

T-bet and GATA-3 Gene Expression in Children with Allergic Asthma and Healthy Controls

Mostafa Kardan¹,
Javad Ghaffari²,
Reza Valadan³,
Alireza Rafiei⁴,
Mostafa Soltani¹,
Meysam Aghajani¹,
Marziyeh Mohammadi⁵

¹ MSc Student in Immunology, Student Research Committee, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

² Professor, Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ Assistant Professor, Department of Immunology, Molecular and Cell Biology Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

⁴ Professor, Department of Immunology, Molecular and Cell Biology Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

⁵ PhD student in Immunology, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received December 14, 2016 ; Accepted February 28, 2017)

Abstract

Background and purpose: Allergic asthma is a chronic inflammatory disorder with increased inflammation and bronchial over react to stimulants. Th1 and Th2 cells are the main cells involved in the pathophysiology of asthma. The function of these cells is under the influence of T-bet and GATA3 transcription factors. This study aimed to investigate the impairment of immune responses in patients with allergic asthma compared with controls.

Materials and methods: In a case-control study, 24 patients with allergic asthma and 10 healthy individuals were recruited. The Mononuclear cells (PBMCs) were isolated and cDNA was synthesized after RNA extraction. Gene's expressions of T-bet and GATA3 were evaluated by Real-time Polymerase chain reaction and their relationships with risk factors for asthma were analyzed using statistical tests.

Results: In our study, the GATA3 gene expression in patients increased 29 times more than that in controls ($P=0.002$) but the expression of T-bet declined ($0.43, P=0.32$). Evaluation of T-bet / GATA3 showed that this ratio was significantly lower in patients compared with that in the controls ($P<0.0001$).

Conclusion: Increased expression of GATA3 and significant reduction of T-bet / GATA3 ratio in patients showed disturbed immune responses in asthma. So, any remedial or control actions should focus on improving the unbalanced situation.

Keywords: allergic asthma, T-bet, GATA-3, Real time PCR

J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 26 (146): 9-21 (Persian).

بررسی بیان ژن های T-bet و GATA-3 در کودکان مبتلا به آسم آلرژیک در مقایسه با گروه شاهد

مصطفی کاردان^۱جواد غفاری^۲رضا ولدان^۳علیرضا رفیعی^۴مصطفی سلطانی^۱میثم آقاجانی^۱مرضیه محمدی^۵

چکیده

سابقه و هدف: آسم آلرژیک یک اختلال التهابی مزمن است که با افزایش التهاب مجاری هوایی و پاسخ بیش از حد برونش به محرک ها می باشد. سلول های اصلی دخیل در پاتوفیزیولوژی آسم، سلول های Th1 و Th2 می باشند و عملکرد این سلول ها تحت تاثیر فاکتورهای رونویسی T-bet و GATA3 می باشد. این مطالعه با هدف بررسی وضعیت بیان ژن های T bet، GATA3 در کودکان مبتلا به آسم آلرژیک در مقایسه با گروه شاهد انجام شد.

مواد و روش ها: در این پژوهش مورد-شاهدی تعداد ۲۴ بیمار مبتلا به آسم آلرژیک و هم چنین ۱۰ فرد سالم به عنوان گروه کنترل شرکت داشتند. سلول های تک هسته ای خون محیطی جدا گردید، RNA آن ها استخراج و cDNA سنتز شد و بیان نسبی فاکتورهای نسخه برداری T-bet و GATA3 به وسیله روش Real time PCR ارزیابی شد و ارتباط آن با فاکتورهای خطر آسم با استفاده از آزمون های آماری مربوطه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که بیان ژن GATA3 در بیماران به میزان ۲۹ برابر افراد شاهد افزایش داشت ($p=0/002$). در حالی که بیان T-bet کاهش داشته ($0/43$) و معنی دار نبود ($p=0/32$). ارزیابی نسبت T-bet/GATA3 نشان داد که در بیماران این نسبت به طور معنی داری کمتر از افراد شاهد است ($p<0/001$).

استنتاج: افزایش بیان GATA3 و کاهش نسبت T-bet/GATA3 بیماران در مقایسه با افراد شاهد نشان از اختلال وضعیت پاسخ های ایمنی اختصاصی در آسم دارد. بنابراین هر گونه اقدام درمانی و یا کنترلی می بایست بر اصلاح وضعیت عدم تعادل ایجاد شده متمرکز گردد.

واژه های کلیدی: آسم آلرژیک، T-bet، GATA3، Real time PCR

مقدمه

آسم آلرژیک یک اختلال التهابی مزمن بوده که با افزایش پاسخ دهی مجاری هوایی به انواع محرک ها و هم چنین افزایش ترشح موکوس مشخص می شود و با علائمی مانند عطسه، سرفه و تنگی نفس همراه است (۱).

مؤلف مسئول: علیرضا رفیعی - ساری: کیلومتر ۱۸ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم (ص)، مرکز تحقیقات سلولی مولکولی E-mail: rafiei1710@gmail.com

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ایمونولوژی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. استاد، گروه اطفال، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. استادیار، گروه ایمونولوژی، مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۴. استاد، گروه ایمونولوژی، مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۵. دانشجوی دکتری ایمونولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه تهران علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۵/۹/۲۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰

تمایز سلول‌های Th1 جلوگیری نماید (۸-۱۱). فاکتور رونویسی T-bet عضوی از خانواده T-box است که در تمایز و عملکرد افکتوری سلول‌های Th1 نقش دارد. از سایتوکاین‌های ترشح شده توسط سلول Th1 می‌توان به IFN- γ ، IL-12 اشاره کرد که در ایمنی سلولی نقش داشته و در کاهش پاسخ‌های ایمنی سلول Th2 می‌تواند موثر واقع شود (۱۲-۱۴). اخیراً، عدم تعادل بین فاکتورهای رونویسی T-bet و GATA3 در آسم برونشial مخصوصاً آسم آلرژیک گزارش شده است. در نتیجه تحقیق بر روی نسبت T-bet/GATA3 در شرایط مختلف بیماری و مقایسه آن با افراد سالم ممکن است برای فهم اتیولوژی آسم و ایجاد روش‌های ایمونوتراپی مفید باشد (۱۵، ۱۶). در این مطالعه ما بیان نسبی فاکتورهای رونویسی T-bet و GATA3 را در بیماران مبتلا به آسم و ارتباط آن با شدت بیماری و همچنین فاکتورهای خطر بیماری را نسبت به افراد سالم مورد ارزیابی قرار دادیم.

مواد و روش‌ها

جمعیت مورد مطالعه

این مطالعه موردی شاهدهی در تعداد ۳۴ نفر انجام شد که پس از اطلاع از پروتکل و اهداف مطالعه به صورت داوطلبانه وارد مطالعه شدند. این تعداد شامل ۲۴ نفر بیمار مبتلا به آسم آلرژیک به فرم‌های خفیف (۷ نفر)، متوسط (۱۱ نفر) و شدید (۶ نفر) و همچنین ۱۰ نفر فرد سالم به عنوان کنترل بود که بیماران و افراد کنترل از نظر سن و جنسیت مشابه‌سازی شدند. ابتلا به آسم آلرژیک بر اساس آخرین معیارهای تشخیصی انجمن آسم آمریکا (GINA، ۲۰۱۵) و توسط پزشک فوق تخصص آسم و آلرژی تشخیص داده شد. به طوری که افراد مبتلا دارای معیارهای ورودی شامل یافته‌های بالینی و پاراکلینیکی (اسپیرومتری، سنجش IgE) ابتلا به آسم بودند. عمده این افراد بیمارانی بودند که به تازگی ابتلا به آسم آن‌ها تشخیص داده شده بود. افراد مبتلا فاقد بیماری‌های زمینه‌ای از جمله دیابت، فشارخون،

بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۴ آسم یکی از شایع‌ترین بیماری‌های مزمن بوده که تقریباً ۳۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان به این بیماری مبتلا هستند و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ به ۴۰۰ میلیون نفر برسد (۲). در میان نژادهای مختلف، آفریقا و آمریکایی‌ها اندکی رتبه بالاتری در بستری شدن و مرگ بر اثر بیماری آسم نسبت به نژادهای دیگر دارند (۳). بر طبق آمارگیری که در سال ۱۳۸۶ صورت گرفت، میانگین شیوع آسم در ایران ۱۳/۱۴ درصد است که بالاتر از میانگین جهانی است (۴). هم‌چنین در مطالعاتی، شیوع آسم در ایران بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۳ با نرخ ۱۳ درصد بوده که کم‌ترین آن در کرمان (۲/۷ درصد) و بیشترین میزان در تهران (۳۵/۳ درصد) گزارش شده است (۵). آلرژن‌هایی مثل گرده، گرد و غبار خانگی، پوست و موی حیوانات خانگی و... از عوامل ایجاد کننده این بیماری هستند. در این بیماری بیش‌تر سلول‌ها و مدیاتورهای سلولی مثل ماست سل‌ها، ائوزینوفیل‌ها، لنفوسیت‌های T، ماکروفاژها، نوتروفیل‌ها، و سلول‌های اپی‌تلیال نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۶، ۷). سلول‌های TCD4+ از کارگزاران اصلی پاسخ‌های ایمنی در سلامت و در بیماری‌های التهابی هستند که به دستجات سلول‌های Th1، Th2، Th17 و Treg تقسیم می‌شوند. آسم، بیش‌تر یک بیماری وابسته به Th2 است که با ترشح اینترلوکاین‌های (IL)، IL-4، IL-5، IL-9 و IL-13 شناخته می‌شود. این سایتوکاین‌ها مخصوصاً IL-4، IL-5 و IL-13 نقش مهمی در پیشرفت آسم دارند. IL-4 یک سایتوکاین برای تولید ایمونوگلوبولین E (IgE) بوده و IL-5، مسئول تمایز نهایی، فعال شدن و فراخوانی ائوزینوفیل‌ها می‌باشد. هم‌چنین IL-13 باعث افزایش هایپرپلازی سلول‌های گابلت و افزایش ترشح موکوس می‌شود. فاکتور رونویسی GATA3 به عنوان تنظیم‌کننده اساسی تمایز Th2 عمل کرده و بروز ژن‌های سایتوکاین‌های آن را افزایش می‌دهد. به علاوه GATA3 قادر است به واسطه مهار بیان زنجیره پیام‌دهی گیرنده IL-12، از

بیماری‌های انسدادی مجاری هوایی نظیر COPD، عفونت ویروسی یا باکتریایی بودند و دارویی به غیر از داروهای مورد نظر در آسم، مصرف نمی‌کردند. بیماران بر اساس شدت بیماری آسم به سه گروه خفیف، متوسط و شدید طبقه‌بندی شدند. در این مطالعه همچنین تعداد ۱۰ نفر فرد سالم که از لحاظ بالینی و آزمایشگاهی فاقد علامت آسم و هرگونه بیماری زمینه‌ای اعم از بیماری‌های آلرژیک یا سایر موارد اتوپی، خود ایمنی و عفونی بودند که سلامت این افراد نیز توسط آزمایشات پاراکلینیکی و یافته‌های اسپرومتری مورد تایید پزشک متخصص قرار گرفت، به عنوان گروه کنترل وارد مطالعه شدند. پروتکل این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مازندران تصویب شده و ورود به مطالعه براساس معیارهای توافق شده هیلسنکی بوده که جمعیت مورد مطالعه با رضایت آگاهانه وارد مطالعه شدند.

نمونه‌گیری و جداسازی سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی (PBMCs)

پس از اخذ رضایت کتبی از افراد مورد مطالعه یا والدین آن‌ها، میزان ۵-۱۰ میلی‌لیتر خون محیطی در شرایط آرامش (فاقد حملات آسم) از بیماران و همچنین افراد کنترل در کلینیک تخصصی طبوبی و بیمارستان بوعلی ساری اخذ و در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA (۵۰ میلی‌مولار) ریخته شد و با حفظ و رعایت شرایط زنجیره‌ای سرد در cool box قرار داده و در نهایت به آزمایشگاه مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی و مولکولی دانشکده پزشکی ساری انتقال داده شد. سپس سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی (PBMCs) با استفاده از شیب غلظتی فایکول ۱۰۷۷ جداسازی گردید. برای این منظور فایکول ۱۰۷۷ را به میزان نصف حجم نمونه خون به لوله فالكون ۱۵ ml انتقال داده و خون کامل (Whole blood) توسط پیت پاستور به آرامی در سطح آن اضافه گردید. سپس در دور ۴۰۰g به مدت ۲۰

دقیقه در دمای اتاق، سانتریفوژ شد و حلقه PBMCs به آرامی برداشته شده و برای حذف اثرات توکسیک فایکول، سلول‌های اخذ شده سه بار با PBS با سانتریفوژ در دور ۲۵۰g به مدت ۱۰ دقیقه، شستشو داده شد. سپس برای متناسب ساختن تعداد جمعیت سلولی در هر نمونه، سلول‌های PBMCs جدا شده را با RPMI1640 به حجم ۱ میلی‌لیتر رسانده شد و با استفاده از لام ثوبار تعداد سلول‌ها شمارش گردید و در تعداد ۴ میلیون سلول تنظیم گردید.

استخراج RNA و بررسی خلوص و کیفیت آن

در این مطالعه برای استخراج RNA از کیت ستونی شرکت سیناژن (سیناژن، ایران) استفاده شد. اساس استخراج RNA توسط این کیت به صورت اتصال RNA به غشای سیلیکایی فیلتر داخل ستون استخراج در حضور غلظت بالای نمک است و هم‌چنین در شرایط نمک پایین (آب دیونیزه فاقد RNase)، RNA متصل شده از فیلتر جدا می‌شود. بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده، وارد نمودن تعداد ۴ تا ۶ میلیون سلول در هر ستون، نتیجه مناسبی از نظر مقدار RNA به دنبال خواهد داشت. پس از انجام مراحل استخراج، RNA با افزودن مقدار ۱۰۰ میکرو لیتر بافر آزادکننده، از ستون آزاد شده و در میکروتیوپ استریل فاقد RNase و DNase جمع گردید. با توجه به اهمیت حفظ یکپارچگی RNA در مراحل بعدی، علاوه بر برآورد کمیت RNA می‌بایست کیفیت و خلوص RNA به دست آمده نیز بررسی و ارزیابی شود. مقدار RNA به دست آمده با استفاده از دستگاه نانواسپکترومتر و فتومتر در طول موج‌های ۲۶۰ و ۲۸۰ نانومتر سنجیده شده و پس از محاسبه نسبت جذب نوری در طول موج ۲۶۰ به ۲۸۰ (OD260/OD280) با استفاده از فرمول زیر به دست آمد.

$$\text{ضرب رقت} = \text{OD260/OD280} \times 40 \times \text{مقدار RNA}$$

مقدار RNA بر حسب $\mu\text{g/ml}$ برای ارزیابی کیفیت RNA استخراج شده، از الکتروفورز اندکی از نمونه RNA

در ژل آگاروز ۲ درصد استفاده شد که دو باند ۲۸s و ۱۸s به خوبی در شکل ژل حاوی سایبر سیف مشاهده شد.

سنتز cDNA

سنتز cDNA با استفاده از کیت پارس طوس صورت گرفت که حاوی ترکیبات RT oligo(dT) و Random Hexamer می باشد. محلول RT محتوی آنزیم MMLV RTase بوده که در افزایش سنتز cDNA و پایداری آن نقش دارد. طبق پروتکل کیت، در شرایط کاملاً استریل ترکیبات لازم برای سنتز cDNA به RNA اضافه گردید و در شرایط دمایی: ۲۵ °C به مدت ۱۰ دقیقه، ۴۷ °C به مدت ۶۰ دقیقه، و ۷۰ °C به مدت ۱۰ دقیقه توسط دستگاه BioRad مراحل تکمیلی سنتز cDNA صورت پذیرفت. برای بررسی کیفیت cDNA سنتز شده، از الکتروفور آن در ژل آگارز ۲ درصد استفاده گردید.

بررسی بیان ژن توسط Real-Time PCR

تکنیک Real-Time PCR روشی است که طی آن تکثیر محصولات PCR و سنجش آن‌ها همزمان صورت می گیرد. در این تکنیک می توان در هر لحظه از زمان و در هر سیکل مقدار DNA تکثیر شده را اندازه گیری کرد. در این روش برای نمایش تکثیر به جای اتیديوم بروماید از مواد فلورسانتی مانند SYBR Green که حساسیت بیش تری دارد استفاده می شود. در طول واکنش، میزان فلورسانس متناسب با میزان محصولات تکثیر شده در هر سیکل تغییر می یابد. در مطالعه حاضر واکنش Real-Time PCR توسط دستگاه Bio-Rad ساخت کشور آمریکا طبق پروتکل دمایی مندرج در جدول شماره ۱ انجام گرفت. پس از انجام واکنش تکثیر به روش Relative Quantitative Real-time PCR، داده های

خام به صورت (Threshold cycle) Ct از دستگاه استخراج شد. در این مطالعه برای نرمال سازی میزان بیان ژن های هدف، از ژن رفرانس EF-1 استفاده شد که یک ژن خانه بان می باشد که بیان آن در شرایط مختلف تیماری تغییری نمی کند. برای بررسی بیان نسبی mRNA ژن های هدف از روش ابداعی لیواک استفاده شد که در این روش به جای Ct که اعدادی توانی هستند که از نمودار لگاریتمی - خطی تکثیر ژنی به دست می آید از $2^{-\Delta\Delta Ct}$ استفاده می شود که دامنه خطی دارد. هم چنین برای به دست آوردن میزان کارایی (Efficiency) تکثیر هر یک از ژن های مورد نظر منحنی تکثیر با استفاده از ۶ رقت بر مبنی ۱۰ از cDNA به دست آمد و شیب منحنی با استفاده از Ct هر رقت در لگاریتم غلظت cDNA به دست آمد. همچنین Efficiency تکثیر هر ژن به دست آمد که چون Efficiency ژن های هدف (GATA-3 و T-bet) خیلی نزدیک با EF-1 بود از روش $2^{-\Delta\Delta Ct}$ برای محاسبه بیان نسبی ژن های هدف استفاده شد. پرایمر accession number: NM-GATA-3 (00100229). توسط نرم افزار AlleleID نسخه ۷/۵ شرکت premier biosoft طراحی شد به طوری که mRNA به صورت تخصصی تکثیر شود نه DNA ژنومی. همچنین توالی ژنی T-bet (۱۷) و EF-1 (۱۸) از مقالات معتبر به دست آمد.

آنالیز آماری

داده های کیفی به صورت فراوانی مطلق و نسبی بیان شدند و برای مقایسه بین گروه ها از آزمون کای دو استفاده شد. داده های کمی به صورت میانگین $\pm$ SD و یا میانه نمایش داده شده اند. برای مقایسه داده های

جدول شماره ۱: توالی پرایمر مورد استفاده و پروتکل دمایی در Real Time PCR

ژن	پرایمر	توالی	اندازه محصول (bp)	پروتکل دمایی
EF-1	Forward	CTGAACCATCCAGGCCAAAT	۵۹	۹۵ °C - ۳۰
	Reverse	GCCGTGTGGCAATCCAAT		
T-bet	Forward	GATGCGCCAGGAAGTTTCAT	۸۳	۹۵ °C - ۱۵
	Reverse	GCACAATCATCTGGGTACATT		
GATA-3	Forward	GTCCTGTGCGAACTGTCA	۱۳۹	۶۰ °C - ۳۰
	Reverse	GATGCCTTCTTCTCATAGTCA		

کمی، ابتدا توزیع آن‌ها با استفاده از تست کلموگروف-اسمیرنوف بررسی گردید. برای مقایسه داده‌های کمی در صورت داشتن توزیع نرمال از آزمون t student و یا ANOVA و چنان چه توزیع نرمال نباشد از آزمون‌های ناپارامتری نظیر Mann-Whitney U test یا Kruskal-Wallis H استفاده شد. در تمام آنالیزهای آماری سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ ($p < 0.05$) در نظر گرفته شد. برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از سامانه SPSS نسخه ۱۹ استفاده شد.

یافته ها

در این مطالعه تعداد کل ۳۴ نفر مورد مطالعه قرار گرفتند که از این تعداد ۲۴ نفر بیمار مبتلا به بیماری آسم آلرژیک و ۱۰ نفر فرد سالم بودند. جدول شماره ۲ بر اساس ویژگی‌های دموگرافیک و بالینی گروه بیمار و سالم تنظیم شده است، با توجه به این که تعداد نمونه از نظر آماری قابل توجه می‌باشد و همچنین توزیع داده‌ها نیز از پراکندگی نرمال و مناسب برقرار بود لذا تجزیه و تحلیل، بر حسب متغیرهای مورد نظر از جمله سن و جنس و سایر موارد انجام گردید. طبق جدول فوق سن بیماران مبتلا به آسم ($12/46 \pm 7/9$) بوده، گرچه از سن افراد شاهد کم‌تر می‌باشد ($15/1 \pm 7/7$) ولی ارزیابی آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد ($p = 0/379$). هم‌چنین اکثر افراد بیمار مرد بودند ($54/2$) و در جمعیت سالم نیز مردان بیش‌تر از زنان وارد مطالعه شدند و ارزیابی آماری نشان داد که بین جنسیت در دو گروه افراد بیمار و سالم تفاوتی وجود ندارد ($p = 0/529$). هم‌چنین برای بررسی وضعیت آلرژیک بیماران، میزان ائوزینوفیلی خون محیطی در دو جمعیت مورد ارزیابی قرار گرفت که در بیماران آسمی تعداد ائوزینوفیل‌ها به طور کاملاً معنی‌داری از افراد سالم بیش‌تر بود ($p = 0/008$). با توجه به این که سابقه خانوادگی آسم می‌تواند به عنوان یک ریسک فاکتور تاثیر گذار در ارزیابی‌های بعدی باشد لذا این وضعیت در

بین دو گروه افراد بیمار و سالم مورد ارزیابی قرار گرفت که نشان داد تفاوت معنی‌داری بین وجود سابقه خانوادگی ابتلا به بیماری آسم در بیماران نسبت به افراد سالم وجود دارد ($p = 0/005$). هم‌چنین بررسی عملکرد ریه با استفاده از تست‌های اسپرومتری در خصوص دو جمعیت بیمار و سالم انجام گرفت که نشان داد بیماران مبتلا به آسم از نظر درصد FEV1 به‌طور معنی‌داری کم‌تر از افراد سالم بودند ($p = 0/024$).

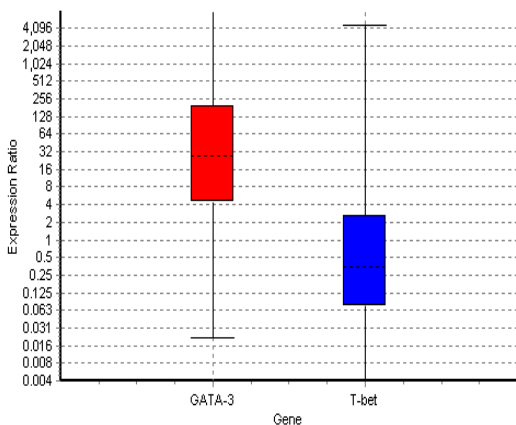
جدول شماره ۲: مقایسه ویژگی‌های دموگرافیک و بالینی گروه بیمار و سالم

خصوصیات	افراد سالم	بیماران آسمی	سطح معنی داری
سن (سال)	$15/1 \pm 7/7$	$12/46 \pm 7/9$	۰/۳۷۹
جنس			
مرد تعداد (درصد)	۶ (۶۰)	۱۳ (۵۴/۲)	۰/۵۲۹
زن تعداد (درصد)	۴ (۴۰)	۱۱ (۴۵/۸)	
ائوزینوفیل (تعداد/میکرولیتر)	$219 \pm 66/9$	$829/1 \pm 666/9$	۰/۰۰۸
سابقه خانوادگی - تعداد	۱ (۱۰)	۲۴ (۶)	۰/۰۰۵
FEV1- (درصد)	$99 - 103$	$60/47 - 82$	۰/۰۲۴
FVC- (درصد)	$96 - 98$	$79 - 99$	۰/۰۳۸

در این مطالعه بیماران مبتلا به آسم بر اساس معیارهای GINA به سه فرم خفیف، متوسط و شدید تقسیم شدند و ریسک فاکتورهای مختلف در این سه گروه مقایسه گردید.

طبق جدول شماره ۳، ارتباط ریسک فاکتورهای بیماری آسم با شدت بیماری مورد بررسی قرار گرفته که نشان می‌دهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سن بیماران، بین سه گروه مشاهده نشد ($p = 0/37$). گرچه سابقه خانوادگی در بیماران مبتلا به آسم خفیف بیش‌تر از دو گروه دیگر بود اما از لحاظ آماری معنی‌دار نشد ($p = 0/43$). هم‌چنین در ارزیابی شاخص‌های اسپرومتری، درصد FEV1 و FVC در افراد آسمی با افزایش شدت، بیماری کاهش می‌یابد به‌طوری که سطح کاهش بین گروه بیمار از لحاظ آماری معنی‌دار شد ($p < 0/0001$). هم‌چنین ارزیابی نسبت FEV1/FVC نشان داد که میزان گرفتگی مجاری تنفسی در افراد مبتلا به آسم شدید به‌طور محسوسی از بیماران مبتلا به آسم خفیف و متوسط بیشتر است، که این تفاوت از لحاظ

افزایش یافت به طوری که در مقایسه با افراد سالم $29/73$ برابر افزایش بیان دارد و این افزایش از لحاظ آماری معنی دار بود ($p=0/002$). حال آن که، ارزیابی بیان Tbet در PBMC بیماران مبتلا به آسم در مقایسه با افراد سالم نشان داد گرچه بیان Tbet در افراد آسمی کاهش یافته ($0/435$) اما این کاهش قابل ملاحظه نبوده و این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نشد ($p=0/32$).



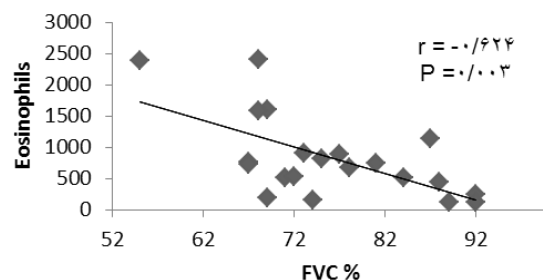
نمودار شماره ۲: بیان ژن Tbet و GATA3 در بیماران نسبت به افراد سالم

هم چنین به منظور بررسی تاثیر ریسک فاکتورهای مختلف این بیماری در جهت دادن پاسخ های ایمنی در بیماران مبتلا به آسم وضعیت بیان فاکتورهای نسخه برداری Tbet و GATA3 مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که سن می تواند در بروز بیماری نقش موثر داشته باشد، متغیر سن به دو دسته کم تر از ۱۲ سال (اطفال) و برابر یا بیش تر از ۱۲ سال (نوجوانان) تقسیم بندی شد. همان طور که جدول شماره ۴ نشان می دهد تفاوت معنی داری در بیان فاکتورهای نسخه برداری Tbet و GATA3 بر اساس سن بیماران مشاهده نشد ($p>0/05$). هم چنین جنسیت نیز تاثیر چندانی در وضعیت بیان این فاکتورهای نسخه برداری نداشت. با توجه به این که

آماري معنی دار بود ($p=0/005$). نمودار شماره ۱ بر اساس ارتباط ائوزینوفیل بیماران با شاخص FVC تنظیم شده است که نشان می دهد ضریب همبستگی منفی بین مقدار ائوزینوفیل در خون محیطی بیماران و FVC آن ها دیده می شود. به این صورت که با افزایش مقدار ائوزینوفیل، مقدار FVC کاهش می یابد که از لحاظ آماری نیز معنی دار بود ($p=0/003$). (نمودار شماره ۱).

جدول شماره ۳: مقایسه ویژگی های دموگرافیک و بالینی بر اساس شدت بیماری

شدت	شدید	متوسط	خفیف	سطح معنی داری
سن	$16/5 \pm 12/3$	$11/0 \pm 4/7$	$11/29 \pm 7/5$	۰/۳۷
جنس (مرد/زن)	۳/۳	۴/۷	۴/۳	۰/۶۷
سابقه خانوادگی تعداد (درصد)	$(16/7)$ ۱	$(18/2)$ ۲	$(42/9)$ ۳	۰/۴۳۱
طول دوره بیماری	$7/0 \pm 10/4$	$4/41 \pm 3/2$	$5/79 \pm 2/2$	۰/۶۵۳
FEV1 (درصد)	$(45-53)$ ۵۰/۳	$(53-74)$ ۶۰	$(61-82)$ ۷۵/۲	<0/001
FVC (درصد)	$(55-77)$ ۶۵/۸	$(74-88)$ ۸۰/۷	$(81-100)$ ۸۹/۷	<0/001
ائوزینوفیل (تعداد/میکرولیتر)	$742/67 \pm 541/3$	$933/2 \pm 748/7$	$783/4 \pm 462/3$	۰/۸۶۲



نمودار شماره ۱: ارتباط میزان ائوزینوفیلی بیماران با درصد FVC

به منظور ارزیابی الگوی پاسخ های ایمنی اختصاصی در جمعیت مورد مطالعه، دو فاکتور نسخه برداری کلیدی که بازگو کننده نوع پاسخ های TH1 (Tbet) و TH2 (GATA3) می باشند، مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که نمودار شماره ۲ نشان می دهد بیان ژن GATA3 در بیماران مبتلا به آسم به میزان قابل ملاحظه ای

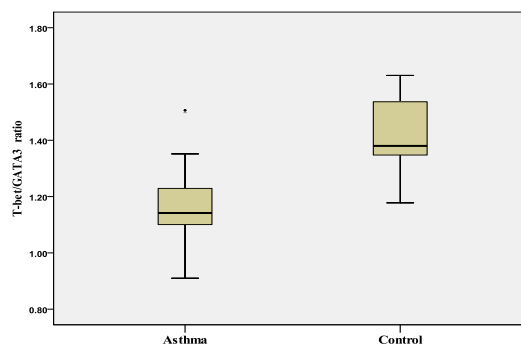
جدول شماره ۴: ارتباط ریسک فاکتور های بیماری با بیان ژن های Tbet و GATA3

متغیر	سن		جنس		سابقه خانوادگی		سطح معنی داری
	سال $12 >$	سال $12 \leq$	مرد	زن	دارد	ندارد	
GATA3	$11/0 \pm 4/1$	$11/72 \pm 3/7$	$10/95 \pm 4/2$	$11/65 \pm 3/5$	$10/65 \pm 5/03$	$11/5 \pm 3/5$	۰/۶۲۸
T-bet	$7/3 \pm 2/7$	$7/38 \pm 1/9$	$6/99 \pm 2/8$	$7/78 \pm 1/9$	$8/42 \pm 2/8$	$7/0 \pm 2/3$	۰/۲۱۷

بحث

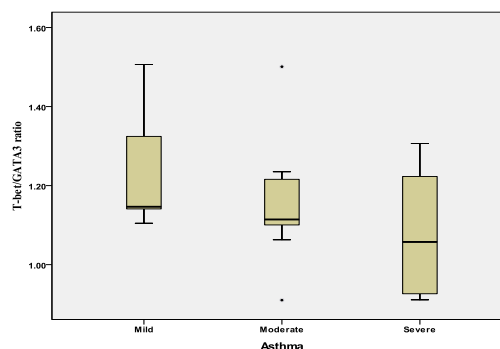
این مطالعه نشان داد که میزان بیان ژن فاکتور نسخه برداری GATA3 در افراد مبتلا به آسم آلرژیک در مقایسه با افراد سالم به طور معنی داری بیش تر است در حالی که بیان T-bet گرچه نسبت به افراد سالم کاهش یافته بود ولی این کاهش قابل ملاحظه نبود. با توجه به این که فاکتور نسخه برداری GATA3 و T-bet به ترتیب نماینده پاسخ های نوع دو Th1 و Th2 می باشند، افزایش بیان GATA3 و عدم افزایش معنی دار T-bet نشانگر انحراف پاسخ های ایمنی به سمت Th2 می باشد. این استنتاج به ویژه زمانی نمود کامل تر یافت که نسبت سلول های Th1/Th2 که با T-bet/GATA3 بیان می شود، در بیماران مبتلا به آسم با افراد سالم مقایسه شد. نسبت بیان T-bet/GATA3 در افراد بیمار به میزان قابل ملاحظه ای پایین تر از افراد سالم بوده است. آسم آلرژیک بیماری پیچیده و هتروژنی است که از مشخصات آن می توان به التهاب و انقباض برگشت پذیر مجاری هوایی، افزایش حساسیت برونش و ارتشاح لنفوسیت و ائوزینوفیل اشاره کرد که لنفوسیت های T، ائوزینوفیل ها و ماست سل ها نقش مهمی در این بیماری دارند (۱۹). عوامل محیطی و ژنتیکی بر شدت پاسخ آسم تاثیر می گذارند و فاکتورهایی هم چون ویروس ها، آلرژن ها و تماس های شغلی می توانند تغییر دهنده سیر بیماری باشند (۱۲). سابقه خانوادگی آسم می تواند به عنوان یکی از عوامل خطر در بروز بیماری محسوب شود. همان طور که از لحاظ آماری در جمعیت حاضر نشان می دهد افراد با سابقه خانوادگی آسم استعداد بیش تری در بروز بیماری نسبت به افراد سالم دارند که هم راستا با مطالعات دیگر صورت گرفته می باشد (۲۰). طبق بررسی انجام شده در جمعیت مورد مطالعه ی حاضر ارتباط معنی داری بین سن و جنس با بروز بیماری دیده نشد. اگر چه نسبت شیوع بیماری در مردان کمی بیش تر از زنان بود. ناگفته نماند سن می تواند به عنوان یک متغیر در میزان شیوع بیماری در جنس مرد یا زن تاثیر گذار باشد. به طور مثال

تعداد سلول های بیان کننده این فاکتورهای نسخه برداری می تواند بین جمعیت مورد مطالعه متفاوت باشد لذا برای حذف این تغییرات مداخله گر و هم چنین برای مشاهده بهتر تغییرات پاسخ های TH1/TH2، نسبت بیان Tbet/GATA3 محاسبه و بین دو جمعیت ارزیابی گردید. همان طور که نمودار شماره ۳ نشان می دهد، نسبت Tbet/GATA3 در بیماران مبتلا به آسم (1.16 ± 0.15) در مقایسه با افراد سالم (1.41 ± 0.14) کاهش معنی داری داشته است که این کاهش ناشی از تغییرات افزایش GATA3 در بیماران مبتلا به آسم می باشد که به میزان بسیار بالایی (۲۹/۷۳ برابر) افزایش دارد ($p < 0.001$) (نمودار شماره ۳).



نمودار شماره ۳: مقایسه نسبت بیان ژن Tbet/GATA3 بین گروه بیمار و سالم

هم چنین در ارزیابی شدت بیماری آسم در میزان بیان Tbet/GATA3 نشان داد گرچه در بیماران مبتلا به آسم خفیف این نسبت (1.24 ± 0.15) بیش تر از گروه متوسط (1.16 ± 0.14) و شدید (1.08 ± 0.16) می باشد ولی این تفاوت از نظر آماری معنی دار نشد (نمودار شماره ۴).



نمودار شماره ۴: مقایسه نسبت Tbet/GATA3 بر اساس شدت بیماری

Dan و همکارانش به این نتیجه دست یافتند که در میانگین سنی ۴ تا ۱۲ سال در مقایسه با افراد بالغ، شیوع بیماری آسم در کودکان پسر بیش تر از دختران بوده است (۲۰). نتایج مطالعات حاکی از آن است که با افزایش سن، شیوع بیماری به سمت زنان شیفست پیدا می کند که یکی از عوامل مهم تاثیرگذار در افزایش شیوع بیماری آسم در زنان می تواند به دلیل افزایش در ترشح استروژن و پروژسترون بعد از سن بلوغ باشد که افزایش در این هورمون ها می تواند سبب شیفست پاسخ ایمنی به سمت $Th2$ و هم چنین افزایش ترشح $IL-4$ و $IL-13$ و افزایش فعالیت ائوزینوفیل ها شده که تمامی این عوامل ریسک بروز بیماری را برای افرادی که مستعد بیماری آسم هستند بالا می برد (۲۱). از آنجایی که در مطالعه حاضر میانگین سنی بیماران پایین تر از سن بلوغ می باشد افزایش ناچیز شیوع بیماری در جنس مذکر قابل توجیه می باشد. همچنین در طبقه بندی آسم براساس شدت بیماری نشان داد که گرایش سنی خاصی در خصوص تشدید علائم آسم و هم چنین وخامت وضعیت تنفسی بیماران دیده نمی شود که این امر ناشی از توزیع سنی بیماران این مطالعه می باشد که عمدتاً شامل اطفال و نوجوانان با میانگین سنی ۱۵ سال بوده است. هم چنین در این مطالعه شاهد افزایش معنادار ائوزینوفیل در خون بیماران در مقایسه با افراد سالم بودیم. گفتنی است که افزایش سطح ائوزینوفیل منحصر به آسم آلرژیک نبوده بلکه در نوع غیر آلرژیک نیز می تواند رخ دهد. همچنین طی مطالعاتی، کاهش پاسخ به داروهای کورتیکو استروئیدی استنشاقی در بیماران مبتلا به آسم آلرژیک دیده شده که این راه درمانی به خوبی توانایی کاهش سطح ائوزینوفیل و سایتوکاین های التهابی و در نهایت کنترل بیماری را نداشته است (۲۲). با توجه به این که عمده بیماران مورد بررسی در این مطالعه افرادی بودند که تازگی بیماری آسم در آن ها توسط پزشک معالج تشخیص داده شده بود و اقدامات درمانی در آن ها صورت نگرفته بود لذا تفاوت های دیده شده در سطح

ائوزینوفیل ها و بیان ژن های مورد بررسی، ناشی از ماهیت بیماری بوده است نه این که تابع اقدامات درمانی باشد. نتایج برخی مطالعات نشان می دهد که آسم ائوزینوفیلی تقریباً می تواند با کاهش سطح $FEV1$ مرتبط باشد (۲۳). این امر می تواند ناشی از افزایش ائوزینوفیل ها در این بیماری باشد که مشخص شده است فعالیت ائوزینوفیل ها که با تخلیه گرانول ها همراه است، منجر به آزادسازی پروتئین بازی اصلی، پروتئین کاتیونیک و پراکسیداز می شود که این مواد توکسیک می توانند سلول های اپی تلیال مجاری هوایی را آسیب زده و باعث اختلال در جریان نقل و انتقالات هوای تنفسی گردند. به همین لحاظ حجم تخلیه تنفسی در بیماران مبتلا به آسم در مقایسه با گروه کنترل کاهش محسوسی می یابد (۲۴، ۲۵). طی مطالعه حاضر نیز شاهد کاهش معنادار سطح شاخص های اسپرومتری ($FEV1$, FVC) در بیماران نسبت به افراد سالم بودیم. همان طور که در نمودار شماره ۱ مشاهده می شود، با افزایش تعداد ائوزینوفیل های خون محیطی بیماران، از مقدار FVC کاسته شده و همبستگی منفی بین این دو پارامتر وجود دارد ($r = -0.624$). که این یافته ها هم راستا با مطالعات دیگر صورت گرفته بود (۲۶). مطالعه حاضر مشخص نمود که میزان بیان فاکتور نسخه برداری $GATA3$ در افراد مبتلا به آسم بیش تر از افراد سالم می باشد. از سوی دیگر در مقایسه نسبت بیان ژن های $GATA3$ و $T-bet$ با یکدیگر کاهش نسبت $T-bet / GATA-3$ در گروه بیمار نسبت به افراد سالم مشاهده شد که این نسبت خود گویای افزایش بیان ژن $GATA-3$ در بیماران نسبت به افراد سالم می باشد. این یافته با نتایج مطالعات قبلی صورت گرفته در رابطه با بیماری آسم، هم راستا بوده است (۲۵).

اما در مطالعه ای که Min Zhu و همکارانش در سال ۲۰۱۶ برای تعیین میزان بالانس $Th1/Th2/Th17$ در افراد مبتلا به آسم واجد و فاقد علائم روانی (افسردگی، استرس و...) مورد بررسی قرار دادند، با سنجش میزان بیان ژن های $GATA-3$, $T-bet$ و $RORc$ به همراه

سایتوکاین های IL-17A، TNF و INF γ به این نتیجه دست یافتند که همه متغیرها در افراد مبتلا به آسم به همراه علائم، نسبت به افراد سالم افزایش می یابد. ولی در مورد افراد آسمی بدون علائم روانی در مورد Tbet افزایشی دیده نشد (۲۷). افزایش T-bet در گروه واجد علائم روانی متفاوت با نتایج مطالعه حاضر می باشد. یافته های برخی مطالعات نشان داده که در فرم شدید بیماری، نقش سلول های Th1 در بیماری زایی بیش تر دیده می شود (۲۸). از آن جایی که در مطالعه حاضر تعداد جمعیت بیماران اغلب از نوع خفیف و متوسط بودند لذا افزایشی در بیان ژن T-bet که بیانگر جمعیت سلول Th1 می باشد، دیده نشد. هم چنین می توان نقش بیماری های مرتبط را از نگاه اتیولوژی نیز مورد بررسی قرارداد. بیماری افسردگی خود به عنوان یکی از بیماری های مرتبط با آسم بوده و شاید به عنوان یک ریسک فاکتور توانایی تغییر و یا تشدید بیماری را به همراه داشته باشد. هم چنین یکی از محاسن مطالعه حاضر تقسیم بندی بیماران بر اساس شدت بیماری بود که افراد در سه گروه خفیف، متوسط و شدید جای گرفتند. طبق این تقسیم بندی ارتباط مستقیمی بین شدت بیماری با بیان ژن GATA-3 دیده شد. به طوری که با افزایش شدت بیماری بیان ژن مذکور نیز افزایش یافت که خود می تواند شاهی بر تصدیق تاثیر این ژن در آسیب شناسی بیماری آسم باشد. نا گفته نماند این تغییرات درمورد بیان ژن T-bet خیلی اندک بود به طوری که با افزایش شدت بیماری بیان آن به مقدار ناچیزی کاهش یافت. مطالعات متعددی در زمینه آسم آلرژیک صورت گرفته که می تواند با مطالعه حاضر هم راستا باشد. به عنوان مثال نتایج حاصل از مطالعه ی Jun Sik Lee و همکاران نشان دادند که میزان بیان دو ژن T-bet و GATA-3 در بافت ریه موش های مبتلا به آسم افزایش می یابد (۲۹). هم چنین You Lu و همکاران مشخص کردند که میزان بیان T-bet و GATA-3 در سلول های CD4⁺ CD25⁺ و CD4⁺ CD25⁻ بافت ریه موش

افزایش دارد (۳۰). DONG Liang و همکاران با استفاده از تکنیک RT-PCR در بیماران مبتلا به آسم نشان دادند که سطح IL-4 در این بیماران افزایش اما سطح IFN- γ و نسبت T-bet/GATA-3 نیز در این بیماران کاهش یافته است (۳۱). هم چنین در مطالعه ای که توسط YONG و همکارانش انجام شد از بیماران مبتلا به آسم آلرژیک و تکنیک RT-PCR استفاده کردند و نتایج آن ها نیز نشان داد که نسبت T-bet/GATA-3 در این بیماران کاهش یافته است (۳۲). تمامی این مطالعات تایید کننده نقش مهم و غیر قابل چشم پوشی دو فاکتور رونویسی GATA3 و T-bet و نسبت این دو در بیماران مبتلا به آسم می باشند. افزایش یا کاهش بیان این دو فاکتور رونویسی که بیان کننده افزایش یا کاهش سلول های Th1 و Th2 هستند، نسبت این سلول ها را در داخل بدن دستخوش تغییر می کنند. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر نسبت سلول های Th2 به Th1 در بیماران آسمی به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. این تغییرات با افزایش سایتوکاین های IL-4 و IL-13 و هم چنین افزایش آنتی بادی های تاثیر پذیر از سلول های Th-2 و تشدید کننده آسم از جمله IgE همراه است. از محدودیت های این پژوهش می توان به تعداد کم نمونه ها، به ویژه در خصوص وضعیت شدت بیماری اشاره کرد. برای کاهش اثرات این محدودیت در برآورد نتایج بررسی پارامترهای مورد نظر اقدامات زیر انجام شد. ۱- از هر نمونه RNA دو بار سنتز cDNA صورت گرفت ۲- اندازه گیری بیان ژن ها برای هر نمونه cDNA با سه بار تکرار صورت گرفته و میانگین آن ها محاسبه گردید. لذا داده های به دست آمده از هر نمونه واجد تداوم و همناوختی قابل قبولی می باشد. از محدودیت های دیگر می توان به تاثیر دارو های مصرفی توسط بیماران در بیان ژن های مورد بررسی در این مطالعه ذکر کرد. با توجه به این که قطع دارو عملاً از لحاظ اخلاقی برای بیماران مبتلا به فرم متوسط و شدید امکان پذیر نمی باشد لذا شاید یکی از دلایل عدم وجود

دارد. بنابراین می‌توان گفت که هر گونه اقدام درمانی و یا کنترلی می‌بایست بر اصلاح وضعیت نامتعادل یا اختلال ایمنی ایجاد شده متمرکز گردد (۳۳).

سپاسگزاری

از پرسنل محترم بخش اطفال و هم‌چنین آزمایشگاه بیمارستان‌های بوعلی و طوبی ساری تشکر می‌گردد. هم‌چنین از حمایت مالی و معنوی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران از این پروژه تقدیر می‌شود. این پژوهش بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای مصطفی کاردان می‌باشد.

References

1. Watson RR, Zibadi S, Rafatpanah H, Jabbari F, Ghasemi R, Ghafari J, et al. Oral administration of the purple passion fruit peel extract reduces wheeze and cough and improves shortness of breath in adults with asthma. *Nutr Res* 2008; 28(3): 166-171.
2. Zhou W, Nie X. Afzelin attenuates asthma phenotypes by downregulation of GATA3 in a murine model of asthma. *Mol Med Rep* 2015; 12(1): 71-76.
3. Singh BB, Khorsan R, Vinjamury SP, Der-Martirosian C, Kizhakkeveetil A, Anderson TM. Herbal treatments of asthma: a systematic review. *J Asthma* 2007; 44(9): 685-698.
4. Ghaffari J, Rafatpanah H, Khalilian A, Nazari Z, Ghaffari R. Skin Prick Test In Asthmatic, Allergic Rhinitis And Urticaria Patients. *Med J Mashhad Univ Med Sci* 2011; 54(1): 44-49 (Persian).
5. Ghaffari J, Aarabi M. The prevalence of pediatric asthma in the Islamic Republic of Iran: A systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Rev* 2013; 1(1): 2-11 (Persian).
6. Leigh R, Ellis R, Wattie JN, Hirota JA, Matthaei KI, Foster PS, et al. Type 2 cytokines in the pathogenesis of sustained airway dysfunction and airway remodeling in mice. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169(7): 860-867.
7. Zhao Y, Yang J, Gao Y-d, Guo W. Th17 immunity in patients with allergic asthma. *Int Arch Allergy Immunol* 2009; 151(4): 297-307.
8. Ahui MLB, Champy P, Ramadan A, Van LP, Araujo L, André KB, et al. Ginger prevents Th2-mediated immune responses in a mouse model of airway inflammation. *In Immunopharmacol* 2008; 8(12): 1626-1632.
9. Fujiwara M, Hirose K, Kagami S-i, Takatori H, Wakashin H, Tamachi T, et al. T-bet inhibits both T H 2 cell-mediated eosinophil recruitment and T H 17 cell-mediated neutrophil recruitment into the airways. *J Allergy Clin Immunol* 2007; 119(3): 662-670.
10. Krug N, Hohlfeld JM, Kirsten A-M, Kornmann O, Beeh KM, Kappeler D, et al. Allergen-induced asthmatic responses modified by a GATA3-specific DNase. *N Engl J Med* 2015; 372(21): 1987-1995.
11. Vale Pereira S, Todo Bom A, Geraldés L, Schmidt Weber C, Akdis C, Mota Pinto A.

- FoxP3, GATA 3 and T bet expression in elderly asthma. *Clin Exp Allergy* 2011; 41(4): 490-496.
12. Finotto S, Glimcher L. T cell directives for transcriptional regulation in asthma. *Springer Semin Immunopathol* 2003; 25(3): 281-294.
 13. Kim SH, Hong Jh, Lee YC. Oleanolic acid suppresses ovalbumin-induced airway inflammation and Th2-mediated allergic asthma by modulating the transcription factors T-bet, GATA-3, ROR γ t and Foxp3 in asthmatic mice. *Int Immunopharmacol* 2014; 18(2): 311-324.
 14. Yuan Y, Yang B, Ye Z, Zhang M, Yang X, Xin C, et al. Sceptridium ternatum extract exerts antiasthmatic effects by regulating Th1/Th2 balance and the expression levels of leukotriene receptors in a mouse asthma model. *J Ethnopharmacol* 2013; 149(3): 701-706.
 15. Toldi G, Molvarec A, Stenczer B, Müller V, Eszes N, Bohács A, et al. Peripheral Th1/Th2/Th17/regulatory T-cell balance in asthmatic pregnancy. *Int Immunol* 2011; 23(11): 669-677.
 16. Zhang T, Yang Z, Yang S, Du J, Wang S. Immunoregulatory effects of paeoniflorin exerts anti-asthmatic effects via modulation of the Th1/Th2 equilibrium. *Inflammation* 2015; 38(6): 2017-2025.
 17. Siegmund K, Rückert B, Ouaked N, Bürgler S, Speiser A, Akdis CA, et al. Unique phenotype of human tonsillar and in vitro-induced FOXP3+ CD8+ T cells. *J Immunol* 2009; 182(4): 2124-2130.
 18. Abbosh PH, Wang M, Eble JN, Lopez-Beltran A, MacLennan GT, Montironi R, et al. Hypermethylation of tumor-suppressor gene CpG islands in small-cell carcinoma of the urinary bladder. *Mod Pathol* 2008; 21(3): 355-362.
 19. Wong C, Ho C, Ko F, Chan C, Ho A, Hui D, et al. allergic asthma. *Clin Exp Immunol* 2001; 125(2): 177-183.
 20. Xu D, Wang Y, Chen Z, Li S, Cheng Y, Zhang L, et al. Prevalence and risk factors for asthma among children aged 0–14 years in Hangzhou: a cross-sectional survey. *Respir Res* 2016; 17(1): 122.
 21. Raghavan D, Jain R. Increasing awareness of sex differences in airway diseases. *Respirology* 2016; 21(3): 449-459.
 22. de Groot JC, Ten Brinke A, Bel EH. Management of the patient with eosinophilic asthma: a new era begins. *ERJ Open Res* 2015; 1(1): 00024-2015.
 23. Amelink M, de Groot JC, de Nijs SB, Lutter R, Zwinderman AH, Sterk PJ, et al. Severe adult-onset asthma: a distinct phenotype. *J Allergy Clin Immunol*. 2013;132(2):336-341.
 24. Bacharier LB, Jabara H, Geha RS. Molecular mechanisms of immunoglobulin E regulation. *Int Arch Allergy Immunol* 1998; 115(4): 257-269.
 25. Barrett NA, Austen KF. Innate cells and T helper 2 cell immunity in airway inflammation. *Immunity* 2009; 31(3): 425-437.
 26. Crimi E, Spanevello A, Neri M, Ind PW, Rossi GA, Brusasco V. Dissociation between airway inflammation and airway hyperresponsiveness in allergic asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157(1): 4-9.
 27. Zhu M, Liang Z, Wang T, Chen R, Wang G, Ji Y. Th1/Th2/Th17 cells imbalance in patients with asthma with and without psychological symptoms. *Allergy Asthma Proc* 2016; 37(2): 148-156.
 28. Rogala B, Bozek A, Gluck J, Jarzab J. Prevalence of IgE-mediated allergy and

- evaluation of Th1/Th2 cytokine profiles in patients with severe bronchial asthma. *Postep Dermatol Alergol* 2015; 32(4): 274-280.
29. Lee JS, Lee C-M, Jeong Y I, Jung ID, Kim B-H, Seong E-Y, et al. D pinitol regulates Th1/Th2 balance via suppressing Th2 immune response in ovalbumin induced asthma. *FEBS Lett* 2007; 581(1): 57-64.
 30. You Lu, Malmhäll C, Sjöstrand M, Rådinger M, O'Neil SE, Lötval J, et al. Expansion of CD4⁺ CD25⁺ and CD25-T-Bet, GATA-3, Foxp3 and ROR γ t cells in allergic inflammation, local lung distribution and chemokine gene expression. *PloS One* 2011; 6(5): e19889.
 31. Dong L, Chen M, Zhang Q, Li LZ, Xu XQ, Xiao W. T-bet/GATA-3 ratio is a surrogate measure of Th1/Th2 cytokine profiles and may be novel targets for CpG ODN treatment in asthma patients. *Chin Med J* 2006; 119(16): 1396-1399.
 32. Yong J, Chen GQ, Huang B, Wu S. Correlation between the ratio of T-bet/GATA-3 and the levels of IL-4 and IFN- γ in patients with allergic asthma. *Mol Med Rep* 2011; 4(4): 663-666.
 33. Braun CM, Huang S-K, Bashian GG, Kagey-Sobotka A, Lichtenstein LM, Essayan DM. Corticosteroid modulation of human, antigen-specific Th1 and Th2 responses. *J Allergy Clin Immunol* 1997; 100(3): 400-407.