ۵۱
- شکل ۳-۱۴: نتایج بخش بندی LFF با سیگماهای متفاوت و کانتورهای اولیه متفاوت ۵۲
- شکل ۳-۱۵: نتایج بخش بندی LMF با کانتورهای اولیه مختلف با پارامترهای یکسان ν ۵۳
- شکل ۳-۱۶: نتایج LFF و LMF روی تصویر رگ نگاری ۵۳
- شکل ۳-۱۷: تصاویر اولیه و نتایج بخش بندی با برش گراف و روش پیشنهادی ۵۵
- شکل ۴-۱: پیکره بندی شبکه کنترلی Z ۵۹
- شکل ۴-۲: تصاویر ساختگی و نتایج بخش بندی ۶۲
- شکل ۴-۳: تصاویر رگ نگاری و نتایج بخش بندی ۶۴
- شکل ۴-۴: تصاویر رگ نگاری از یک دنباله ۶۵
- شکل ۵-۱: قابهای ۱-۳۵ از دنباله تصاویر d1 ۶۸
- شکل ۵-۲: تصویر سه قاب از دنباله d1 ۶۹
- شکل ۵-۳: هیستوگرام قاب هادر شکل ۵-۲ ۶۹
- شکل ۵-۴: نتایج ثبت یک تصویر رگ نگاری با استفاده از روش پیشنهادی در [۲۷] ۷۱
- شکل ۵-۵: تصویر رگ نگاری و نتایج روش نفوذ غیر خطی ۷۲
- شکل ۵-۶: دامنه تبدیل فوریه زمانی پیکسل (۱۰۰،۱۰۰) ۷۴
- شکل ۵-۷: نمودار فیلتر بالاگذر $H(k)$ بر حسب های مختلف β ۷۵
- شکل ۵-۸: تصاویر اولیه و نتایج اعمال الگوریتم حذف آرتیفکتها ۷۶
- شکل ۵-۹: هیستوگرام قاب های ۴، ۱۴، ۲۴ از دنباله d1 ۷۷
- شکل ۵-۱۰: هیستوگرام های نشان داده شده در شکل (۵-۹) در مقیاس لگاریتمی ۷۷
- شکل ۵-۱۱: نمودار ویژگی تباین برای دنباله d1 و d2 ۷۸
- شکل ۵-۱۲: تفکیک حالات متفاوت قاب ها در دنباله های d1 و d2 ۸۱
- شکل ۵-۱۳: نقاط سبز رنگ نقاط کنترلی قاب ۱۶ و نقاط قرمز رنگ نقاط کنترلی قاب ۱۷ ۸۴
- شکل ۵-۱۴: نمودار حالت حرکت قلب با روش پیشنهادی ۸۵
- شکل ۵-۱۵: تعیین حالت حرکت قلب در دنباله های d1 و d2 ۸۷
- شکل ۵-۱۶: موقعیت قابها بر اساس میزان تباین و حالت حرکت قلب برای دنباله d1 ۸۷
- شکل پ-۱: موقعیت قرار گیری سی آرم نسبت به بیمار ۹۴

چکیده

بیماری شریان کرونری یکی از عوامل اصلی مرگ و میر در دنیاست. علت اصلی بیماری شریان کرونری تصلب شریانه است که در اثر رسوب چربی در دیواره داخلی این شریانها به وجود می‌آید. روش رنگ‌نگاری اشعه ایکس به عنوان استاندارد طلایی برای تشخیص گرفتگی عروق شناخته می‌شود. در طول عمل رنگ‌نگاری، ماده حاجب (عامل تباین) با استفاده از کنتراست به عروق کرونری تزریق می‌شود. به دلیل چگالی و عدد اتمی بالای این ماده، فوتون‌های اشعه ایکس بیشتر از خون و بافت‌ها جذب آن می‌شوند. عامل تباین سبب وضوح رنگ‌های خونی در تصاویر رنگ‌نگاری اشعه ایکس و ایجاد دقت در جزئیات آنها می‌شود. به این ترتیب دنباله‌ای از تصاویر شریانهای کرونری به دست می‌آید که معمولاً شامل دو یا سه دوره از حرکت قلب است. اما در این تصاویر علاوه بر رنگ‌های خونی، ساختارها و بافت‌های دیگر که در معرض تابش اشعه بوده‌اند، نیز در پس‌زمینه در مجاورت رنگ‌ها دیده می‌شوند که فرایند پردازش را مختل می‌سازند. همچنین به علت حرکت قلب و جریان خون، فقط بعضی از این تصاویر در دنباله، درخت رنگ را در بر دارند که در حال حاضر بصورت بصری مشخص می‌شوند. پردازش تصاویر رنگ‌نگاری کرونری اشعه ایکس به دلیل پس‌زمینه پیچیده و حرکت متفاوت اجزاء تصویر، با چالش همراه است. روش‌های موجود یا نیمه خودکار هستند و به دخالت پزشک نیاز دارند، یا دارای دقت مناسبی نیستند و یا از اطلاعات تمام قاب‌ها در فرایند بخش‌بندی استفاده نمی‌کنند. تحقیق حاضر در صدد ایجاد چارچوبی کاملاً خودکار برای استخراج و تحلیل شریانهای کرونری در تصاویر رنگ‌نگاری اشعه ایکس است. در این رساله ابتدا ارتباط متقابل ابزارهای ریاضی مفید مانند معادلات مشتق جزئی و مدل‌های تغییرات بیان می‌شود. سپس از بین آنها مدل ممفورد و شاه برای بخش‌بندی انتخاب می‌شود. نشان داده می‌شود که روش‌های موجود مبتنی بر ممفورد و شاه برای آشکارسازی رنگ‌ها کفایت لازم را ندارند. به همین جهت با توسعه آن تابع انرژی جدیدی با نام برازش ویژگی محلی ارائه می‌شود. به این ترتیب که ابتداء با روشی مناسب احتمال تعلق هر پیکسل به رنگ (و در نتیجه پس‌زمینه) به دست می‌آید و سپس با وارد کردن این ویژگی در معادله ممفورد و شاه، بخش‌بندی انجام می‌گیرد. در مرحله بعد و به منظور دنبال کردن درخت رنگ و بخش‌بندی تصاویر با وضوح کمتر، از اطلاعات بخش‌بندی مربوط به تصاویر با وضوح بیشتر استفاده می‌شود. برای حصول این هدف، تخمین میدان جابجایی رنگ‌ها در این تصاویر در تابع انرژی پیشنهادی برای بخش‌بندی، لحاظ می‌شود. همچنین قابهای بهینه تعریف و روشی برای تعیین خودکار آنها ارائه شده است. در این راستا، ابتداء فرایندی برای برطرف کردن عوارض پس‌زمینه ارائه می‌گردد و سپس با تحلیل هیستوگرام و طبقه‌بندی فازی انتخاب خودکار تصاویر بهینه انجام می‌گیرد. با اعمال روش‌های پیشنهادی روی تصاویر ساخنگی و واقعی، دقت و کارایی آنها بطور کیفی و کمی نشان داده شده است. با انتخاب ۲۰ تصویر از ۱۵ بیمار دقت متوسط استخراج رنگ‌ها توسط الگوریتم بخش‌بندی پیشنهادی، ۰/۹۷۹۶ شده است.

کلمات کلیدی: شریان کرونری، رنگ‌نگاری اشعه ایکس، بخش‌بندی رنگ، تابع انرژی، قابهای بهینه

فصل اول

مقدمه

۱-۱- آناتومی قلب و شریان های کرونری

قلب یک اندام ماهیچه ای است که مسئول پمپ خون به شریان های بدن بوسیله حرکات ضربان دار متناوب است. قلب در بدن انسان ، تقریباً در وسط سینه (مدیاستینوم میانی) کمی متمایل به جلو و طرف چپ قرار دارد. بافت قلب نیز همچون دیگر بافت های بدن نیاز به تغذیه دارد که این وظیفه بر عهده شریانهای کرونری می باشد[۱].

شریانهای کرونری از ابتدای آئورت منشا می گیرند. آئورت، شریان یا سرخرگ اصلی بدن می باشد که از بطن چپ، خون را خارج می سازد. بنابراین آنها اولین شریانهایی هستند که خون حاوی اکسیژن زیاد را دریافت می دارند. همان طور که در شکل ۱-۱ دیده می شود، درخت رگ شامل دو شاخه اصلی به نام شریان کرونری چپ (LCA^۱) و شریان کرونری راست (RCA^۲) می باشد. LCA به دو شاخه اصلی، شریان نزولی جلویی چپ (LAD^۳) و شریان چرخشی چپ (LCX^۴) تقسیم می شود. RCA در شیار بین دهلیزی و نیز بین بطنی خلفی تا دیواره تحتانی قلب پیش می رود. آناتومی دقیق شریانهای کرونری، می تواند نمایش دهنده بازه وسیعی از موقعیت هندسی وابسته به افراد مختلف باشد. این شریانها، باعث خون رسانی به قسمت بیشتر عضله بطن چپ می شوند. بطن چپ دارای عضلات بیشتری نسبت به بطن راست می باشد زیرا وظیفه آن، تلمبه کردن خون به تمام قسمت های بدن است. شریان کرونری راست معمولاً کوچک تر بوده و قسمت زیرین قلب و بطن راست را خون رسانی می کنند. وظیفه بطن راست تلمبه کردن خون به ریه ها می باشد. شریانهای کرونری دارای ساختمانی مشابه تمام شریانهای بدن هستند، با این تفاوت که فقط در زمان بین ضربانهای قلب که قلب در حالت استراحت (دیاستول) قرار دارد، خون در این شریانها جریان

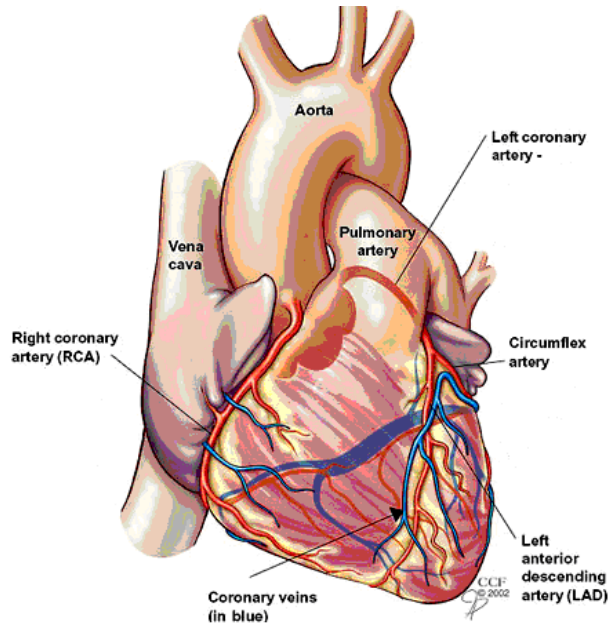
¹ Left Coronary Artery

² Right Coronary Artery

³ Left Anterior Descending

⁴ Left Circumflex

می‌یابد. هر ضربان قلب دو مرحله یا (فاز) دارد: مرحله سیستول یا مرحله انقباض و مرحله دیاستول یا مرحله انبساط. در مرحله انقباض یا سیستول خون به همه اعضاء بدن میرسد.



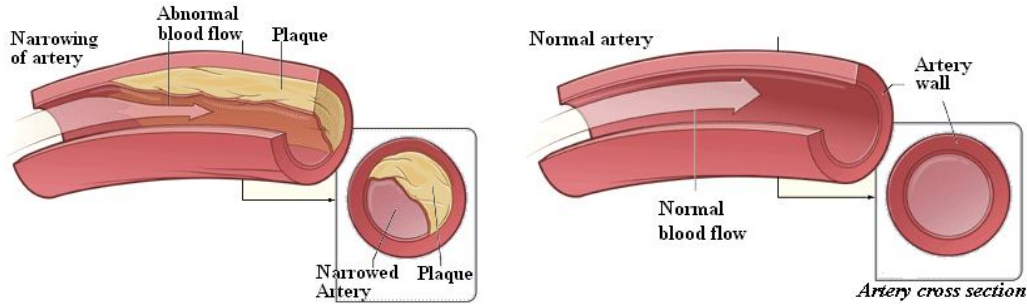
شکل ۱-۱: شریان های کرونری قلب [۱]

۱-۲- بیماری شریان کرونری

علت اصلی بیماری شریان کرونری (CAD^۱) تصلب شریان است که در اثر رسوب چربی در دیواره داخلی این شریان به وجود می‌آید. بر اساس آمار اخیر موسسه سلامت جهانی (WHO^۲) بیماری شریان کرونری، علت اصلی مرگ و میر در دنیا است. حدود ۱۷ میلیون نفر در اثر ابتلا به یکی از انواع این بیماری در سال ۲۰۱۱ جان خود را از دست داده اند [۲]. این بیماری، طیف گسترده‌ای از نارسایی های گذرا در خون رسانی به عضلات قلب تا یک سکته قلبی وسیع و مرگ ناگهانی را شامل می‌شود. سکته قلبی در واقع عبارت از عدم تعادل میان عرضه و تقاضای اکسیژن در عضلات قلب است. در این میان، سختی دیواره شریانهای قلب عامل اصلی ایجاد بیماری شریان کرونری است. در شکل ۱-۲ شریان کرونری قبل و بعد از ایجاد پلاکت نشان داده شده است. این حالت تا حدی در تمام سنین و در هر دو جنس مرد و زن وجود دارد ولی وسعت درگیری افراد با آن به مواردی مثل زمینه ژنتیکی، عوامل خطر ساز و شرایط فردی بستگی دارد. مشکل از آسیب به دیواره داخلی رگ آغاز می‌شود که می‌تواند ناشی از عواملی مانند فشارخون بالا، چربی خون بالا و استعمال سیگار باشد. مجموعه این عوامل، شرایط مساعدی را برای ایجاد لخته در منطقه آسیب دیده، ایجاد می‌کنند که موجب تنگی رگ و نرسیدن خون به عضله قلب خواهد شد و انقباض رگ نیز می‌تواند مزید بر علت شود.

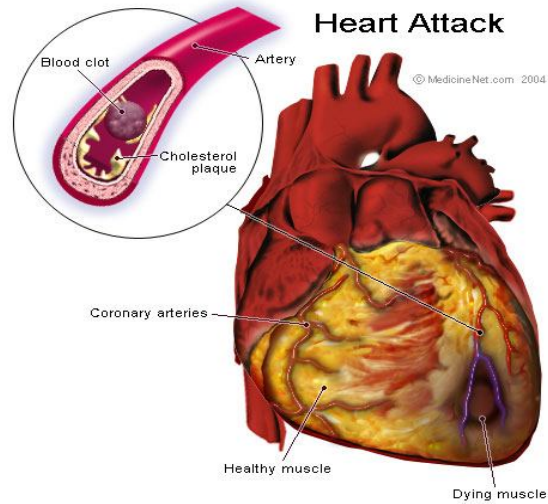
¹ Coronary Artery Disease

² World Health Organization



شکل ۱-۲: گرفتگی دیواره شریان کرونری [۳]

اگر این انسداد ایجاد شده در شریان‌ها تدریجی باشد، رگ‌های فرعی که طی مدت طولانی ساخته می‌شوند، خون‌رسانی به عضله قلب را به عهده می‌گیرند و اگر انسداد، ناگهانی باشد و فرصت تشکیل رگ‌های فرعی وجود نداشته باشد، انسداد رگ می‌تواند آسیب غیرقابل جبرانی به عضله قلب وارد کند (شکل ۱-۳). به همین علت است که بیماری شریان کرونری در افراد جوان خطرناک بوده و مرگ و میر بالایی را در بر دارد.



شکل ۱-۳: مرگ سلول‌های قلب [۴]

۱-۳- تصویر برداری تشخیصی از بیماری شریان کرونری

از نظر کلینیکی، تصویربرداری از کل درخت شریانی کرونری برای تشخیص حالات غیر طبیعی کرونری مانند ارزیابی میزان گرفتگی (رگ‌های باریک شده) و کمک به معالجات متعاقب دارای اهمیت بسزایی است. روش رگ‌نگاری اشعه ایکس به عنوان استاندارد طلایی در تشخیص تنگی عروق تلقی می‌شود. در این روش اطلاعات بصورت دو بعدی بدست می‌آیند. روش‌های سه بعدی مانند CT و MRI هم برای تصویر برداری از شریان‌های کرونری در بعضی از تشخیص‌ها به کار برده می‌شوند. همچنین اخیراً روش‌های IVUS و OCT برای نمایش جزئیات دیواره رگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بخش‌های بعدی به بیان این روش‌ها در تصویر برداری از شریان‌های کرونری می‌پردازیم و نمونه‌هایی از تصاویر بدست آمده از این روش‌ها را نشان می‌دهیم. در پایان به مقایسه مختصر این روش‌ها می‌پردازیم.

۱-۳-۱-رگ نگاری اشعه ایکس

رگ نگاری اشعه ایکس آزمونی با اشعه ایکس از رگ ها و بطنهای قلب است که غالباً برای تشخیص شریانهای کرونری باریک یا مسدود شده انجام می گیرد. همچنین در این روش امکان اندازه گیری مستقیم فشارهای داخل قلب (فشار خون بطنها، دهلیزها و سرخرگ های قلبی و حتی مویرگ های ریوی) وجود دارد. ابتدا بیمار بر روی تختی که مجهز به یک فلورسکوپ سی آرم^۱ و یک دستگاه تصویر برداری اشعه ایکس است قرار می گیرد (شکل ۱-۴). سپس، فلورسکوپ حول قفسه سینه بیمار حرکت می کند و فیلمها و تصاویری از قلب و شریانهای کرونری در زوایای مختلف گرفته می شوند. سی آرم، امکان چرخش همزمان و منطبق تیوب مولد اشعه و سیستم تصویربرداری را ممکن ساخته و از این طریق نمایش نماها تحت هر زاویه ایی حول بیمار را امکان پذیر می سازد.

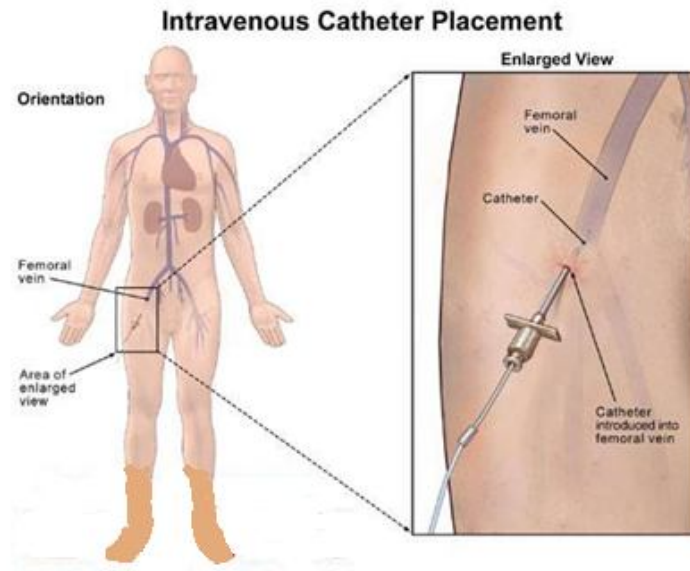


شکل ۱-۴: اتاق رگ نگاری [۵]

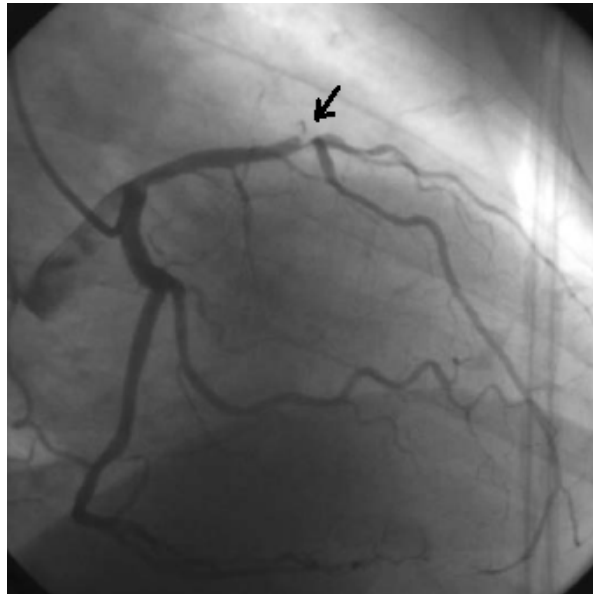
اکثر فرایندهای کتتریزاسیون^۲ قلبی در وریدهای ناحیه کشاله ران و دست انجام می شوند. در این فرایند، ابتدا کنتراست (تیوب قابل انعطاف کوچک) وارد شریان یا ورید می شود و به تدریج به سمت آنورت و شریانهای کرونری هدایت می شود (شکل ۱-۵). هنگامی که کنتراست به شریانهای کرونری رسید، ماده حاجب تزریق می شود. ماده حاجب (عامل تابین) به فلوروسکوپ امکان گرفتن تصویر با اشعه ایکس را می دهد. رگ های خونی به طور نرمال در این تصاویر دیده نمی شوند و به طور کافی با بافت های اطرافشان تابین ندارند. برای افزایش تابین تصاویر، از ماده حاجب استفاده می شود که مایعی چگال با عدد اتمی بالا، نظیر ید است. ماده حاجب به داخل رگ های خونی در طول رگ نگاری تزریق می شود. به دلیل چگالی بالا و عدد اتمی بالای این مواد، فوتونهای اشعه ایکس بیشتر از خون و بافتها جذب می شوند. بنابراین هنگامی که شریان با این ماده پر شود، هر انسدادی به وضوح مشخص می شود (شکل ۱-۶). این روش رگ نگاری امکان گرفتن فیلمها و تصاویر کرونری با رزولوشن نسبتاً بالا را فراهم می آورد و در تشخیص تنگی عروق به عنوان استاندارد تلقی می شود.

^۱ C-arm fluoroscope

^۲ Catheterization



شکل ۱-۵: ورود کنتراست از طریق ورید فمورال



شکل ۱-۶: رگ نگاری اشعه ایکس از شریان کرونری چپ. آسیب دیدگی شدید در شریان LAD

۱-۳-۲- رگ نگاری توموگرافی کامپیوتری

روش توموگرافی کامپیوتری^۱ (CT) روشی غیرتهاجمی در تصویرنگاری پزشکی می باشد که روشی جایگزین در تصویر نگاری عروق قلب می باشد. از زمان آغاز استفاده از این روش از سال ۱۹۷۲، CT در رادیوگرافی بدن به

^۱ Computed Tomography

وفور استفاده شده است. در حال حاضر به منظور تصویر نگاری شریانها از روش تصویر برداری از زوایای مختلف^۱ استفاده می شود. این مزیت باعث می شود تصاویر سه بعدی حاصله، کیفیت بالایی داشته باشند.



شکل ۱-۷. ماشین مدرن و چند زاویه ای CT. بیمار روی تخت قرار می گیرد و وارد محفظه تونلی می شود که شامل منبع اشعه X و حس گر هاست [۶].

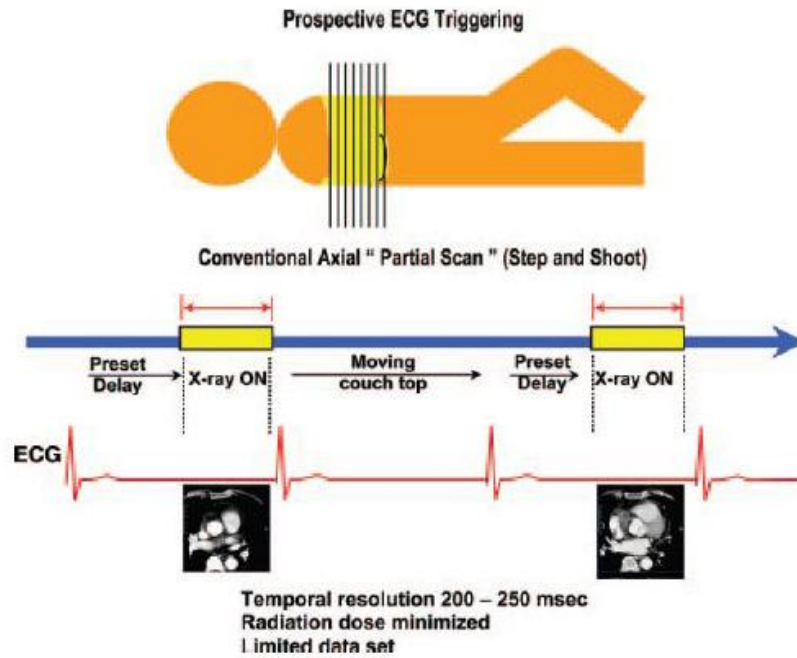
اسکنرهای CT با تکنولوژی بالا مجهز به ۳۲۰ حسگر هستند که توانایی تصویر برداری از شریانهای کرونری در هر تپش را دارا می باشند به نحوی که خروجی آنها شامل مجموعه ای از تصاویر سه بعدی با وضوح نیم میلیمتر در سه جهت می باشد [۷ و ۸]. این مساله باعث شده که روش CT به عنوان روشی معمول در تشخیص بیماری های قلبی عروقی استفاده شود. همانگونه که در شکل ۱-۷ نشان داده شده است، یک اسکنر مدرن CT به طور کلی شامل محفظه تونلی، تیوب اشعه ایکس در یک طرف و حسگرها در طرف دیگر می باشد. قبل از اسکن، بیمار بر روی تخت قرار می گیرد و ماده حاجب به منظور ایجاد تابین به ورید بیمار از طریق بازو تزریق می شود. به طور معمول، به منظور همخوان کردن تصاویر اخذ شده و تطابق با حرکت قلب، سیگنالهای الکتروکاردیوگرام (ECG) مانیتور می شوند. با مانیتور مداوم سیگنالهای ECG، در هر سیکل قلب، تصاویر برش عرضی از قلب گرفته شده و بازسازی می شوند به نحوی که حرکات قلب ناشی از تپش آن مدنظر قرار می گیرد (شکل ۱-۸). در حین تست، ماده حاجب به طور خود کار تزریق می شود و از بیمار خواسته می شود که نفس خود را به مدت ۳ الی ۵ ثانیه نگه دارد. میزان کاهش اشعه ایکس که بدلیل عبور از بدن بیمار اتفاق می افتد، اندازه گیری می شود. این داده به منظور ایجاد تصویر سه بعدی و به منظور بررسی احتمال تصلب و یا گرفتگی در دیواره عروق قلب استفاده می شوند.

شکل ۱-۹ الف نمونه ای از تصویر CT محور انتقالی است. امکان نمایش داده های CT به منظور نشان دادن سیکل شریان نیز وجود دارد به نحوی که فضاهای خالی و بافت رگ در یک تصویر تکی نمایان می باشد. این روش،

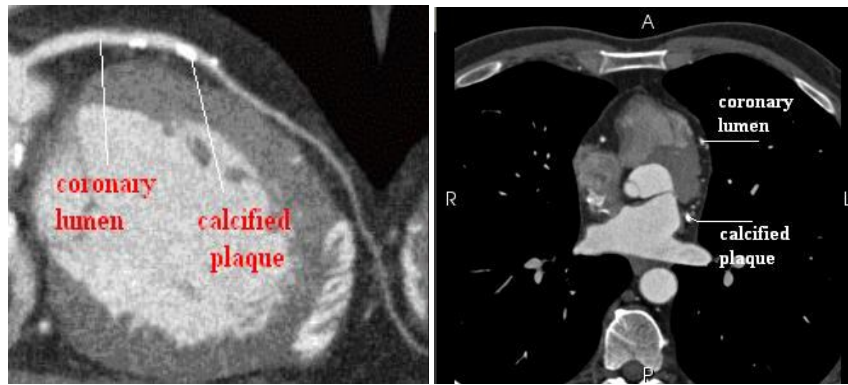
¹ Multiple-slice

² Electrocardiogram

بازسازی سطح منحنی^۱ (CPR) نامیده می شود [۷ و ۸]. این شیوه به منظور مشاهده توالی تصاویر CT از زاویه پرسپکتیو کاربرد دارد (شکل ۹-۱-ب).



شکل ۹-۱: نشانگر، حالت اسکن CT قلب همزمان با اخذ سیگنال ECG را نشان می دهد. در حین تست اشعه ایکس روشن و در حالت بازه زمانی R-wave به R-wave (R-R) می باشد به نحوی که داده های لازم جهت بازسازی تصویر حاصل شود [۹].



ب

الف

شکل ۹-۱: نمونه ای از روش های مختلف پس پردازش به منظور نمایش شریانهای قلب. (الف) تصویر محوری CT حجمی، (ب) نمایش بازسازی تصاویر CT سطح منحنی شریان قلب [۹]

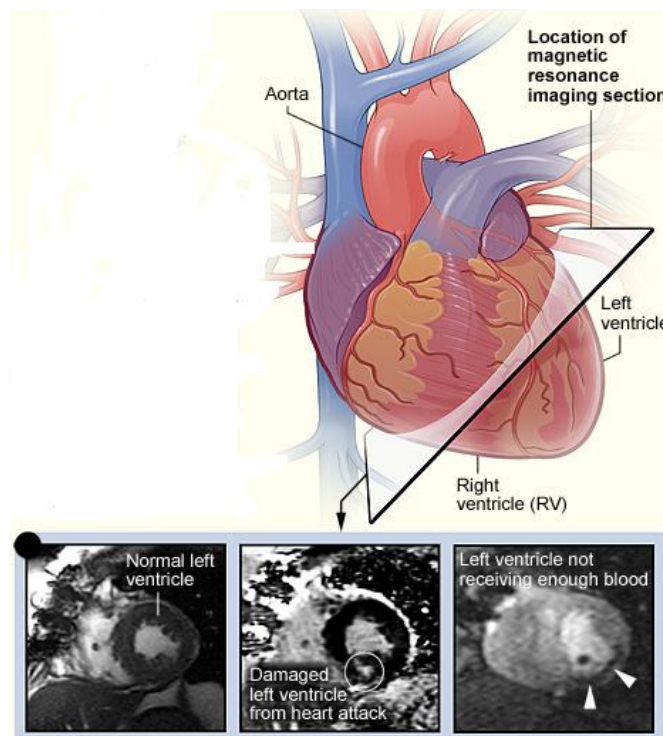
۱-۳-۳- تصویر سازی تشدید مغناطیسی

در روش تصویر سازی مغناطیسی^۲ (MRI) از میدان مغناطیسی و امواج رادیویی برای ساخت تصویری دقیق از اندام ها و بافت های داخلی بدن استفاده می شود. اکثر دستگاههای MRI بزرگ و به شکل آهنربایی لوله ای شکل

¹ Curved Planar Reconstruction

² Magnetic Resonance Imaging

هستند. زمانی که بیمار درون دستگاه قرار می گیرد، میدان مغناطیسی بطور موقت ملکولهای آب درون بدنش را در یک ردیف قرار می دهد. امواج رادیویی هم سبب می شوند این اجزای ردیف شده، سیگنالهای ضعیفی تولید کنند که برای ایجاد تصویر از سطح مقطع، مثل برش در عرض نان باگت، استفاده می شوند. همچنین این دستگاه می تواند تصویری سه بعدی ایجاد کند که از زوایای مختلف قابل مشاهده است. MRI می تواند با استفاده از داده های به دست آمده از مقاطع مختلف و مشابه با CT درخت کرونری را نمایش دهد [۱۰]. اما بین زمان انجام و رزولوشن تصاویر، بده بستان وجود دارد. در شکل ۱۰-۱ چند نمونه از تصاویر گرفته شده از قلب با روش MRI در زاویه و مکانی مشخص نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۱: مکان و زاویه MRI و تصاویر مربوطه. تصویر چپ: بطن چپ نرمال. تصویر وسط: بطن چپ آسیب دیده با سکنه قلبی. تصویر راست: بطن چپی که به اندازه کافی از شریان کرونری خون دریافت نکرده است [۱۱].

۱-۳-۴- سونوگرافی داخل عروق (IVUS)^۱

سونوگرافی داخل عروق یکی از روش های تصویربرداری پزشکی است که با استفاده از کنتراست مخصوص که پروب سونوگرافی ریز به انتهای آن وصل شده است، عکسبرداری از لایه عروق را انجام می دهد [۱۲]. این روش برپایه ارسال امواج صوتی از طریق کنتراست داخل لومن رگ به لایه های داخلی رگ و برگشت امواج از همین لایه ها استوار است. تصویر به صورت زمان واقع^۲ بوده و رزولوشن مناسبی دارد.

این روش نیمه تهاجمی محسوب شده و در آن از اشعه ایکس استفاده نمی شود. در این روش قسمت دیستال کنتراست، داخل عروق و قسمت پروگزیمال کنتراست، به دستگاه کامپیوتر سونوگرافی وصل می شود. در قسمت دیستال کنتراست

^۱ Intravascular ultrasound

^۲ Real Time