

**بررسی پلی مورفیسم ژنتیکی ناحیهی بالادستی ژن های *NFATc1*
و *Smad6* در بیماران مبتلا به پرولاپس دریچهی میترال، مراجعه کننده به
مرکز قلب تهران**

**Study of genetic polymorphism in promoter region of *NFATc1*
and *Smad6* in patients affected by Mitral Valve Prolapse
registered to the Tehran Heart Center**

علی محمد احدی^{*}، سید فاطمه حسینی سرونی^۱، هدا آیت^۱

۱- به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، گروه ژنتیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد

Ahadi AM^{*1}, Hoseini saroni F¹, Ayat H¹

1- Assistant professor, MSc Student, Assistant professor, Department of Genetics,
Faculty of Science, Shahrekord University

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Ahadi_al@sci.sku.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۳ - تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۶)

چکیده

نقص دریچه های قلبی، ۲۵ الی ۳۰ درصد موارد اختلالات قلبی-عروقی را به خود اختصاص می دهد. پرولاپس دریچه میترال یکی از رایج ترین اختلالات دریچه ای محسوب می شود که شیوع آن در جهان ۴/۲ درصد است. فهم اساس ژنتیکی پرولاپس دریچه میترال می تواند به تشخیص زودهنگام آن کمک نماید. ژن های *NFATc1* و *Smad6* به تازگی به فهرست ژن های دخیل در بروز اختلالات قلبی مادرزادی اضافه شده اند و از فاکتورهای نسخه برداری بسیار مهم در مراحل سلولی تکوین دریچه های قلب محسوب می شوند. هدف از این پژوهش، مطالعه نواحی بالادستی ژن های *NFATc1* و *Smad6* و ارتباط احتمالی پلی مورفیسم آن با پرولاپس دریچه میترال در بیماران ایرانی است.

واژه های کلیدی

پرولاپس دریچه میترال

NFATc1
PCR-SSCP
Smad6

مقدمه

امروزه اختلالات قلبی عروقی یکی از رایج‌ترین اختلالات چند علتی^۱ است که فاکتورهای ژنتیکی و محیطی متفاوتی در بروز آن‌ها نقش دارند. بروز این اختلالات چهار تا شش در هر ۱۰۰۰ تولد است. این اختلالات یکی از عوامل غیر عفونی مرگ در سال‌های اولیه زندگی محسوب می‌شوند. نقص دریچه‌های قلبی و ساختارهای مربوط به آن در ۲۵ الی ۳۰ درصد کل اختلالات قلبی عروقی مشاهده می‌شوند. اختلالات دریچه‌ای مادرزادی در بین بیماری‌های دریچه‌ای فراوان‌تر است. در بزرگسالان بیماری‌های دریچه قلبی دلیل اصلی مرگ و میر به شمار می‌روند (Garg, 2006; Dina et al. 2015). پرولاپس دریچه میترا^۲ (MVP) یک ناهنجاری سیستمی بصورت برآمدگی لخت‌های دریچه میترا به درون دهلیز چپ است. این بیماری از شایع‌ترین ناهنجاری‌های دریچه قلبی محسوب می‌شود. مطالعه روی خصوصیات MVP تنها به آنالیز شجرنامه‌ها، بررسی گروه بیماران در بیمارستان و مراجعه افرادی که به‌طور ارثی دچار بیماری بوده یا صدای ناهنجار را در قلب خود داشتند محدود می‌شود. این بیماری دارای علائم بالینی متفاوت بوده و یک بیماری ارثی است که آن را به‌عنوان یک ناهنجاری قلبی مندلی در نظر می‌گیرند. تردیدی وجود ندارد که فهم اساس ژنتیکی MVP برای تشخیص اساس زیستی بیماری ضروری است (Layford et al. 2001; Padang R, 2012; Semsarian C. 2012). شیوع MVP در جهان ۴/۲ درصد و در جمعیت بزرگسال بین دو تا هشت درصد می‌باشد. بنابراین انتظار می‌رود ۱۴۴ میلیون نفر در کل جهان مبتلا به این بیماری باشند. علاوه بر این افزایش سن نقش مهمی در گسترش و شدت این بیماری نشان می‌دهد. شایع‌ترین شکل وراثت آن اتوزومال غالب است اما وراثت وابسته به X این بیماری هم مشاهده شده که شیوع آن بسیار کم است (Grau et al. 2007). در این تحقیق به بررسی پلی مورفیسم‌های احتمالی در ناحیه کترلی دو ژن *NFATc1* و *Smad6* پرداخته شده است.

خانواده ژن *NFAT* کدکننده فاکتورهای نسخه‌برداری هستند که در مسیرهای انتقال علامت لازم جهت تکوین سیستم عصبی و

دریچه قلب، رشد ماهیچه‌های قلبی و اسکلتی و تمایز استئوکلاست‌ها ضروری است و شامل پنج عضو *NFATc1* تا *NFATc5* می‌باشند. *NFATc1* پروتئینی با ۹۰۲ آمینواسید است و دارای یک ناحیه تنظیمی در انتهای آمین خود می‌باشد که در انتقال آن به هسته و اتصال به DNA نقش دارد و نیز دارای یک قلمرو در انتهای کربوکسیلی خود است که با اثر روی فاکتورهای نسخه‌برداری *GATA4*، *GATA5* و *GATA6* واکنش می‌دهد. همچنین این پروتئین واکنش با *AP1* را در سلول‌های ایمنی میانجی‌گری می‌کند (Mongol et al. 2016; Shen et al. 2013). نسخه‌برداری از ژن‌های خانواده *NFAT* وابسته به Ca^{2+} است. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در ارتباط با نقش این دو در تکوین انجام شده است. اگرچه سوالات مطرح شده در ارتباط با نقش *NFAT* که نسخه‌برداری از بقیه ژن‌ها نیز به آن وابسته است بی‌پاسخ مانده، اما شناسایی عناصر تنظیمی که در نسخه‌برداری و تنظیم این خانواده ژنی دخیل هستند بسیار حائز اهمیت است (Isabella et al. 2001).

پروتئین‌های خانواده *Smad* به‌عنوان انتقال دهنده‌های علائم ابر خانواده *TGFβ* شناخته شده‌اند. *Smad6* شامل چهار اگزون می‌باشد و جایگاه کروموزومی آن 15q21-q22 است. این ژن به شدت در اندام‌های در حال تکوین همچون دست، پا، چشم و قلب بیان می‌شود. مطالعات نشان داده *Smad6* نقش بسیار مهمی در هماهنگ کردن وظایف *BMP* طی تکوین قلب دارد (Katherine et al. 2000; Song et al. 2015). ژن *Smad6* در طی دوران جنینی و حتی بزرگسالی، در سلول‌های اندوتلیال بیان می‌شود. بیان این ژن در افزایش ضخامت دریچه‌ها دخیل است و جهش در این ژن باعث کاهش تزیاید سلول‌های اندوتلیال و در نتیجه کاهش قطر رگ‌های خونی می‌شود (Galvin et al. 2000). با توجه به اهمیت بیان ژن‌های *NFATc1* و *Smad6* در این پژوهش مطالعه نواحی بالادستی ژن‌های *NFATc1* و *Smad6* که در تنظیم بیان نقش اصلی را برعهده دارد و ارتباط آن با پرولاپس دریچه میترا در بیماران ایرانی مدنظر قرار گرفته است.

¹ Multi factorial

² Mitral Valve Prolapse

مواد و روش ها

در این تحقیق پس از انجام مشاوره دقیق و کسب رضایت و معرفی تحقیق، از ۳۰ بیمار زن مراجعه کننده به مرکز قلب تهران و ۱۰ زن سالم به عنوان کنترل، پنج میلی لیتر نمونه خون محیطی گرفته شد. نمونه های خون تا زمان شروع آزمایشات در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند. استخراج DNA با روش فنل-کلروفرم انجام شد (Sambrook and Russel 2001). پرایمرهای اختصاصی برای نواحی بالادستی ژن های *Smad6* و *NFATc1* با استفاده از نرم افزار Gene Runner طراحی شد (جدول ۱).

در مرحله بعد واکنش PCR با شرایط غلظتی بافر PCR (1X)، $MgCl_2$ (1.5mM)، dNTP (200μM)، پرایمر پیشرو (0.4 μM)، پرایمر معکوس (0.4 μM)، آنزیم Taq پلیمرز (1U) در حضور ۰/۱ میکروگرم DNA الگو و دستگاه ترمال سایکلر (TC-512) Techne بهینه سازی شد. شرایط حرارتی برای آمپلیکون مربوط به ناحیه بالادستی ژن *NFATc1* به طول آمپلیکون ۱۸۰ جفت باز به صورت پنج دقیقه در دمای ۹۴ درجه سانتی گراد به عنوان مرحله واسرشت اولیه به تعداد یک سیکل و سپس ۳۰ ثانیه ۹۴ درجه سانتی گراد، ۳۰ ثانیه ۶۲ درجه سانتی گراد و ۳۰ ثانیه ۷۲ درجه سانتی گراد به تعداد ۳۵ سیکل و در نهایت پنج دقیقه ۷۲ درجه سانتی گراد به تعداد یک سیکل بهینه سازی شد. شرایط حرارتی برای آمپلیکون مربوط به ناحیه بالادستی ژن *Smad6* به طول آمپلیکون ۲۴۶ جفت باز به صورت پنج دقیقه ۹۴ درجه سانتی گراد به عنوان مرحله واسرشت اولیه به تعداد یک سیکل و سپس ۳۰ ثانیه ۹۴ درجه سانتی گراد، ۳۰ ثانیه ۵۹ درجه سانتی گراد و ۳۰ ثانیه ۷۲ درجه سانتی گراد به تعداد ۳۵ سیکل و در نهایت پنج دقیقه ۷۲ درجه سانتی گراد بهینه سازی شد. پس از بررسی اولیه محصول PCR در ژل آگارز یک درصد، جهت بررسی وجود

پلی مورفیسم های احتمالی در قطعات تکثیر شده، محصول PCR جهت انجام SSCP^۱ مورد استفاده قرار گرفت. جهت انجام SSCP، در یک میکروتیوب ۹ میکرولیتر از محصول PCR به همراه دو میکرولیتر بافر بارگزاری (۰/۲۵ درصد برموفنل بلو، ۰/۲۵ درصد زایلن سیانل، ۵۰ درصد حجمی/حجمی گلیسرول در آب)، شش میکرولیتر فرامید، دو میکرولیتر TBE 0.5X و یک میکرولیتر سود ۰/۱ مولار مخلوط شد. سپس این مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه در بن ماری در حال جوش قرار گرفت و سپس ویال ها به سرعت در یخ فرو برده شدند و به مدت ۱۵ دقیقه انکوبه شده و در نهایت در ژل آکریل آمید ۱۰ درصد حاوی یک درصد گلیسرول و به مدت پنج ساعت در ولتاژ ثابت برابر ۱۴۰ الکتروفورز شدند. در نهایت رنگ آمیزی و بررسی وضعیت کنفورمرها با روش نیترا ت نقره انجام شد (Bassam et al. 1991).

نتایج

طول قطعه تکثیر شده برای پرایمر NFATc1 ۱۸۰ جفت باز و برای پرایمر Smad6 ۲۴۶ جفت باز می باشد. شکل ۱ و ۲ نشان دهنده محصول PCR حاصل از پرایمرهای NFATc1 و Smad6 است که جهت بررسی کیفیت در ژل آگارز الکتروفورز شده است. محصولات PCR حاصل که از نظر کیفیت باند الکتروفورز و عدم وجود باندهای غیر اختصاصی مورد تایید قرار گرفتند، پس از انجام مراحل لازم جهت انجام SSCP و رنگ آمیزی ارزیابی شدند. شکل های ۳ و ۴ مربوط به واکنش SSCP نواحی بالادستی NFATc1 و Smad6 می باشد. هیچ کدام از نمونه های مربوط به بیماران در کنار گروه کنترل و هم چنین با یکدیگر تفاوت کنفورماسیونی نشان ندادند.

1 Singel stranded conformational polymorphism

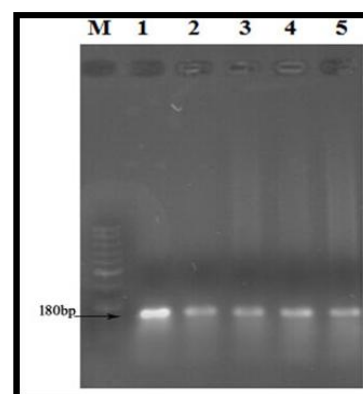
جدول ۱- توالی پرایمرهای استفاده شده در این تحقیق

نام پرایمر	توالی	شماره دستیابی ^۲ در بانک ژنی	طول قطعه تکثیر شونده ^۳
NAT-F	5'- GCAGCAGGGGCGTGATGTC-3'	NM_172390.2	۱۸۰ جفت باز
NAT-R	5'- TGCTGCTGGGATCTGGCG-3'		
Smd-F	5'- GGGTATCAACAAGCCTGCC-3'	XR_931827.2	۲۴۶ جفت باز
Smd-R	5'- TCAACAACCTCCAGCCCCCG-3'		

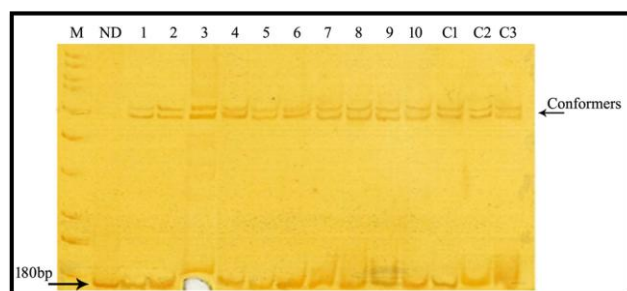
² Amplicon length

³ Accession Number

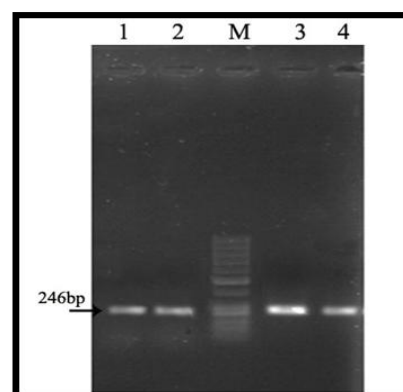
های مولکولی که تکوین قلب را کنترل می کنند در تعدادی از موجودات زنده در حال انجام است (Garg 2006). ما در این پژوهش ۳۰ نمونه بیمار زن مبتلا به پرولاپس دریچه میترا را از نظر وجود پلی مورفیسم های احتمالی در پروموتور ژن های *Smad6* و *NFATc1* برای اولین بار در کشور مورد مطالعه قرار دادیم. بیماران مورد مطالعه در دامنه سنی ۲۵ تا ۵۰ قرار داشتند. در انتخاب بیماران چندین عامل در نظر گرفته شد. بیمارانی که سابقه فامیلی مثبت نداشتند در مطالعه وارد نشدند و این موضوع جمع آوری نمونه را با مشکل مواجه نمود. بیماران توسط متخصص جراح قلب در بیمارستان قلب تهران انتخاب شدند و تمامی آن ها از افرادی بودند که به دلیل عارضه MVP به شکل حاد به جراحی نیاز داشتند.



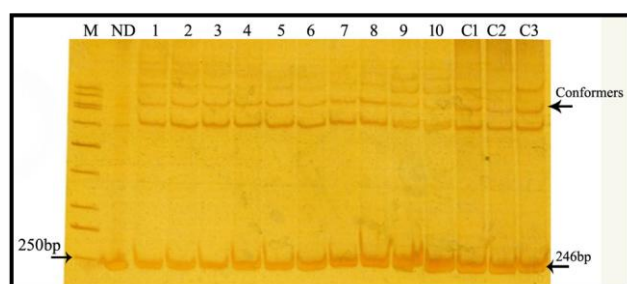
شکل ۱- نمونه الکتروفورز ژل آگارز یک درصد، بررسی محصولات PCR قطعه ۱۸۰ جفت بازی مربوط به ناحیه پروموتوری ژن *NFATc1*. M: مارکر ۵۰ جفت بازی اندازه DNA، ستون های یک تا پنج نمونه های مربوط به بیماران می باشد.



شکل ۳- نمونه ای از ژل SSCP مربوط به بررسی ناحیه بالادستی ژن *NFATc1*. ژل آکرل آمید ۱۰ درصد. M: مارکر اندازه DNA، ND: نمونه دنا توره نشده، C1 تا C3 نمونه های کنترل می باشند. نمونه های ۱ تا ۱۰ مربوط به بیماران می باشد که در تمامی نمونه ها الگوی کنفورمرها یکسان است.



شکل ۲- نمونه الکتروفورز ژل آگارز یک درصد، بررسی محصولات PCR قطعه ۲۴۶ جفت بازی مربوط به ناحیه بالادستی ژن *Smad6*. M: مارکر اندازه DNA، ستون های یک تا چهار نمونه های مربوط به بیماران می باشد.



شکل ۴- نمونه ای از ژل SSCP مربوط به ناحیه بالادستی ژن *Smad6*. ژل آکرل آمید ۱۰ درصد. M: مارکر اندازه DNA، ND: نمونه دنا توره نشده، C1 تا C3 گروه کنترل می باشند. نمونه های ۱ تا ۱۰ مربوط به بیماران می باشد که در تمامی نمونه ها الگوی کنفورمرها یکسان است.

بحث

مطالعه حاضر یک برآورد اولیه از وجود پلی مورفیسم در نواحی بالادستی دو ژن *Smad6* و *NFATc1* به عنوان ژن های مهم در تکوین قلب می باشد. نتایج چنین مطالعاتی می تواند در درمان اختلالات قلبی با استفاده از سلول های بنیادین و با دیدگاه شناسه بیانی در مورد چنین ژن هایی حائز اهمیت باشد. اختلالات قلبی نوزادان حدود ۲۵ درصد کل اختلالات مادرزادی را شامل می شود که شیوع و مرگ و میر بالایی در نوزادان زیر یک سال دارد. مکانیسم های ژنتیکی که باعث این اختلالات می شود به کندی در حال حل شدن است و تحقیقات مختلفی در ارتباط با مکانیسم-

SNP در ژن *NFATc1* با این بیماری مرتبط بودند که اولین مورد آن SNP در نوکلئوتید T/C در اگزون ۲ باعث قرارگیری لوسین به جای پرولین در موقعیت ۶۶ می‌شود و دومین مورد هم SNP در نوکلئوتید A/C در اگزون ۸ باعث قرارگیری لوسین به جای ایزولوسین در موقعیت ۷۰ می‌شود (Zahi and Yehya 2012). با توجه به این گزارش‌ها می‌توان پیشنهاد کرد که عدم وجود پلی-مورفیسم در ناحیه پروموتوری این ژن‌ها که در تحقیق ما گزارش شده‌است، به معنی عدم دخالت این ژن‌ها در MVP نیست و به زبان دیگر مطالعه اگزون‌ها (نواحی کدگذار) و حتی ایترون‌های این ژن‌ها در بیماران MVP می‌تواند هدف بررسی بعدی باشد.

در رابطه با ژن *Smad6*، مطالعات نشان داده است که هر نوع اختلال در بیان ژن *Smad6* در قلب در زمان تکوین با مکانیسمی وابسته به BMP موجب بروز اختلالات شدید خواهد شد (Katherine et al. 2000; Kristine et al. 2011). مطالعات مشابه نشان داد که جهش در برخی نواحی ژن *Smad6* باعث ناهنجاری-های قلبی عروقی مادرزادی می‌شود (Huay et al. 2012; Tan et al. 2012). این گزارشات می‌تواند تا حدی توجیه کننده عدم یافتن پلی مورفیسم در ناحیه پروموتوری ژن‌های مورد مطالعه در این تحقیق باشد. به نظر می‌رسد هر نوع تغییر ژنتیکی که باعث کاهش یا افزایش بیان این ژن‌ها شود (به‌ویژه در ناحیه بالادستی و پروموتوری) موجب سقط جنین بسیار زود هنگام و حتی عدم توفیق رویان جهت لانه‌گزینی خواهد شد و ممکن است در افراد زنده به چنین مواردی کمتر برخورد نماییم.

فرض دیگر اینست که دخالت همزمان ژن‌های دیگری در شیوع MVP مد نظر قرار گیرد. مطالعات ارتباط قطعی ژن‌های *MMVP1*^۳ (Disse et al. 1999)، *MMVP2* (Lisa et al. 2003) و *MMVP3* (Francesca et al. 2005) را با بروز اختلالات دریچه میترا ل اثبات نموده است. دخالت ژن فیلامین A که روی کروموزوم X می‌باشد و نوع نادری از MVP را باعث می‌شود (Kyndt et al. 1998) موید هتروژنی بالای این اختلال بوده و نگرشی محتاطانه‌تر به این نوع بررسی‌ها را یادآوری می‌کند. دخالت دو ژن *NFATc1* و *Smad6* در مسیرهای مهم منجر به تکوین دریچه قلب موجب شد تا فرضیه دخالت احتمالی پلی مورفیسم‌های ناحیه بالادستی در

هم‌چنین سن بیماران ملاک دیگری در انتخاب بود. به دلیل تعداد بسیار کم بیمار با سنین پایین و هم‌چنین ماهیت این بیماری که بروز آن در حدود میانسالی است با محدودیت دیگری مواجه بودیم و امکان نمونه‌گیری از سایر اعضا خانواده به خاطر نگرانی-های اخلاقی موجود فراهم نبود. استفاده از ۱۰ فرد سالم به عنوان کنترل صرفاً جهت بهینه‌سازی آزمایشات بود و به دلیل اینکه هیچ پلی مورفیسمی یافت نشد نیاز به گروه معنی دار کنترل وجود نداشت. نکته دیگر قابل ذکر جنسیت بیماران می‌باشد. در این مطالعه کلیه بیماران مورد بررسی زن انتخاب شدند. شیوع بالاتر این بیماری در زنان در مقالات زیادی گزارش و تاکید شده‌است و این انتخاب زمانی بیشتر موجه می‌باشد که بدانیم موقعیت تکوینی اختلال نیز در زنان متفاوت است (Delling and Vasan 2014). شاید یکی از دلایل عدم مشاهده پلی مورفیسم در مبتلایان بررسی شده در تحقیق حاضر عدم ارتباط این پلی مورفیسم‌ها با انواع دیر-رس MVP باشد. در عین حال با توجه به تفاوت شیوع در دو جنس زن و مرد (Sattur et al. 2010) بهتر است این موضوع مد نظر قرار گیرد. انتخاب نوع ژن‌ها از نقاط قوت این تحقیق می-باشد. در این تحقیق پلی مورفیسم ناحیه کنترلی ژن *NFATc1* مد نظر قرار داده شد. مطالعات اخیر نقش اعضا خانواده ژنی *NFAT* را در سیکل سلولی و هم‌چنین فرایند آپوپتوز^۱ برجسته کرده است و این می‌تواند تایید کننده نقش این خانواده ژنی در فرایند تکوین جنینی و به‌ویژه ارگان‌های مهم باشد که در مطالعات دیگری نیز گزارش شده‌است (Mongol et al. 2016; Shen et al. 2013).

مطالعات کلینیکی نشان می‌دهد که *NFATc1* می‌تواند با اختلال در تیغه جدا کننده دو بطن (VSD) مرتبط باشد. پلی مورفیسم در ایترون ۲ (rs724256)، ایترون ۶ (rs11665469)، ایترون ۷ (rs75455) ژن *NFATc1* ارتباط برجسته‌ای با VSD دارد (Shen et al. 2013). در گزارشی دیگر برای اولین بار ارتباط بین *NFATc1* و بیماری TA^۲ کشف شد. در این بیماری اتصال بین دهلیز و بطن راست که قبلاً توسط دریچه سه لختی حفظ می‌شد از بین می‌رود. تا قبل از این آزمایش نقص در دریچه سه لختی با هیچ جایگاه ژنی مرتبط نمی‌دانستند اما در این آزمایش دو مورد

^۱ Apoptosis^۲ Tricuspid Atresia^۳ Myxomatous Mitral Valve Prolapse 1

ژن‌های *Smad6* و *NFATc1* نیاز به تحقیقات بیش‌تر در این زمینه احساس می‌شود.

سپاسگزاری

این طرح در قالب تفاهم نامه همکاری با مرکز قلب تهران انجام گرفته است. نویسندگان مقاله از آقای دکتر عباسی در مرکز قلب تهران به دلیل همکاری در معرفی بیماران واجد شرایط این تحقیق قدردانی می‌نمایند. هم‌چنین از دانشگاه شهرکرد به‌خاطر حمایت مالی این تحقیق قدردانی می‌شود.

منابع

- Bassam BJ, Caetano Anollés G, Gresshoff PM (1991) Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels. *Anal Biochem*: 196:80-3.
- Delling FN, Vasan RS (2014) Epidemiology and Pathophysiology of Mitral Valve Prolapse New Insights into Disease Progression, Genetics, and Molecular Basis *Circulation*.129:2158-2170.
- Dina C, Bouatia Naji N, Tucker N et al. (2015) Genetic association analyses highlight biological pathways underlying mitral valve prolapse. *Nature Genetics* 47, 1206-1211
- Disse S, Abergel E, Berrebi A, Houot M, LeHeuzey J, Diebold B, Guize L, Carpentier A, Corvol P (1999) Mapping of a first locus for autosomal dominant myxomatous mitral-valve prolapse to chromosome 16p11.2-p12.1. *Am J Hum Genet*. 65:1242-1251.
- Francesca N, Maire L, Chaim Y, Charles S (2005) New Locus for Autosomal Dominant Mitral Valve Prolapse on Chromosome 13: Clinical Insight from Genetic Studies. *Circulation*.112:2022-2030.
- Garg V. Insights into the genetic basis of congenital heart disease. *Life Sci*. (2006) 63:1141-1148.
- Galvin K, Donovan M, Lynch C, Meyer R, Paul R LJ, Fairchild-Huntress V.(2000) A role for *smad6* in development and homeostasis of the cardiovascular system. *Genes Development*. 24:171-174.
- Grau JB, Pirelli L, Galloway AC, Ostrer H (2007) The genetics of mitral valve prolapse. *Clin Genet* 72:288-295.
- Huay L, Elise G, Darroch H (2012) Nonsynonymous variants in the *Smad6* gene predispose to congenital cardiovascular malformation. *Human mutation*. 33:720-727.
- Isabella A, Chen F (2001) NFAT signaling in vertebrate development. *Pathology*. 11:505-512.
- katherine M, Galvin J, Michael J (2000) A role for *Smad6* in development and homeostasis of the cardiovascular system. *Nature*. 24:171-174.
- Kristine D, Estrada N, Alana M (2011) *Smad6* is essential to limit BMP signaling during cartilage development. *Bone and Mineral*. Reaserch. 26:2498-2510.

بروز اختلالات دریچه در برخی از افراد شکل بگیرد. در این تحقیق ناحیه هسته‌ای پروموتر ژن‌های *Smad6* و *NFATc1* مورد بررسی قرار گرفتند و نهایتاً در هیچ یک از نمونه‌ها تفاوت بارزی در الگوی کنفورمرها مشاهده نشده بود. به‌طور کلی دو فرضیه برای این نتیجه می‌توان ارائه داد: پلی مورفیسم در ناحیه بالادستی ژن‌های *Smad6* و *NFATc1* در بروز بیماری نقشی ندارد و یا اثرات پلی مورفیسم‌های عملکردی تهدید کننده زندگی جنین انسان است. با توجه به اهمیت پلی مورفیسم در ناحیه بالادستی

- Kyndt F, Schott J, Trochu J, Baranger F, Herbert O, Scott V, Fressinaud E, David A, Moisan P, Bouhour B (1998) Mapping of X-linked myxomatous valvular dystrophy to chromosome Xq28. *Am J Hum Genet*. 62:627-632.
- Layford p, Weyman D. (2001) Mitral valve prolapsed. Time for a fresh look. *Cardiovascular Medicine*. 2:73-81.
- Lisa A, Freed J, James S, Acierno J, Daisy D, Maire L, Francesca N (2003) A Locus for Autosomal Dominant Mitral Valve Prolapse on Chromosome 11p15.4. *Am J Hum Genet*. 72:1551-1559.
- Mognol GP, Carneiro, FRG, Robbs BK, Faget DV, and Viola JPB (2016) Cell cycle and apoptosis regulation by NFAT transcription factors: new roles for an old player. *Cell Death Dis*. 7: e2199.
- Padang R and Semsarian C (2012) Genetic Basis of Familial Valvular Heart Disease *Circulation: Cardiovascular Genetics*. 5: 569-580.
- Sambrook J and Russel DW (2001) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 3rd Edition, Cold spring Harbor laboratory press, Cold spring Harbor, New York.
- Sattur S, Bates S and Movahed MR (2010) Prevalence of mitral valve prolapse and associated valvular regurgitations in healthy teenagers undergoing screening echocardiography. *Exp Clin Cardiol*. 15: e13-e15.
- Shen L, Zhong Zhi L (2013) Association of *Nfatc1* gene polymorphism with Ventricular septal defect in the chines Han population. *Medicine Journal*. 126:78-81.
- Song R, Fullerton DA, Ao L, Zheng D, Zhao KS, Meng X (2015) BMP-2 and TGF-beta1 mediate biglycan-induced pro-osteogenic reprogramming in aortic valve interstitial cells. *J Mol Med (Berl)* 93:403-412.
- Tan HL, Glen E, Töpf A, et al. (2012) Nonsynonymous variants in the *SMAD6* gene predispose to congenital cardiovascular malformation. *Hum Mutat*. 33:720-7.
- Zahi A, Yehya A (2012) Two heterozygous mutations in *NFATC1* in a patient with Tricuspid Atresia. *Plos one*. 7:1-11.