

بررسی عملکرد روتابلاتور در درمان انسداد عروق کرونری

فاطمه کشاورز

گروه مهندسی پزشکی، دانشکده برق و کامپیوتر، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

فاطمه راموز

گروه مهندسی پزشکی، دانشکده برق و کامپیوتر، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

امید مهدی یار*

گروه مهندسی پزشکی، دانشکده برق و کامپیوتر، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

چکیده

بیماری عروق کرونری (CAD) یکی از شایع‌ترین علل مرگ و میر در سراسر جهان محسوب می‌شود و سالانه بیش از میلیون مرگ را به خود اختصاص می‌دهد. این بیماری ناشی از انسداد و تنگی عروق کرونری بر اثر تجمع پلاکهای آترواسکلروتیک است می‌تواند منجر به کاهش جریان خون به عضله قلب، آنژین صدری، سکته قلبی و در نهایت نارسایی قلبی شود. درمانهای اولیه شامل تغییر سبک زندگی، دارودرمانی و آنژیوپلاستی با بالون و استنت گذاری است. با این حال، در ۲۵ تا ۳۰ درصد بیماران، پلاکهای کلسیفیه شدید مانع از گشاد شدن مناسب عروق توسط بالون و استنت می‌شود که می‌تواند درمان را با چالش مواجه کند. روتابلاتور (Rotablator) یک دستگاه آترکتومی چرخشی است که از یک مته بسیار کوچک پوشیده از ذرات الماس میکروسکوپی استفاده می‌کند تا پلاکهای سخت و کلسیفیه را خرد کرده و مسیر عبور خون را باز کند. این روش در بیمارانی که انسداد شدید و مقاوم دارند، نقش مهمی در کاهش علائم بیماری و بهبود عملکرد قلبی دارد. با این حال، نیاز به مهارت بالا در استفاده از این دستگاه، عوارض بالقوه مانند دیسکشن عروق، و انتخاب دقیق بیماران برای این روش، از چالش‌های مهم آن محسوب می‌شود.

کلمات کلیدی: روتابلاتور، عروق کرونری، آترکتومی چرخشی، تصلب شرایین، آنژیوپلاستی

۱. مقدمه

بیماری‌های شریانی کرونری همچنان به عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل مرگومیر در سراسر جهان مطرح هستند، بیماری عروق کرونری جریان خون به عضله قلب را محدود می‌کند. این وضعیت می‌تواند منجر به آنژین صدری، سکته قلبی و نارسایی قلبی شود بنابراین درمان مؤثر آنها یکی از اولویتهای اصلی در پزشکی مدرن است (Lee, H, ۲۰۲۳). وجود پلاکهای کلسیفیه و سخت در شریانهای کرونری چالشی اساسی برای روشهای درمانی مرسوم مانند آنژیوپلاستی بالونی و استنت گذاری محسوب می‌شود (Nakjima et al, ۲۰۲۰) این نوع پلاکها به دلیل مقاومت ساختاری خود، نه تنها اثربخشی این روشها را کاهش می‌دهند، بلکه خطر عوارض جدی مانند آسیب به دیواره شریان و انسداد ناقص را نیز افزایش می‌دهند. (Zhang, S, ۲۰۲۳)، در برخی موارد به ویژه زمانی که پلاک های آترواسکلروتیک سخت (تجمعی از چربی، کلسترول و کلسیم) و کلسیفیه وجود دارند درمان های مرسوم مانند تغییرات در سبک زندگی، دارو درمانی و مداخلات پزشکی (آنژیوپلاستی و استنت گذاری و...) ممکن است ناکافی باشند. در نتیجه، یافتن راهحل‌های پیشرفته برای مدیریت این موارد پیچیده به ضرورتی اجتنابناپذیر تبدیل شده است (Sharma, ۲۰۲۳).

در دنیای پیشرفته پزشکی، ابزارهای جراحی و درمانی نقش حیاتی در بهبود نتایج درمانی و افزایش دقت جراحی‌ها دارند (Batt et al, ۲۰۱۵). یکی از این ابزارهای نوآورانه که در جراحی‌های دقیق و میکروسکوپی به کار می‌رود، روتابلاتور یا الماس چرخنده است (Gedela et al, ۲۰۲۰). روتابلاتور (Rotablator) به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین ابزارهای مداخله‌ای، تحولی بزرگ در درمان پلاکهای کلسیفیه ایجاد کرده است. روتابلاتور یک ابزار جراحی چرخشی است که به کمک یک موتور الکتریکی یا پنوماتیکی و سر آن به صورت مته چرخنده یا دیسک الماسی است که با سرعت بسیار بالا می‌چرخد. سر این ابزار معمولاً از الماس صنعتی یا سرامیک سخت ساخته شده است (Cui.f et al, ۲۰۲۳). این دستگاه با بهره‌گیری از نوک الماسی چرخنده که با سرعتی بالغ بر ۰۰۰،۱۴۰ تا ۰۰۰،۲۰۰ دور در دقیقه حرکت می‌کند، قادر است پلاکهای کلسیفیه مقاوم را به ذرات میکروسکوپی تبدیل کند، بدون آنکه آسیبی به بافت سالم شریان وارد شود. این فرآیند نه تنها مسیر شریان را برای استنت‌گذاری هموار می‌سازد، بلکه جریان خون را به طور مؤثری بازسازی می‌کند (Gedela et al, ۲۰۲۰). کاربردهای بالینی روتابلاتور به‌طور ویژه در ضایعات شدید و مقاوم کلسیفیه، بیماران با بیماری چندرگی و در شرایطی که روشهای مرسوم آنژیوپلاستی ناکارآمد هستند، اهمیت دارد. با این حال، محدودیت‌هایی مانند خطر آسیب به لایه‌های عروق، آمبولیزاسیون دیستال، و نیاز به مهارت بالای اپراتور، استفاده از این دستگاه را چالش‌برانگیز کرده است (Wasiak J, ۲۰۱۲). پیشرفت‌های اخیر شامل بهینه‌سازی طراحی دستگاه، استفاده از مواد زیست‌سازگارتر، و توسعه تکنیک‌های کمکی نظیر تصویربرداری درون‌عروقی (IVUS) و اوپتیکال کوهرنس توموگرافی (OCT) برای افزایش دقت در مکانیابی و کاهش عوارض است (Cavusoglu E, ۲۰۰۴). تکنولوژی پیشرفته و عملکرد دقیق این ابزار، آن را به انتخابی بی‌رقیب برای مواردی تبدیل کرده است که در آنها سایر روشهای مداخلاتی با شکست مواجه می‌شوند. با وجود اثربخشی قابل توجه، استفاده از روتابلاتور همچنان چالش‌هایی مانند نیاز به مهارت بالا، درک دقیق از شرایط بیمار، و مدیریت عوارض احتمالی به همراه دارد. در عین حال، پیشرفت‌های مداوم در این حوزه، افق‌های جدیدی را برای افزایش کارایی و ایمنی این تکنیک گشوده است و پیش‌بینی می‌شود استفاده از روتابلاتور منجر به بهبود قابل توجهی در باز شدن شریان‌ها و کاهش علائم بالینی و کاهش نرخ عوارض پس از عمل شود. هدف این مقاله، ارائه مروری جامع بر اصول عملکرد روتابلاتور و ارزیابی میزان اثربخشی روتابلاتور در مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا به درک عمیق‌تر از این ابزار پیشرفته کمک کند. این مطالعه می‌تواند به ارائه شواهد علمی برای استفاده گسترده‌تر از روتابلاتور در درمان انسدادهای کلسیفیه عروق کرونری کمک کند و راهنمایی برای پزشکان در انتخاب روشهای درمانی مناسب برای این بیماران باشد (Moussa, I, ۲۰۰۵). در این مطالعه، پس از بررسی عملکرد روتابلاتور؛ بیماران مبتلا به انسدادهای کلسیفیه عروق کرونری که به دلیل مشکلات قلبی و عروقی به بیمارستان مراجعه کرده‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. معیار ورود به مطالعه، داشتن یک تا سه عدد گرفتگی رگ است. روش کار شامل استفاده از دستگاه روتابلاتور برای تراشیدن پلاکهای کلسیفیه نتایج به‌دست‌آمده با روشهای مرسوم آنژیوپلاستی مقایسه می‌شود.

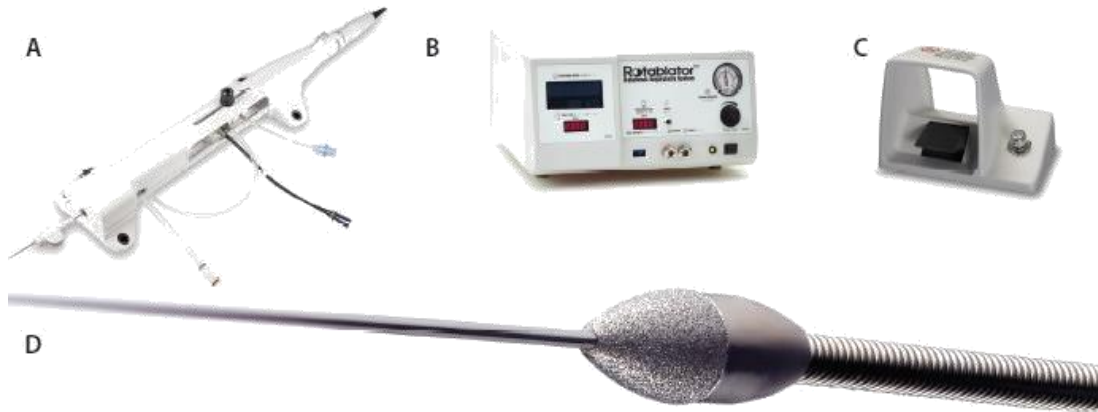
۲. روش کار

۱.۲. مطالعه روتابلاتور و بررسی نحوه عملکرد آن

۱.۱.۲. در این مقاله ابتدا نیاز است با قسمت‌های اصلی دستگاه آشنا شویم:

- سرالماسی چرخنده (Rotational Atherectomy Burr): آلیاژهای پیشرفته نیکل-تیتانیوم ذرات ریز الماس (۲۰ تا ۳۰ میکرون)
- سیم هدایتگر: روکش هیدروفیلیک
- سیستم کنسول (Control Console): واحد کنترل اصلی که نیروی گشتاور و سرعت چرخش را تأمین و تنظیم می‌کند. محدوده سرعت چرخش معمولاً بین ۰۰۰،۱۴۰ تا ۰۰۰،۲۰۰ دور در دقیقه متغیر است

- موتور و سیستم چرخشی (Motor and Rotation Mechanism): (۱۰,۰۰۰ تا ۲۰۰,۰۰۰ دور در دقیقه)



شکل ۱- (A) سیستم هدایتگر، (B) کنسول، (C) پدال، (D) نوک الماسی چرخنده.

۲.۱.۲. بررسی نحوه عملکرد دستگاه

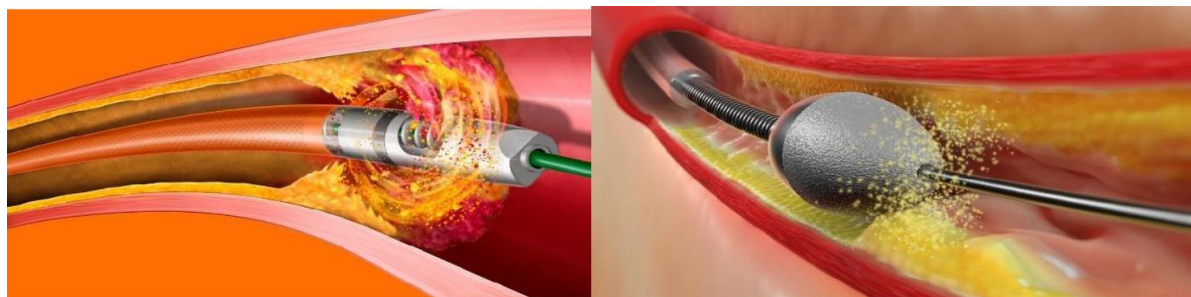
روتاتاتور بر اساس اصل “اختلاف مقاومت” عمل میکند. نوک الماسی چرخنده با سرعت بسیار با تنها به بافتهای سخت و کلسیفیه برخورد میکند و پاکهای کلسیفیه را به ذرات میکروسکوپی خرد میکند، در حالی که بافت نرم و سالم شریان به دلیل انعطافپذیری خود آسیبی نمیبیند.

مراحل اصلی عملکرد دستگاه به شرح زیر است:

۱. هدایت نوک به محل انسداد: ابتدا، یک سیم هدایتگر روتاتاتور (Rotawire) به محل پاک کلسیفیه منتقل میشود تا مسیر مناسبی برای حرکت نوک چرخنده ایجاد شود.

۲. چرخش نوک و حذف پاک: با فعالسازی دستگاه، نوک الماسی با سرعت بسیار با شروع به چرخش میکند. این چرخش باعث میشود پاکهای سخت به ذرات بسیار ریز تبدیل شوند که همراه با جریان خون به بیرون از شریان منتقل میشوند.

۳. شستشو و کاهش خطر عوارض: همزمان با چرخش، محلول شستشو برای جلوگیری از اسپاسم عروق و ایجاد لخته تزریق میشود.



شکل ۲- شماتیک نحوه رفع انسداد

۲.۲. ارزیابی میزان تأثیر گذاری روتابلاتور نسبت به روش های مرسوم

این مطالعه بررسی کارآزمایی های بالینی تصادفی است که در بیمارستانهای تخصصی قلب و عروق انجام شد. هدف اصلی این تحقیق مقایسه عملکرد روتابلاتور در درمان انسدادهای کلسیفیه عروق کرونری با روشهای مرسوم آنژیوپلاستی بالونی و استنت گذاری است.

۱.۲.۲. جمع آوری نمونه ها و معیارهای ورود

بیماران در این مطالعه به طور تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: گروه درمان با روتابلاتور و گروه درمان با آنژیوپلاستی مرسوم. برای جمع آوری نمونه ها در مطالعه های که به بررسی عملکرد روتابلاتور در درمان انسداد عروق کرونری میپردازد، توجه به معیارهای ورود و خروج دقیق و استفاده از منابع معتبر ضروری است. بیماران برای ورود به مطالعه باید حداقل شرایط زیر را داشته باشند:

- سن بین ۴۰ تا ۷۵ سال.
- انسداد عروق کرونری حداقل ۵۰٪ همراه با وجود پلاکهای کلسیفیه بر اساس آنژیوگرافی.
- علائم بالینی مانند درد قفسه سینه یا تنگی نفس که نشاندهنده اختلال در عملکرد قلب است.
- شدت و نوع انسداد: بیمارانی که دارای پاکهای کلسیفیه شدید هستند و انسداد آنها بهگونهای است که با روشهای مرسوم درمانی (مانند آنژیوپلاستی بالونی) بهسختی قابل درمان میباشد.
- وضعیت بالینی پایدار: بیمارانی که در وضعیت بالینی پایدار قرار دارند و دچار حمله قلبی حاد یا شرایط اورژانسی نیستند.
- سن: بیماران در محدوده سنی ۴۰ تا ۸۰ سال.
- رضایتنامه آگاهانه: بیمارانی که رضایتنامه کتبی برای شرکت در مطالعه را امضا کردهاند.

معیارهای خروج:

حمله قلبی حاد: بیمارانی که در ۲۴ ساعت گذشته دچار سکته قلبی شدهاند.
نارسایی قلبی پیشرفته: بیمارانی که دارای نارسایی قلبی شدید با کسر جهشی کمتر از ۳۰٪ هستند.
حساسیت به مواد حاجب: بیمارانی که به مواد حاجب مورد استفاده در آنژیوگرافی حساسیت دارند.
بیماریهای سیستمیک شدید: بیمارانی که دارای بیماریهای سیستمیک مانند نارسایی کلیوی پیشرفته یا اختلالات خونی هستند.

۲.۲.۲. فرآیند درمان

پس از پذیرش بیماران و دریافت رضایتنامه آگاهانه، درمان به شرح زیر انجام شد

۱.۲.۲.۲. گروه درمان با روتابلاتور:

۱. هدایت کاتتر روتابلاتور: پس از دسترسی به شریان، کاتتر روتابلاتور به محل انسداد هدایت می شود.
۲. تراشیدن پلاکهای کلسیفیه: با چرخش سریع مته، پلاکهای کلسیفیه از دیواره شریانها تراشیده می شوند. این تراشیدن به ایجاد ذرات ریز و شستشوی پلاکها کمک می کند تا مسدودیت شریان برطرف شود.
۳. آنژیوپلاستی بالونی: پس از تراشیدن پلاکها، برای اطمینان از باز شدن کامل شریان، آنژیوپلاستی بالونی انجام می شود. بالون در محل انسداد قرار گرفته و باد می شود تا شریان گشاد شود.
۴. استنت گذاری (در صورت نیاز): در صورتی که پس از آنژیوپلاستی، شریان نیاز به نگهداری باز بودن داشته باشد، استنت به محل انسداد وارد شده و به طور دائمی در محل قرار می گیرد.

۲.۲.۲.۲. گروه درمان با آنژیوپلاستی مرسوم:

۱. آنژیوپلاستی بالونی: در این گروه، ابتدا بالون وارد شریان مسدود شده می شود. پس از قرارگیری بالون در محل انسداد، آنژیوپلاستی بالونی انجام می شود تا شریان گشاد شود.
۲. استنت گذاری: در صورتی که پس از آنژیوپلاستی، شریان به طور کامل گشاد نشود یا احتمال انسداد مجدد وجود داشته باشد، استنت به طور پیش فرض در محل قرار داده می شود.

۳.۲. پیگیری و ارزیابی پس از درمان

به منظور ارزیابی میزان بازشدگی شریانها و تشخیص انسداد مجدد، پس از درمان یک آنژیوگرافی مجدد انجام شد. این مرحله ۶ ماه پس از درمان انجام شد تا تأثیرات طولانی مدت درمان ارزیابی شود. سپس علائم بالینی بررسی شده و بیمارانی که از نظر کاهش علائم بالینی مانند درد قفسه سینه و تنگی نفس، که نشاندهنده موفقیت درمان است، تحت ارزیابی قرار گرفتند. این ارزیابی ها از طریق مصاحبه بالینی و استفاده از مقیاسهای استاندارد (مانند Canadian Cardiovascular Society Classification) انجام شد. تمامی عوارض احتمالی درمان، از جمله خونریزی، عفونت، آسیب به شریانها یا اندامهای دیگر، و هرگونه رویداد قلبی-عروقی مانند سکته قلبی یا مغزی، ثبت و مورد بررسی قرار گرفت.

۱.۳.۲. معیارهای ارزیابی عملکرد روتابلاتور پس از درمان

ارزیابی همودینامیکی و بالینی؛ کنترل علائم بیمار به منظور بررسی وجود یا عدم وجود درد قفسه سینه (آنژین پایدار یا ناپایدار)؛ نوار قلب (ECG) جهت شناسایی تغییرات ایسکمیک، بلوکه های قلبی یا آریتمی های جدید و شاخص های عملکرد قلب ارزیابی فشار خون و ضربان قلب برای اطمینان از بهبود جریان خون در عروق درمان شده سپس ارزیابی آنژیم های قلبی (تروپونین I و CK-MB) که افزایش سطح این آنژیم ها می تواند نشاندهنده آسیب میوکاردی ناشی از میکروآمبولی باشد. نتایج آماری نشان می دهد در حدود ۳۰-۴۰٪ بیماران دچار افزایش تروپونین پس از انجام روتابلاتور می شوند، اما فقط ۵-۱۰٪ موارد علائم انفارکتوس میوکارد خفیف را نشان می دهند. یکی دیگر از معیارهای ارزیابی عملکرد تصویربرداری عروقی مانند آنژیوگرافی

کرونی جهت بررسی میزان باز شدن رگ و جریان خون (TIMI flow score) و سونوگرافی داخل عروقی (IVUS) یا OCT جهت ارزیابی ضخامت دیواره رگ و میزان حذف پلاک کلسیفیه انجام شد. مطالعات نشان داده‌اند که ۸۵ _ ۹۵٪ بیماران پس از روتابلاتور، بهبودی قابل توجهی در جریان خون عروق دارند.

جدول ۱- نتیجه ارزیابی عملکرد روتابلاتور پس از درمان

میزان باز شدن رگ	۱۰۰٪
میزان حذف پلاک کلسیفیه	۱۰۰٪
میزان بهبودی در جریان خون عروق	۸۵٪

۲.۳.۲. پیگیری و بررسی نتایج طولانی مدت

بررسی مجدد آنژیوپلاستی و احتمال تنگی مجدد (Restenosis) که پس از ۱، ۳ و ۶ ماه، بیماران از نظر تنگی مجدد عروق بررسی شدند. بر اساس مطالعات، نرخ تنگی مجدد ۲۰-۳۰٪ بیماران دچار درجاتی از تنگی مجدد در ۶ ماه اول پس از درمان می‌شوند.

جدول ۲- نتیجه پیگیری و بررسی نتایج طولانی مدت

نرخ تنگی مجدد	۲۰-۳۰٪
---------------	--------

۳.۳.۲. بررسی احتمال بروز عوارض دیررس

ترومبوز داخل استنت که حدود ۲-۵٪ بیماران در سال اول پس از درمان دچار ترومبوز شدند و مرگومیر قلبی که در بیماران پرخطر، نرخ مرگومیر در یک سال پس از درمان حدود ۳-۷٪ گزارش شده است.

جدول ۳- نتیجه بروز عوارض دیررس

ترومبوز	۲-۵٪
مرگومیر قلبی	۳-۷٪

۴.۳.۲. ارزیابی کیفیت زندگی بیمار

بیش از ۸۰٪ بیماران پس از درمان، کاهش علائم آنژیینی و بهبود تحمل ورزش را گزارش می‌کنند به این به معنای افزایش توانایی در فعالیت‌های روزانه است. اما متأسفانه حدود ۱۰-۱۵٪ بیماران در ۶ ماه اول نیاز به بستری مجدد به دلیل عوارض قلبی داشتند.

جدول ۴- نتیجه ارزیابی کیفیت زندگی بیماران

کاهش علائم آنژیینی	> ۱۰۰٪
عوارض قلبی	۱۰-۱۵٪

۴.۲. معیارهای ارزیابی عملکرد روشهای مرسوم (آنژیوپلاستی) پس از درمان

ارزیابی های اولیه مانند ارزیابی عملکرد روتابلاتور شامل بررسی های همودینامیکی و بالینی و بررسی علائم بیمار و نوار قلب کنترل فشار خون و ضربان قلب جهت بررسی تأثیر درمان بر عملکرد قلب سپس ارزیابی آنزیم های قلبی (تروپونین I و - CK (MB افزایش این آنزیم ها می تواند نشانه آسیب میوکارد باشد. مطالعات نشان داد حدود ۵_۱۵٪ بیماران افزایش خفیف آنزیم های قلبی را تجربه می کنند، اما میزان انفارکتوس میوکارد مرتبط با PCI معمولاً کمتر از ۵٪ است. در انتها تصویربرداری عروقی پس از درمان آنژیوگرافی کرونری جهت بررسی باز بودن رگ و جریان خون (TIMI flow score) و سونوگرافی داخل عروقی (IVUS) یا OCT جهت ارزیابی میزان باز شدن رگ و استقرار مناسب استنت و نتیجه اولیه نشان داد آنژیوپلاستی و استنت گذاری در ۹۰-۸۵٪ موارد موفقیت آمیز بوده است.

جدول ۵- نتیجه ارزیابی عملکرد روش های مرسوم (آنژیوپلاستی)

استنت گذاری	۵<
آنژیوپلاستی	۹۵-۹۹

۱.۴.۲. پیگیری و بررسی نتایج طولانی مدت

پس از بررسی احتمال تنگی مجدد (Restenosis) رومبوز استنت یا آنژیوپلاستی بدون استنت که نشان داد نرخ تنگی مجدد در ۶ ماه اول حدود ۱۵_۲۰٪ بوده است، استنت فلزی معمولی (BMS) در ۶ ماه اول نرخ تنگی مجدد ۲۰-۳۰٪ نشان داد و استنت دارویی (DES) در ۶ ماه اول ۱۵-۲۰٪ بوده است.

جدول ۶- نتیجه بررسی نتایج طولانی مدت

استنت فلزی معمولی	۳۰٪
استنت دارویی	۱۰-۱۵٪
آنژیوپلاستی	۱۵٪

۲.۴.۲. بررسی احتمال بروز عوارض دیررس

طی یک سال عوارضی که توسط استنت های فلزی معمولی ثبت شد در حدود ۱-۳٪ بود؛ توسط استنت های دارویی ۰.۵-۲٪ گزارش شده بود. متأسفانه در بیماران پرخطر، نرخ مرگومیر یک ساله ۲-۵٪ گزارش شده است.

جدول ۷- نتیجه بررسی عوارض دیررس

توسط استنت های فلزی معمولی	۱-۳٪
استنت های دارویی	۰.۵-۲٪
نرخ مرگومیر	۲-۵٪

۳.۴.۲. ارزیابی کیفیت زندگی بیمار

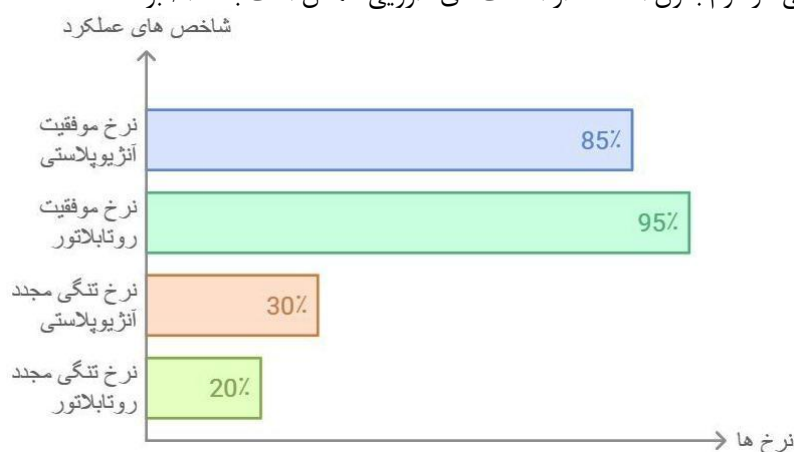
افزایش تحمل ورزش و کاهش آنژین ۹۰-۸۵٪ بیماران پس از درمان ارتقاء قابل توجهی در کیفیت زندگی داشته و بستری مجدد در بیمارستان به دلیل عوارض قلبی در ۱۰-۵٪ بیماران رخ داده است.

جدول ۸- نتیجه ارزیابی زندگی بیماران

کاهش آتژین	۸۵-۹۰
عوارض قلبی مجدد	۵-۱۰

۳. نتیجه گیری

در این مقاله پس از بررسی اجزای روتابلاتور و نحوه عملکرد آن به مطالعه و بررسی عملکرد روتابلاتور در درمان انسداد عروق پرداختیم؛ در این فرآیند دو گروه از بیماران مورد بررسی قرار گرفتند، گروهی که توسط روتابلاتور درمان شدند و گروهی دیگر که درمان آن ها توسط روش هایی مرسوم آنژیوپلاستی صورت گرفته بود؛ مطالعات نشان داده اند که استفاده از روتابلاتور در ضایعات کلسیمی پیچیده می تواند نرخ موفقیت آنژیوپلاستی را افزایش دهد. به عنوان مثال، در یک مطالعه، استفاده از روتابلاتور منجر به موفقیت اولیه در ۹۵٪ موارد شد، در حالی که این میزان در گروه آنژیوپلاستی مرسوم ۸۵٪ بود. همچنین، نرخ تنگی مجدد در بیماران تحت درمان با روتابلاتور حدود ۲۰٪ گزارش شده است، در حالی که این میزان در آنژیوپلاستی مرسوم بدون استفاده از استنت های دارویی ممکن است به ۳۰٪ برسد.



شکل ۳- مقایسه عملکرد آنژیوپلاستی مرسوم و روتابلاتور

جدول ۹_ نتیجه گزارش عملکرد روتابلاتور و روش های مرسوم نژیوپلاس

روش های مرسوم آنژیوپلاستی	روتابلاتور	معیار
۱ ۱ ۱ ۱ ۱	۹۵-۹۹٪	موفقیت در باز کردن رگ (در پاک های کلسیفیه)
۱ ۱ ۱ ۱ ۱	۵-۳۰٪	موفقیت در باز کردن رگ (در پاک های نرم)
۱ ۱ ۱ ۱ ۱	۱ ۱ ۱ ۱ ۱	احتمال تنگی مجدد
۱ ۱ ۱ ۱ ۱	۸۵-۹۰٪	احتمال تنگی مجدد

با توجه به آمارها و بررسی های انجام شده، هر دو روش آنژیوپلاستی مرسوم و روتابلاتور مزایا و معایب خاص خود را دارند. آنژیوپلاستی مرسوم برای پلاک های نرم و غیر کلسیمی بسیار مؤثر است و دوره بهبودی کوتاهتری دارد. این روش به ویژه در بیمارانی که در مراحل اولیه بیماری قرار دارند و یا ضایعات کوچک دارند، بسیار کارآمد است. در مقابل، روتابلاتور به ویژه در درمان پلاک های کلسیمی پیچیده بسیار مؤثر است و می تواند نرخ موفقیت درمان را افزایش دهد. این روش باعث می شود

که استنتها به طور بهینه تری در محل تنگی قرار گیرند و از تنگی مجدد جلوگیری شود. اگرچه این روش ممکن است هزینه بالاتری داشته باشد و نیاز به مراقبت های بیشتری پس از درمان داشته باشد، اما در صورت استفاده در بیمارانی که نیاز به درمان های پیچیده تر دارند، می تواند نتایج بهتری ارائه دهد.

در نتیجه، انتخاب بین روتابلاتور و آنژیوپلاستی مرسوم باید بر اساس ویژگی های ضایعه، وضعیت بالینی بیمار و تجربه تیم پزشکی انجام شود. در ضایعات کلسیمی سخت، روتابلاتور می تواند گزینه مناسب تری باشد، در حالی که در ضایعات نرم، آنژیوپلاستی مرسوم ممکن است کافی باشد. اما در عین حال، باید توجه داشت که روتابلاتور در مقایسه با آنژیوپلاستی مرسوم ممکن است خطرات بیشتری از جمله عوارض ناخواسته مثل آسیب به دیواره عروق و نیاز به زمان بهبودی بیشتر داشته باشد. به ویژه در مواردی که پلاک های عروقی نرم و غیرکلسیمی باشند، درمان با آنژیوپلاستی مرسوم می تواند گزینه مناسب تری باشد.

در نهایت، روند کلی علم پزشکی به سمت درمان های کم تهاجمی، مبتنی بر فناوری های پیشرفته و متناسب با نیازهای فردی بیماران حرکت می کند. همانطور که روتابلاتور توانسته است تحولی در درمان بیماران قلبی ایجاد کند، می توان انتظار داشت که با پیشرفت های بیشتر در حوزه های تصویربرداری پزشکی، هوش مصنوعی و بیوتکنولوژی، روش های درمانی حتی دقیق تر و مؤثرتر شوند.

با پیشرفت های اخیر در طراحی دستگاه های روتابلاتور و ادغام آنها با تکنولوژی های نوین تصویربرداری و روش های مکمل مانند Shockwave Lithotripsy، افق های جدیدی برای بهبود کارایی و ایمنی این روش گشوده شده است. این پیشرفت ها می توانند نقشی کلیدی در کاهش عوارض احتمالی مانند دیسکسیون عروق یا اسپاسم داشته باشند و کاربرد روتابلاتور را حتی در موارد پیچیده تر گسترش دهند.

آنچه که همه این فناوری ها را به هم مرتبط می کند، تعهد پزشکی به بهبود کیفیت زندگی بیماران است. اکنون، بیش از هر زمان دیگری، درمان هایی که زمانی غیرممکن به نظر می رسیدند، به واقعیت تبدیل شده اند این یعنی امید تازه ای برای میلیون ها بیمار در سراسر جهان

منابع

۱. Lee, H, Quarterly Journal of Management Strategies in Health System AJMS, (۱), ۳-۱۴ . (۲۰۲۳)
۲. Nakajima et al., "Comparison of post-stent optical coherence tomography findings among three subtypes of calcified culprit plaques in patients with acute coronary syndrome," *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, ۲۰۲۰, doi: ۱۰.۱۰۰۲/ccd.۲۸۸۴۷ .
۳. Zhang, s Intracoronary imaging-guided rotational atherectomy combined with intravascular lithotripsy in the treatment of severe coronary artery calcification— A case report," *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, ۲۰۲۳, doi: ۱۰.۳۳۸۹/fcvm.۲۰۲۳.
۴. Sharma, "Efficacy of shockwave C_v coronary intravascular lithotripsy for management of severely calcified left anterior descending stenosis," *Heart Vessels and Transplantation*, ۲۰۲۲, doi: ۱۰.۲۴۹۶/hvt.۲۰۲۲, ۳۲۱ .
۵. Bhatt et al., "Long-term safety and performance of the orbital atherectomy system for treating calcified coronary artery lesions: ۵-Year follow-up in the ORBIT I trial," *Cardiovascular Revascularization Medicine*, ۲۰۱۵, doi: ۱۰.۱۰۱۶/j.carrev.۲۰۱۵.۰۳.۰۰۷ .
۶. Gedela et al., "Triple-Guidewire Technique for Treating Stent Underexpansion in Severely Calcified Coronary Artery Lesions," *Texas Heart Institute Journal*, ۲۰۲۰, doi: ۱۰.۱۴۵۰۳/thij-۱۸-۶۶۲۲.
۷. Cui, F., Tong, Y., Liu, G., Zhang, W., Liu, K., Si, D., ... & He, Y. (۲۰۲۳). Intracoronary imaging-guided rotational atherectomy combined with intravascular lithotripsy in the treatment of severe coronary artery calcification—a case report. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, ۱۰. <https://doi.org/۱۰.۳۳۸۹/fcvm.۲۰۲۳.۱۱۸۴۲۳۷>
۸. Gedela, M., Li, S., Desai, C., Styś, T., & Styś, A. (۲۰۲۰). Triple-guidewire technique for treating stent underexpansion in severely calcified coronary artery lesions. *Texas Heart Institute Journal*, ۴۷(۲), ۱۵۵-۱۵۹. <https://doi.org/۱۰.۱۴۵۰۳/thij-۱۸-۶۶۲۲>.
۹. Wasiak J, Law J, Watson P, Spinks A. "Percutaneous transluminal rotational atherectomy for coronary artery disease." *Cochrane Database of Systematic Reviews*, ۲۰۱۲.
۱۰. Cavusoglu E, Kini AS, Marmur JD, Sharma SK. "Current status of rotational atherectomy." *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, ۲۰۰۴; ۶۲(۴): ۴۸۵-۴۹۸.
۱۱. Moussa I, Ellis SG, Jones M, et al. "Impact of coronary culprit lesion calcium in patients undergoing paclitaxel-eluting stent implantation (a TAXUS-IV sub-study)." *The American Journal of Cardiology*, ۲۰۰۵; ۹۶(۹): ۱۲۴۲-۱۲۴۷.

