

## مقایسه اثرات محافظتی اتوموکسیر و رانولازین بر روی اندازه انفارکت ناشی از ایسکمی ریپر فیوژن در قلب ایزوله رت

دکتر مسلم نجفی<sup>۱</sup>، دکتر طاهره اعتراف اسکویی<sup>۲</sup>، دکتر علیرضا گرجانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>نویسنده مسئول: استادیار فارماکولوژی: گروه فارماکولوژی داروسازی و مرکز تحقیقات نانوتکنولوژی داروئی، دانشگاه علوم پزشکی

تبریز E-Mail: najafim@tbzmed.ac.ir

<sup>۲</sup>دستیار فارماکولوژی: دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

### چکیده

**زمینه و هدف:** برخی از مطالعات اثرات محافظتی قلبی اتوموکسیر (Ranolazine) و رانولازین (Etomoxir) را در شرایط هیپوکسی و ایسکمی قلب نشان دادند. از آنجایی که تاکنون مطالعه مقایسه‌ای بر روی اثرات محافظتی اتوموکسیر و رانولازین بر روی اندازه انفارکت در شرایط ایسکمی-ریپر فیوژن انجام نشده است لذا اثرات آنها بر روی اندازه انفارکت قلب ایسکمیک رت مطالعه و مقایسه شدند.

**روش کار:** قلب ایزوله شده رتها به ۳ گروه تقسیم شده و با اتصال به دستگاه لانگندورف، با محلول کربس تغذیه شدند. گروه کنترل طی ۳۰ دقیقه ایسکمی ناجیه‌ای و ۱۲۰ دقیقه ریپر فیوژن، محلول کربس معمولی و گروههای ت SST، محلول کربس حاوی ۱ میکرومول اتوموکسیر و ۰.۱ میکرومول رانولازین دریافت داشتند. سپس قلب رتها با اونس بلورتگ آمیزی شده و متعاقب انکوباسیون با محلول ۱ درصد تری فنیل تترازولیوم در فرمالین ثابت گردیدند. اندازه نواحی انفارکته با روش پلانتیمتری کامپیوترا اندازه گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که اتوموکسیر موجب کاهش معنی داری در وسعت ناحیه انفارکته می‌گردد. در گروه کنترل، اندازه انفارکت  $46/3 \pm 2/9$  درصد بود ولی در گروه دریافت کننده اتوموکسیر، به  $20/9 \pm 5$  درصد کاهش یافت ( $p < 0.01$ ). ریپر فیوژن کربس حاوی رانولازین کاهش بیشتری در اندازه انفارکت ایجاد نمود ( $16/4 \pm 3/6$  درصد). مقایسه آماری بین دو گروه مورد مطالعه، تفاوت معنی داری در کاهش اندازه انفارکت نشان نداد.

**نتیجه گیری:** به نظر می‌رسد که اتوموکسیر (مهارکننده ورود اسیدهای چرب به میتوکندری ها) و رانولازین (مهارکننده بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب در میتوکندری ها) احتمالاً با افزایش غیرمستقیم اکسیداسیون گلوکز در زمان ایسکمی و ریپر فیوژن موجب کاهش اندازه انفارکت می‌شوند. این مطالعه، اثرات محافظتی اتوموکسیر و رانولازین را بر روی کاهش اندازه انفارکت نشان داد بدون آن که تفاوت معنی داری در این اثرات با هم داشته باشند.

**واژه‌های کلیدی:** اتوموکسیر، رانولازین، اندازه انفارکت، قلب ایزوله رت

دربافت: ۸۵/۱۱/۱۶ پذیرش: ۸۷/۲/۲۰

اثرات متابولیک هستند که در درمان نارسائی قلب و آنژین مطرح می‌باشند [۱]. اتوموکسیر یک مشتق اکسیران اسید کربوکسیلیک است که به عنوان یک مهار کننده قوی آنزیم کاربین پالمیتوئیل ترانسفراز ۱ (CPT-I) عمل نموده و از ورود اسیدهای چرب به

### مقدمه

در سالیان اخیر استفاده از مواد داروئی با اثرات مهم متابولیک جای درمان بیماری‌های ایسکمیک قلب مورد توجه زیادی قرار گرفته است. اتوموکسیر و Ranolazine از جمله این عوامل فارماکولوژیک با

غلظت بافتی یون کلسیم مشاهده شده است [۱۰]. به نظر میرسد رانولازین با مهار اکسیداسیون اسیدهای چرب در میتوکندری ها از متابولیسم چربی ها جلوگیری کرده و احتمالاً با فعال نمودن مسیر متابولیسم گلوکز عمل می کند [۵-۷]. افزایش متابولیسم گلوکز مانع تجمع لاتکتات و ایجاد اسیدوز می گردد [۱۱]. از آنجایی که اتوموکسیر و رانولازین هر دو از جمله عوامل با خواص عمدۀ متابولیک و در دست تحقیق جهت درمان بیماری های ایسکمیک قلب بوده و علیرغم مکانیسم اثر متفاوت، احتمالاً با فرآیند متابولیک مشابهی عمل می کنند و از طرفی بر اساس اطلاعات موجود ما مطالعه مقایسه ای بر روی اثرات محافظتی اتوموکسیر و رانولازین بر روی آسیب های قلبی ناشی از R/I به ویژه اندازه اනفارکت انجام نشده است، لذا اثرات آن ها بر روی اندازه اනفارکت متعاقب I/R در قلب ایزوله رت مطالعه و مقایسه گردید.

### روش کار

اتوموکسیر و رانولازین (شرکت سیگما)، پنتو باریتال سدیم (شرکت کلا بلژیک)، اوانس بلو و تری فنیل تترازولیوم کلراید و مواد بکار رفته در تهیه محلول کربس شامل کلرید سدیم، بیکربنات سدیم، کلرید پتاسیم، سولفات منیزیوم، پتاسیم دی هیدروژن فسفات، D- گلوکز و کلرید کلسیم (شرکت مرک) بودند.

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی آزمایشگاهی بوده و بر روی رت های نر آلبینو از نژاد Sprague Dawley با محدوده وزنی ۳۳۰-۲۷۰ گرم انجام گرفت. رت ها در گروه های ۶ تایی در قفس های پلی اتیلنی شفاف استاندارد در شرایط نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی در دمای معمول آزمایشگاه ( $22\pm3$  درجه سانتیگراد) نگهداری شدند و تا زمان انجام آزمایش آزادانه به آب و غذای کافی دسترسی داشتند. برای انجام آزمایشات، ابتدا رت ها به صورت تصادفی به گروه های ۶ عددی شامل گروه کنترل، گروه تحت درمان با اتوموکسیر و گروه تحت

ATP داخل میتوکندری جهت بتا اکسیداسیون و تولید ATP ممانعت می کند [۲]. به دلیل اثرات کاهنده ای قند خون، این ماده ابتدا به عنوان یک عامل ضد دیابت قوی معرفی شد [۳،۱]. در مقایسه با داروهایی که دارای اثرات متابولیک بوده و در دست تحقیق می باشدند، یافته های بسیار کمتری در مورد اتوموکسیر گزارش شده و هنوز مصرف آن در آزمون های بالینی عمده نیز انجام نگرفته است [۱]. اثرات اتوموکسیر بر روی اندازه اනفارکت نیز به خوبی درک نشده و گزارشات بسیار کمی در این مورد وجود دارد. از طرفی تقویت قدرت انقباضی قلب نیز با تجویز این ماده در برخی از مطالعات مشاهده شده است [۴].

رانولازین به عنوان یک عامل مهار کننده نسبی متابولیسم اسیدهای چرب در میتوکندری ها شناخته شده [۶۵] و در سال ۲۰۰۶ میلادی مصرف آن در درمان آنژین پایدار مزمن مورد تایید اداره غذا و دارو آمریکا قرار گرفت [۷]. جالب است که عملکرد ضد آنژینی رانولازین بدون ایجاد تغییرات مهم در فاکتورهای همو دینامیک قلب ایجاد می شوند [۳،۸]. برخی از مطالعات قبلی اثرات محافظت قلبی آن را در شرایط هیپوکسی و ایسکمی کوتاه مدت نشان داده اند [۸]. در یک مطالعه بر روی قلب ایزوله خرگوش، رانولازین انسیدانس فیبریلاسیون بطنی ناشی از هیپوکسی و اکسیژن رسانی مجدد را به صورت قابل توجهی کاهش داد [۹]. مطالعه دیگری در قلب ایزوله رت پیشنهاد کرده است که رانولازین در صورتی می تواند موجب محافظت و بهبود عملکرد قلب بدنیال (Ischemia/Reperfusion, I/R) باشد که قبل از شروع ایسکمی تجویز شده باشد [۸]. یافته های مطالعه بر روی بابون ها، اثرات محافظت قلبی رانولازین بدنیال ایسکمی- ریپفیوژن را به صورت مهار آزادی آنزیم هائی مانند کراتین کیناز و لاتکتات دهیدروژنаз از بافت میو کارد نشان داده است [۱۰]. در مطالعات in vitro بر روی قلب خرگوش، اثرات مشابهی مانند جلوگیری از تغییرات در قدرت انقباضی و کاهش ATP قلبی، مهار آزادشدن کراتین کیناز از میو کارد و مهار افزایش

همراه با نرم افزار Calc (شرکت آلدکس انگلستان) اندازه گیری شد [۱۲].

کلیه داده ها بصورت Mean $\pm$ SEM بیان شدند. داده های جمع آوری شده به کمک نرم افزار آماری SPSS (نسخه نه) و با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (با پس آزمون LSD) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقادیر ( $p<0.05$ ) معنی دار تلقی گردید

### یافته ها

نتایج مربوط به اثرات اتموکسیر و رانولازین بر روی حجم ناحیه در معرض خطر ایسکمی (Risk Zone)، حجم ناحیه انفارکته و درصد اندازه انفارکت در قلب ایزوله رت در جدول ۱ خلاصه شده اند. همان گونه که در جدول مذکور و شکل شماره ۱ نیز دیده می شود، اتموکسیر و رانولازین موجب کاهش کاملاً معنی داری در اندازه انفارکت قلب ایزوله رت های گروه های تست در مقایسه با گروه کنترل گردیدند. اندازه انفارکت در گروه کنترل  $3\pm 2/9$  درصد بود اما در گروه تحت درمان با اتموکسیر به  $20/9\pm 5$  درصد کاهش یافت ( $p<0.001$ ). اتموکسیر همچنین حجم ناحیه انفارکته را از  $215\pm 18$  میلی مترمکعب (کنترل) به  $101\pm 25$  میلی مترمکعب کاهش داد ( $p<0.001$ ).

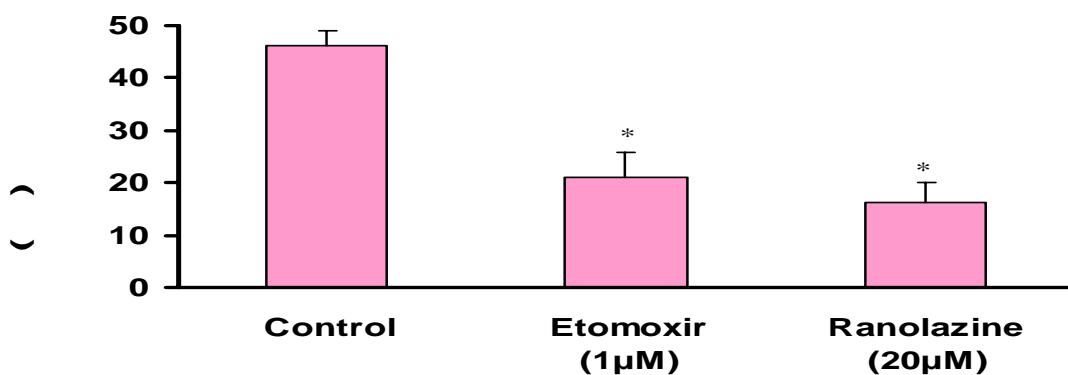
پر فیوژن کربس حاوی رانولازین کاهش بیشتری در اندازه انفارکت ایجاد نمود به طوری که مقدار آن در مقایسه با کنترل حدود  $65$  درصد کاهش یافت ( $p<0.001$ ). همچنین رانولازین حجم ناحیه انفارکته را از مقدار کنترل به  $69\pm 17$  میلی مترمکعب کاهش داد ( $p<0.001$ ). مقایسه اثرات بین اتموکسیر و رانولازین بر روی Risk Zone، حجم ناحیه انفارکته و اندازه انفارکت با یکدیگر تفاوت آماری معنی داری نشان نداد (جدول ۱). برای حصول اطمینان از یکنواختی القای ایسکمی ناحیه ای، حجم Risk Zone نیز در کلیه گروه ها با یکدیگر مقایسه گردید که در این مورد هم تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد (جدول ۱).

درمان با رانولازین تقسیم گردیدند. بعد از بیهوده کردن حیوانات با پنتو باربیتال سدیم (۵ mg/kg-ip)، قلب آن ها به سرعت ایزوله گردیده و با اتصال به دستگاه لانگندورف، جریان محلول کربس (pH=۷/۴) محتوی گاز کاربوژن (۹۵٪ اکسیژن و ۵٪ دی اکسید کربن) با فشار ثابت و دمای ۳۷ درجه سانتیگراد برقرار شد. محلول کربس بکار رفته در این مطالعه محتوی مواد زیر (بر حسب میلی مول بر لیتر) بود [۱۲]: کلرید سدیم (۱۱۸/۵)، بیکربنات سدیم (۲۵)، کلرید کلسیم (۱/۷)، سولفات منیزیوم (۱/۲)، پتاسیم دی هیدروژن فسفات (۱/۲)، گلوکز (۱۲) و کلرید پتاسیم (۴/۸). به دنبال سپری شدن ۲۰ دقیقه زمان استایلیزاسیون، ایسکمی ناحیه ای به مدت ۳۰ دقیقه با گره زدن موقع شریان کرونر نزولی چپ قلب القا شد و با باز نمودن گره، رپر فیوژن برای ۱۲۰ دقیقه انجام گرفت [۱۳]. رت های گروه کنترل در طول استایلیزاسیون، ۳۰، ۱۲۰ دقیقه ایسکمی و رپر فیوژن محلول کربس معمولی دریافت داشتند در حالی که در گروه های تست، در زمان R/I، محلول کربس حاوی (۱ μM) اتموکسیر و یا (۲۰ μM) رانولازین به قلب پر فیوژن شد. با اتمام زمان رپر فیوژن، نمونه ها ابتدا با محلول ۱ درصد Evans Blue رنگ آمیزی شدند تا نواحی تحت ایسکمی از نواحی غیر ایسکمیک و دارای پر فیوژن طبیعی تفکیک شوند. در این حالت مناطق غیر ایسکمیک رنگ آبی Evans Blue را گرفته در حالیکه مناطق ایسکمیک فاقد این رنگ می باشند. سپس نمونه ها پس از بریده شدن به قطعات ۱ میلی متری، با محلول ۱ درصد تری فنیل ترازاولیوم کلراید انکوبه شده و در فرمالین ثابت گردیدند. با این رنگ آمیزی، نواحی انفارکته بصورت رنگ پریده دیده می شوند اما مناطق غیر انفارکته و زنده به علت انجام واکنش آنزیمی با تری فنیل ترازاولیوم کلراید به رنگ قرمز آجری در می آیند [۵]. در نهایت، اندازه و درصد نواحی انفارکته و نواحی غیر انفارکته با روش پلائیمتری کامپیوتری و با استفاده از دستگاه Data table

جدول ۱: مقایسه اثرات مصرف Etomoxir (۱ میکرومول) و Ranolazine (۲۰ میکرومول) بر روی حجم ناحیه در معرض خطر ایسکمی (Risk zone) و اندازه انفارکت در قلب ایزوله رت متعاقب ۳۰ دقیقه ایسکمی و ۱۲۰ دقیقه پرفیوژن (Infarcted volume)

گروه	تعداد رت	حجم ناحیه در معرض خطر (mm <sup>3</sup> )	حجم ناحیه انفارکت (mm <sup>3</sup> )	درصد اندازه انفارکت
کنترل	۶	۳۹±۴۷۵	۱۸±۲۱۵	۲/۹±۴۶/۳
Ranolazine (۲۰ میکرومول)	۶	۴۳±۴۱۶	*۱۷±۶۹	*۳/۶±۱۶/۴
Etomoxir (۱ میکرومول)	۶	۱۷±۴۸۶	*۲۵±۱۰/۱	*۵/۰±۲۰/۹

داده ها بصورت Mean $\pm$ SEM بیان شده اند. \* معادل  $p < 0.001$  در مقایسه با کنترل.



شکل ۱. مقایسه اثرات مصرف Etomoxir (۱ میکرومول) و Ranolazine (۲۰ میکرومول) بر روی اندازه انفارکت قلب ایزوله رت متعاقب ۳۰ دقیقه ایسکمی و ۱۲۰ دقیقه پرفیوژن. داده ها بصورت Mean $\pm$ SEM بیان شده اند. (تعداد رت در هر گروه = ۶ عدد). \* معادل  $p < 0.001$  در مقایسه با کنترل.

اندازه انفارکت به صورت کامل در کنترل نشده و گزارشات بسیار کمی در این مورد وجود دارد. در یک مطالعه، کاربرد مزمون دوز های کم اتوموکسیر منجر به حفظ و بیبود عملکرد مکانیکی میوکارد قلب رت متعاقب انفارکتوس میوکارد شد. نویسندهای آن مقاله فوق پیشنهاد کرده اند که این اثر احتمالاً مربوط به نقش اتوموکسیر در رشد قلب و همچنین تقویت قدرت انقباضی آن است [۴]. در مطالعه تارکانی<sup>۱</sup> و راپ<sup>۲</sup> پرفیوژن اتوموکسیر به قلب نارسا و هیپرتروفیک رت منجر به کاهش مصرف اکسیژن قلبی و بیبود اندکس های عملکرد بطن چپ گردید [۱۵]. از آنجایی که اتوموکسیر با مهار آنزیم CPT-I از ورود اسیدهای چرب به داخل میتوکندری چیت اکسیداسیون

## بحث

پدیده I/R در میوکارد منجر به آسیب های جدی قلبی شده و به دنبال آن اختلال در عملکرد قلب دیده می شود. عقیده بر این است که تجویز عوامل تعديل کننده آسیب های سلولی می توانند عملکرد قلب را تحت تأثیر قرار دهند [۱۴]. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که پرفیوژن محلول کربس حاوی ۲۰ میکرومول رانولازین و ۱ میکرومول اتوموکسیر هر دو موجب کاهش کاملاً معنی داری در حجم ناحیه انفارکتی و اندازه انفارکت قلب ایزوله رت های گروه های تست در مقایسه با گروه کنترل می شوند. مقایسه بین گروه های دریافت کننده اتوموکسیر و رانولازین با یکدیگر، تفاوت آماری معنی داری در کاهش حجم ناحیه انفارکتی و اندازه انفارکت نشان نداد. اثرات اتوموکسیر بر روی

<sup>1</sup> Turcani

<sup>2</sup> Rupp

رانولازین با مهار مسیر بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب در میتوکندری سلول های قلبی از متابولیسم چربی ها و تولید انرژی از آن ها جلوگیری می کند ولی در عین حال از اثرات محافظتی مهمی در قلب برخوردار است که ظاهراً عمدۀ این اثرات محافظتی ناشی از فعل شدن آنزیم پیروات دهیدروژناز (PDH) و متعاقباً تحریک متابولیسم گلوکز در میوسیت ها می باشد [۵-۷].

با افزایش متابولیسم گلوکز در این شرایط تولید مقادیر مورد نیاز ATP برای عملکرد سلولی فراهم شده و از طرف دیگر از تجمع متابولیت های مضر متابولیسم واسطه قندها مانند لاكتات و ایجاد اسیدوز جلوگیری می گردد [۱۱، ۱۵]. هر چند مکانیسم اثر دقیق رانولازین به خوبی روشن نشده است [۷، ۲۰، ۲۷] اما یکی دیگر از مکانیسم های اثر رانولازینمربوط به مهار انتخابی جریان یون های سدیم و متعاقباً کاهش غلظت داخل سلولی کلسیم وابسته به سدیم در زمان ایسکمی و ریپریوژن می باشد [۲۱]. یافته های حاصل از این مطالعه بیانگر اثرات محافظتی اتوموکسیر و رانولازین بر روی قلب ایزوله رت ها در شرایط R/I به صورت کاهش اندازه انفارکت است ولی انجام آزمایشات تکمیلی می تواند به شناسایی هر چه بیشتر اثرات این داروها و مکانیسم های مربوطه کمک نماید.

### نتیجه گیری

این مطالعه، وجود اثرات محافظتی اتوموکسیر و رانولازین بر علیه آسیب های ناشی از R/I را به صورت کاهش اندازه انفارکت نشان داد بدون آن که تفاوت آماری محسوس و معنی داری در اثرات با یکدیگر داشته باشند. به نظر می رسد که اتوموکسیر و رانولازین عمدها با افزایش غیر مستقیم اکسیداسیون گلوکز در زمان ایسکمی و ریپریوژن موجب بهبود عملکرد قلب و کاهش اندازه انفارکت می شوند.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز

ممانتع می کند [۲] لذا در میان مکانیسم های مختلف پیشنهاد شده برای اثرات محافظتی آن، تولید ATP مورد نیاز سلول های قلبی با استفاده از سایر سوبستراها از جمله افزایش متابولیسم گلوکز مهمتر به نظر می رسد [۳]. این اثر، خود منجر به کاهش تولید اسید لاکتیک، کم شدن تجمع لاكتات و جلوگیری از آثار منفی آن ها در قلب ایسکمیک می شود [۱۶].

با وجود برخی تفاوت های متدولوژیک در مدت زمان ایسکمی و ریپریوژن و دوزهای بکاررفته، نتایج حاصل از مطالعه حاضر با یافته های تحقیقات قبلی در مورد اثرات رانولازین بر روی اندازه انفارکت در شرایط ایسکمی کوتاه مدت مطابقت دارد. هارا<sup>۱</sup> و همکاران، اثرات محافظتی قلبی رانولازین را در شرایط هیپوکسی و ایسکمی کوتاه مدت خفیف تا متوسط نشان داده اند [۸]. همچنین در مطالعه ای بر روی رت ها در شرایط ۲۵ دقیقه ایسکمی ناحیه ای و ۲ ساعت ریپریوژن، مصرف رانولازین (۰/۳۰ دقیقه قبل از ایسکمی با دوز بولوس ۱۰ میلی گرم بر کیلو گرم به همراه انفوژیون وریدی دارو با دوز ۹/۶ میلی گرم بر کیلو گرم در ساعت) موجب کاهش معنی داری (۳۳٪) در اندازه انفارکت گردید [۵].

در مطالعه دیگری بر روی سگ های بیبوش در مدت زمان ۹۰ دقیقه ایسکمی و ۱۸ ساعت ریپریوژن، دارو قادر به کاهش معنی دار در اندازه انفارکت نگردید (۰/۶۰ p). این نتایج حاکی از آن است که مصرف رانولازین نمی تواند اندازه انفارکت را در شرایط ایسکمی و ریپریوژن طولانی مدت کاهش دهد [۱۷]. برخی یافته ها نشانگر این هستند که اثرات ضد آنژینی و ضد ایسکمی رانولازین بدون بوجود آمدن تغییرات واضح در فاکتورهای همودینامیک قلب (نظیر تعداد ضربانات قلبی، فشار خون و قدرت انقباضی) ایجاد می شوند [۱۸، ۲۰، ۲۳]. لذا به نظر می رسد خواص فارماکولوژیک رانولازین متفاوت از نیترات ها، بنا بلوکرها و مهار کننده های کانال های کلسیمی می باشد [۲۰، ۲۱، ۱۸، ۳].

<sup>۱</sup> Hara

سپاسگزاری می نماید.

در تأمین هزینه های مالی اجرای این پژوهش

**References**

- 1- Inglis S. Stewart S. Metabolic therapeutics in angina pectoris: History revisited with perhexiline. *Eur J Cardiovasc Nurs.* 2006 Jun; 5(2): 175-84.
- 2- Baetz D. Bernard M. Pinet C. Tamareille S. Chattou S. El Banani H, et al. Different pathways for sodium entry in cardiac cells during ischemia and early reperfusion. *Mol Cell Biochem.* 2003; 242(1): 115-20.
- 3- Lee L. Horowitz J. Frenneaux M. Metabolic manipulation in ischemic heart disease, a novel approach to treatment. *Eur Heart J.* 2004; 25(8): 634-41.
- 4- Gunther, J. Wagner K. Theres H. Schimke I. Born A. Scholz H, et al. Myocardial contractility after infarction and carnitine palmitoyltransferase I inhibition in rats. *Eur J Pharmacol.* 2000;406(1):123-26.
- 5- Zacharowski K. Blackburn B. Thiemermann C. Ranolazine, a partial fatty acid oxidation inhibitor, reduces myocardial infarct size and cardiac troponin T release in the rat. *Eur J Pharmacol.* 2001; 418(1): 105-10.
- 6- MacInnes A. Fairman DA. Binding P. Rhodes J. Wyatt MJ. Phelan A, et al. The anti-anginal agent trimetazidine does not exert its functional benefit via inhibition of mitochondrial long-chain 3-ketoacyl coenzyme A thiolase. *Circ Res.* 2003; 93(3): e26-32.
- 7- Cairns JA. Ranolazine: Augmenting the Antianginal Armamentarium. *J Am Col Cardiol.* 2006; 48(3): 576-78.
- 8- Hara A. Matsumura H. Maruyama K. Hashizume H. Ushikubi F. Abiko Y. Ranolazine: an anti-ischemic drug with a novel mechanism of action. *Cardiovasc Drug Rev.* 1999; 17(1): 58-74.
- 9- Gralinski MR. Chi L. Park JL. Protective effects of ranolazine on ventricular fibrillation induced by activation of the ATP-dependent potassium channel in the rabbit heart, *J Cardiovasc Pharmacol Ther.* 1996; 1: 141-8.
- 10- Allely MC. Alps BJ. Prevention of myocardial enzyme release by ranolazine in a primate model of ischaemia with reperfusion. *Br J Pharmacol.* 1990; 99: 5-6.
- 11- Essop MF. Opie LH. Metabolic therapy for heart failure. *Eur Heart J.* 2004 Oct;25(20):1814-21.
- 12- Hausenloy JD, Maddock LH, Baxter FG, Yellon MD. Inhibiting mitochondrial permeability transition pore opening: a new paradigm for myocardial preconditioning. *Cardiovasc Res.* 2002; 55: 534-43.
- 13- De Jonge R. Out M. Maas JW. De Jong WJ. Preconditioning of rat hearts by adenosine A1 or A3 receptor activation, *Eur J Pharmacol.* 2002; 441: 165-72.
- 14- Lango R. Smolenski RT. Narkiewicz M. Suchorzewska J. Lysiak-Szydłowska W. Influence of L-carnitine and its derivatives on myocardial metabolism and function in ischemic heart disease and during cardiopulmonary bypass, *Cardiovasc Res.* 2001; 51: 21-9.
- 15- Turcani M. Rupp H. Etomoxir improves left ventricular performance of pressure-overloaded rat heart. *Circ.* 1997; 96(10): 3681-6.
- 16- Ford DA. Alterations in myocardial lipid metabolism during myocardial ischemia and reperfusion. *Prog Lipid Res.* 2002; 41(1) 6-26.
- 17- Black SC. Gralinski MR. McCormack JG. Driscoll EM. Lucchesi BR. Effect of ranolazine on infarct size in a canine model of regional myocardial ischemia/reperfusion. *J Cardiovasc Pharmacol.* 1994 Dec; 24(6): 921-8.
- 18- Morin D. Hauet T. Spedding M. Tillement JP. Mitochondria as target for antiischemic drugs, *Adv Drug Deliv Rev.* 2001; 49: 151-74.
- 19- Rousseau MF. Pouleur H. Cocco G. Wolff AA. Comparative efficacy of ranolazine versus atenolol for chronic angina pectoris. *Am J Cardiol.* 2005 Feb 1;95(3):311-6.
- 20- Siddiqui MA. Keam SJ. Spotlight on ranolazine in chronic stable angina pectoris, *Am J Cardiovasc Drugs.* 2006; 6(5): 357-9.
- 21- Hale SL. Kloner RA. Ranolazine, an inhibitor of the late sodium channel current, reduces postischemic myocardial dysfunction in the rabbit. *J Cardiovasc Pharmacol Ther.* 2006 Dec; 11(4):249-55.