

# Assessing the gene expression of IL4, TNF $\alpha$ , TGF $\beta$ and IFN $\gamma$ in studying M1 and M2 macrophages derived from human monocyte

Arsalan Jalili<sup>1</sup>, Elham Moslemi<sup>1</sup>, Nariman Mosaffa<sup>2</sup>

1. Department of Biology School of Basic Science, Islamic Azad University, East Tehran Branch, Tehran Iran

2. Department of Immunology, Faculty of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences

(Received: 2015/10/31    Accept: 2016/1/27)

## Abstract

**Background:** Classical macrophages (M1) and alternative macrophages (M2) are responsible for various functions in order to maintain homeostasis. BCG vaccine and hydatid cyst fluid can be examples of stimulants, which can cause M1 and M2 macrophage polarization. Evaluating the expression of markers such as IFN $\gamma$  and TNF $\alpha$  for M1 phenotype and TGF $\beta$  and IL4 for M2 phenotype is one of the confirmatory ways of polarization. The purpose of this study is to verify the polarization of macrophages, which was induced by BCG vaccine and hydatid cyst fluid by studying the gene expression of aforementioned markers.

**Methods:** Using ficol 1077 and gradient concentration separated mononuclear normal human peripheral blood cells. Monocyte populations were separated by adhesion technique from cultured cells in complete tissue culture medium. Monocyte derived macrophages were treated by BCG intravesical vaccine and fertile hydatid cyst fluid for 8 hours. RT-PCR was performed to confirm the polarization. The expression of amplified genes was compared with control groups.

**Results:** Amplification of TNF $\alpha$  and IFN $\gamma$  genes in M1, and TGF $\beta$  and IL4 in M2 group confirmed the polarization procedure. Moreover, lack of PCR product in negative control samples indicates either the absence or a very low expression of this gene in control group.

**Conclusion:** The ability of these stimulants in macrophage polarization can be used in experimental studies. It is also possible to take advantage of this model to achieve useful goals in cell therapy and develop more efficient therapeutic methods in inflammatory diseases and cancer immunotherapy.

**Keywords:** Classical macrophages, Alternative macrophages, Polarization, BCG, Hydatid cyst fluid

• Corresponding Author: Dr. Elham Moslemi,  
EMAIL: Elham\_moslemi60@yahoo.com

## بررسی بیان ژن‌های $IFN\gamma$ و $IL4$ ، $TNF\alpha$ ، $TGF\beta$ در تایید پلاریزاسیون ماکروفاژهای $M1$ و $M2$ حاصل از کشت مونوسیت‌های انسانی

ارسلان جلیلی<sup>۱</sup>، دکتر الهام مسلمی\*<sup>۱</sup>، امیر ایزدی<sup>۲</sup>، دکتر نریمان مصفا<sup>۳</sup>

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق، تهران، ایران

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق، تهران، ایران

۳- گروه ایمونولوژی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۸/۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۷

### چکیده

**مقدمه:** ماکروفاژهای کلاسیک ( $M1$ ) و آلترناتیو ( $M2$ ) عملکردهای مختلفی را در مقابله با عفونت‌ها به عهده دارند. در جریان پاسخ ایمنی در مقابل  $BCG$  ماکروفاژهای  $M1$  و در بیماری هیداتیدوز ماکروفاژهای  $M2$  فعال می‌شوند. در مکانیسم‌های تنظیم ایمنی پلاریزاسیون این جمعیت اساس هومئوستاز را تشکیل می‌دهد. یکی از راه‌های تایید پلاریزاسیون، بیان سایتوکاین‌های  $IFN\gamma$  و  $TNF\alpha$  برای فنوتیپ  $M1$  و  $TGF\beta$  جهت فنوتیپ  $M2$  است. هدف از این مطالعه بررسی بیان ژن این سایتوکاین‌ها در جهت تایید پلاریزاسیون ماکروفاژهای تحریک شده با  $BCG$  و مایع کیست هیداتید بارور در شرایط آزمایشگاهی بوده است. بیان ژن  $IL4$  که به تازگی تولید آن توسط رده منوسیتی ماکروفاژی گزارش شده است بررسی شد.

**مواد و روش‌ها:** تک هسته‌های خون محیطی باروش به کارگیری از گرایان غلظتی فایکول تخلیص و جداسازی شد. جمعیت منوسیتی - ماکروفاژی با تکنیک چسبندگی از سلول‌های شناور در محیط کامل کشت سلول تفکیک شد. به مدت هشت ساعت ماکروفاژها با محرک‌های  $BCG$  و مایع کیست هیداتید بارور تیمار شد. به منظور تایید پلاریزاسیون ماکروفاژی، بیان سایتوکاین‌های اختصاصی با استفاده از  $RT-PCR$  و بررسی توالی تکثیر یافته، در مقایسه با نمونه کنترل مقایسه شد.

**نتایج:** تکثیر ژن‌های اختصاصی سایتوکاین‌های هر گروه نشان‌دهنده تایید فرآیند پلاریزاسیون بود. ماکروفاژهای با محرک  $BCG$  بیان افزایش داشته‌ای را از  $IFN-\gamma$  و  $TNF-\alpha$  نشان دادند. در گروه با تحریک مایع کیست بارور هیداتید بیان ژن  $TGF-\beta$  مشهود بود. ژن  $IL4$  نیز در این جمعیت ملاحظه شد. همچنین عدم مشاهده محصول  $PCR$  در نمونه کنترل نشان‌دهنده عدم یا بیان بسیار کم ژن مذکور در گروه کنترل است.

**نتیجه‌گیری:** توانایی  $BCG$  و مایع کیست هیداتید بارور در القای پلاریزاسیون ماکروفاژها می‌تواند در مطالعات تجربی مرتبط با تمایز ماکروفاژی استفاده شود. تاکید بر کارایی این روش ساده و کم هزینه در مقایسه با به کارگیری از تکنیک‌های پرهزینه تمایز ماکروفاژی نیاز به پژوهش‌های تکمیلی دارد.

**واژگان کلیدی:** پلاریزاسیون ماکروفاژ  $M1$ ،  $M2$ ،  $BCG$ ، مایع کیست بارور هیداتید

### مقدمه

عملکرد با یکدیگر متفاوت هستند. (۵) با توجه به تاثیر پلاریزاسیون ماکروفاژها در روند کنترل یا پیشرفت بیماری‌های مرتبط با سیستم ایمنی مانند عفونت‌های میکروبی (۶)، اختلالات التهابی، بیماری‌های خودایمنی و همچنین تاثیر عوامل تحریکی مختلف در تکامل آن‌ها، بررسی و مطالعه پلاریزاسیون در شرایط آزمایشگاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۷). ماکروفاژهایی که به صورت کلاسیک یا آلترناتیو فعال می‌شوند، سلول‌های اثرگذار ایمنی هستند و حجم زیادی لیمفوکین تولید می‌کنند (۸) و با بیان ژن‌هایی مانند  $IFN\gamma$ ،  $TNF\beta$  و  $TNF\alpha$  همراه هستند. در فنوتیپ  $M2$  تولید زیاد  $TGF\beta$ ،  $IL10$ ، نیز مشاهده می‌شود (۸) که ماکروفاژهای ضد التهابی هستند و عملکردهای تولرانس، تنظیم ایمنی و ترمیم بافت را ایفا می‌کنند (۹). در این فنوتیپ مقدار زیاد آنزیم آرژیناز و مقدار کم  $IL12$  و  $IL23$  تولید می‌شود (۱۰) همچنین قرارگیری در معرض  $IL4$  یا  $IL13$ ، کمپلکس‌های ایمنی و  $IL10$  ماکروفاژهای  $M2$  را از راه آلترناتیو فعال می‌کنند. (۱۰) هدف از این مطالعه بررسی

ایمنی ذاتی یکی از مهم‌ترین سدهای دفاعی مهره‌داران در برابر عوامل بیماری‌زا است. در سیستم ایمنی ذاتی مونوسیت‌ها و ماکروفاژها سلول‌هایی هستند که نقش کلیدی را ایفا می‌کنند. این سلول‌ها پاتوژن‌های خطرناک و مهاجم را در خون و بافت‌ها شناسایی کرده و یک واکنش التهابی ایمنی قوی را اعمال می‌کنند که در نهایت به پاکسازی پاتوژن و برقراری هموستازی بدن منجر می‌شود. (۱) در واکنش به پاتوژن‌ها، ماکروفاژها دچار تغییرهای فنوتیپی می‌شوند. این امر باعث می‌شود به شکل بهتری با محیط سازگار شوند. (۲ و ۳) ماکروفاژها فاگوسیت‌های ساکن در بافت و برداشت‌کننده آنتی ژن بوده که از سلول‌های شناور در خون تمایز پیدا می‌کنند. آن‌ها نقش مهمی در فعال‌سازی و همچنین تنظیم سیستم ایمنی ذاتی و اکتسابی ایفا می‌کنند. (۴ و ۵) ماکروفاژهای فعال شده به فنوتیپ‌های مختلف  $M1$  و  $M2$  تمایز پیدا می‌کنند. این فنوتیپ‌ها از لحاظ سایتوکاین‌ها، کموکاین‌ها، گیرنده‌های لیگاند و

نویسنده مسئول: دکتر الهام مسلمی

elham\_moslemi60@yahoo.com

به مدت پنج دقیقه روی یخ انکوبه، سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۳۰۰۰ rpm سانتیفریوژ شد. فاز رویی به لوله جدید انتقال داده و به حجم آن ایزوپروپانول افزوده و سپس ۱۰ بار وارونه شد. لوله به مدت شش ساعت در ۲۰°C درجه نگهداری شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۳۰۰۰ rpm سانتیفریوژ، مایع رویی به آرامی تخلیه شد. به پلت حاصل ۱ ml اتانول ۷۵ درجه اضافه دوباره به مدت هشت دقیقه در ۷۵۰۰ rpm سانتیفریوژ شد. مایع رویی تخلیه و پس از خشک شدن پلت، رسوب در ۵۰ ml ماکرولیتر آب DEPC حل و در فریزر ۸۰°C درجه نگهداری شد.

#### سنتر cDNA:

برای سنتر cDNA از کیت vivantis (steps RT-PCR KIT-2) استفاده شد. مراحل کار مطابق دستورالعمل کیت انجام شد. ابتدا مقدار ۱۰ μl از RNA، به همراه ۱ μl از ۱۰ mM dNTP<sup>3</sup> و 1 μM Random Hexamer مخلوط شد. سپس به مدت پنج دقیقه در ۶۵°C قرار داده شد. مقدار ۵ μl از MMULV 2 از بافر 10X MMULV به هر واکنش اضافه شد و در نهایت با اضافه کردن آب، حجم نهایی به ۲۰ μl رسید و لوله نهایی به مدت یک ساعت در دمای ۴۲°C انکوبه شد.

#### پرایمرهای ویژه RT-PCR:

در این مطالعه ژن β-actin به عنوان کنترل داخلی استفاده شد. پس از تهیه توالی این ژن و همچنین توالی ژنهای TNFα، IL4، TGFβ، IFNγ از سایت NCBI<sup>4</sup>، پرایمرهای اختصاصی هر ژن توسط برنامه Primer Express طراحی و توالی پرایمرها Blast شد تا دقت و تخصصی بودن آنها تایید شود. توالی پرایمرها در جدول یک آمده است. جدول ۱: پرایمرهای ژنهای مربوط به سایتوکاینهای اختصاصی

وزن مولکولی	توالی	نام پرایمر
Bp95	GGTCTCCATCCCTGACCTT	TGFβ F
	GGGCAAAGGAATAGTGCAG	TGFβ R
bp151	TTGGGTCTCTTGGCTGTTA	IFNγ F
	TTCTGTCACTCTCCTCTCCA	IFNγ R
bp395	AGAAAATCTGGCACCACACC	β-actin F
	CTCCTTAATGTCACGCACGA	β-actin R
bp 251	TTGGGTCTCTTGGCTGTTA	TNFα F
	TTCTGTCACTCTCCTCTCCA	TNFα R
bp223	GCCTCCAAGAACAACACTGA	IL4 F
	ACGTACTCTGGTTGGCTTCC	IL4 R

#### واکنش RT-PCR:

هر واکنش شامل ۲ μl cDNA الگو (cDNA ساخته شده)، ۵.۲ μl PCR Buffer 10X، ۱ μl از هر یک دو پرایمر جلوئی و عقبی، ۰.۵۱ mg MgCl<sub>2</sub>، ۰.۵ μl از dTTP، ۱۰ mM dNTP، ۰.۴ μl از Tag DNA Polymerase و ۰.۵ μl از dGTP، dCTP، dATP، ۱۰ mM dNTP، پروتکل دمایی به صورت دنانوراسیون اولیه در دمای ۹۵°C به مدت سه دقیقه، به دنبال آن ۳۵ سیکل به صورت دنانوراسیون در دمای ۹۵°C به مدت ۳۰ ثانیه، چسبیدن در دمای ۶۱°C به مدت ۳۰ ثانیه، پلیمریزاسیون در دمای ۷۲°C به مدت ۵۰ ثانیه و در نهایت پلیمریزاسیون نهایی در دمای ۷۲°C به مدت پنج دقیقه انجام شد.

#### نتایج

پس از بهینه‌سازی تست RT-PCR با استفاده از پرایمرهای اختصاصی ژن، آمپلیکون تکثیر یافته روی ژل آگارز ۱/۵ درصد حاوی سایبرگرین (سینازن-ایران) در بافر ۰/۵ TBE X الکتروفورز شد. در این مطالعه از ژن β-actin به عنوان کنترل داخلی استفاده شد. از آنجا که این ژن جزو ژنهایی است که بیان دائمی در سلول‌ها دارند، از این رو هدف مناسبی برای بررسی به عنوان کنترل داخلی به حساب می‌آید. نتایج آزمایش RT-PCR برای ژن β-actin به عنوان کنترل داخلی در تمامی تست‌ها مثبت دیده شد که این مطلب نشان‌دهنده صحت و دقت روش استخراج RNA مورد استفاده و همچنین تایید سنتر cDNA نمونه‌ها بود.

1- diethylpyrocarbonate 2- Complementary DNA  
3- deoxyribonucleotide 4- National Center Of Biotechnology

دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۹۴، صفحات ۱۳ تا ۱۹

پروفایل مولکولی ماکروفاژهای کلاسیک و آلترناتیو حاصل از کشت مونسیت‌های خونی بوده است. پلاریزاسیون، سیستم بیان ژنی سایتوکاین TNFα و IFNγ برای مجموعه M1 و TGFβ و برای مجموعه M2 بررسی شد.

همچنین گزارش‌هایی در باره تولید IL4 مونسیت‌های تحت کشت نیز موجود است که در این بررسی به بیان ژن آن نیز پرداختیم. از طرفی در منابع و مراجع انجام پلاریزاسیون ماکروفاژی در محیط کشت به کمک کیت تخصصی آن که بسیار گرانتیست است پیشنهاد می‌شود (۱۱). بنابراین در این کوشش امکان به‌کارگیری از یک روش ساده پلاریزاسیون ماکروفاژی به کمک محرک‌های نامبرده مطالعه شد. سیستم بیان ژنی سایتوکاین TNFα و IFNγ برای مجموعه M1 و TGFβ و برای مجموعه M2 توسط تکنیک RT-PCR مشخص شد. از آنجا که به تازگی گزارش‌هایی در باره تولید IL4 توسط مونسیت‌های تحت کشت موجود است، در این بررسی به بیان ژن آن نیز پرداختیم.

#### مواد و روش‌ها

**کشت سلول و گسترش مجموعه ماکروفاژهای مشتق از مونسیت:** در این مطالعه برای جداسازی سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی، ابتدا ۱۵ سی سی خون وریدی تازه حاوی هپارین تهیه شد. برای گرفتن بهینه سلول‌ها به کمک محیط کشت خون رابا نسبت ۲/۱ RPMI رقیق و به وسیله فایکول ۱۰۷۷ و سانتیفریوژ براساس شیب غلظتی لایه‌گذاری شد. لایه تک هسته‌ای‌ها برداشت شد. به کمک سانتیفریوژ شست‌وشو و با تریپان‌بلو شمارش و درصد حیات تعیین شد. سپس در فلاسک‌های مخصوص کشت سلول در محیط کامل حاوی RPMI، FBS (10%) جمعیت مونسیتی بانکتیک چسبندگی از سلول‌های شناور در محیط کامل کشت سلول تفکیک شد. سلول‌های تک هسته‌ای به بستر کشت متصل و به سلول‌های ماکروفاژی تبدیل شدند و با به‌کارگیری میکروسکوپ فاز کنتراست دستیابی به مورفولوژی ماکروفاژی تایید شد. به مدت هشت ساعت ماکروفاژها با محرک‌های BCG و مایع کیست هیداتید بارور تیمار شد. لازم به ذکر است که غلظت محرک‌های مورد تیمار با سلول‌ها پیش از این با انجام تعیین سمیت سلولی به کمک تریپان‌بلو تعیین شد.

انکوباسیون در انکوباتور با دمای ۳۷°C و جریان ۵ درصد CO<sub>2</sub> انجام شد. برای هر گروه (تست BCG، تست مایع هیدراتید بارور و کنترل بدون محرک)، دو فلاسک مجزا در نظر گرفته شد. ماکروفاژهای متصل به بستر کشت توسط اسکرابر از فلاسک جدا شد و پس از شست‌وشو با محیط بدون سرم (سانتریفیوژ دور ۲۰۰۰ به مدت پنج دقیقه) ته‌نشین سلولی برای انجام تمهیدات بررسی بیان ژن مورد استفاده در مرحله بعدی قرار گرفت. مراحل فوق در سه نوبت تکرار شد تا نتایج بهینه در دسترس قرار گیرد. لازم به ذکر است که ته‌نشین سلولی حاصله از تمامی نمونه‌های کشت ماکروفاژ برای هر چهار سایتوکاین TNF-α/IL4 و IFNγ بررسی ملکولی بیان ژن (RT-PCR) شد.

#### تعیین غلظت محرک‌ها:

مقادیر مناسب یک محرک یا هر افزودنی باید قبل از انجام کار تحریک سلول‌ها در شرایط کشت، با چند تجربه مناسب تعیین شود. در بروشور BCG از نوع تزریقی اینتراوکیال تعداد باکتری مشخص شده است. سوپه P11۷۳ ضعیف شده باسیل‌های زنده مایکوباکتریوم بویس حاوی ۱۰<sup>۷</sup>×۳۲ پارتیکل باکتری در میلی لیتر است. به کمک انجام تست تریپان‌بلو میزان مناسب در مجاورت ۳ میزان BCG ارزیابی شد. که برای هر فلاسک سلول ماکروفاژی با شمارش تک هسته‌ای‌ها، با احتساب حجم ثابت محیط کشت ۲۰×۱۰ پارتیکل در میلی لیتر در نظر گرفته شد که معادل ۱۰۰ میکرولیتر از محتوی ویال اولیه بود.

در باره مایع کیست هیداتید نیز همان روش فوق انجام و میزان پروتئین تعیین شد. با استفاده از رقت‌های سریال و تیمار سلول‌های ماکروفاژی با غلظت‌های تهیه شده به ترتیب با ۰.۲۵، ۰.۵، ۱.۲/۵، ۶/۵، ۳/۲۵ میکروگرم در میلی لیتر محیط کشت در هر فلاسک پوشیده از ماکروفاژهای انسانی تست تریپان‌بلو انجام شد. غلظت مناسب ۶/۵ میکروگرم در هر میلی لیتر تعیین شد.

#### استخراج RNA به کمک محلول RNX PLUS (سینازن - ایران):

مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از ته‌نشین سلولی را همراه با ۱۰۰ μl از محلول plus RNX مخلوط و به مدت پنج ثانیه ورتکس کرده، لوله را به مدت پنج دقیقه در دمای اتاق قرار داده، سپس ۲۰۰<sup>۱</sup> کلروفورم اضافه شد. پس از ۱۵ ثانیه ورتکس دوباره

تومورهای انسانی مشاهده شده است. (۱۶) عملکرد BCG در روند القایی پلاریزاسیون ماکروفاژی که در بسیاری از تومورهابه فرم آلترناتیو، به سمت جمعیت M1، کاربردهای درمانی بسیار از جمله ایمونوتراپی تومورها گرایش دارد. (۱۷ و ۱۸)

BCG تراپی در کنترل بدخیمی‌های مثانه که فنوتیپ ماکروفاژ همراه تومور از نوع M2 است، سال‌هاست که کاربرد فراوانی دارد. در این موارد به دلیل اثر آدوانتی BCG علاوه بر پلاریزاسیون ماکروفاژی به سمت M1 شاهد افزایش تولید اینترفرون گاماتوسط لنفوسیت‌های اطراف تومور هستیم. (۱۹) این محرک میکروبی می‌تواند در شرایط vivo In سلول‌های سیستم ماکروفاژی را به بیان ژن‌های موثر ایمنی سلولی مانند IFNγ و TNFα هدایت کرده و زمینه را برای مصنوعیت و دفاع حفاظتی علیه مایکوباکتریوم توبرکولوزیس فراهم آورد.

در پاسخ دفاعی علیه ترشحات کیست هیداتید، تنظیم دفاع ماکروفاژی و پلاریزه شده جمعیت سلولی به سمت M1 یا M2 موجب تعیین سرنوشت دفاع میزبان علیه انگل آنکیسته شده مهاجم می‌شود. بنابراین مایع کیست هیداتید بارور می‌تواند به‌عنوان محرک موثر جمعیت ماکروفاژی به سمت پلاریزه شدن و تمایز به سوی مجموعه M2 شود. در استراتژی تهاجمی عفونت هیداتیدوز، لایه لامینه شده (LL) کیست مسئول برانگیختن فعالیت ضدالتهابی ماکروفاژهای M2 و به دنبال آن فعال‌سازی T لنفوسیت‌های تنظیمی (Treg) است. در این صورت است که به پاسخ‌های حفاظتی حاصله از مجموعه سلول‌های M1/Th1/Th2 به‌شدت صدمه می‌زند در نتیجه به رهایی انگل یاری می‌رساند. از سویی گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که فاکتورهای LL تاثیر شدیدی برافزایش تولید TGF-β، IL10 و همچنین کاهش تولید NO، iNOS توسط ماکروفاژها داشته و واجد اثر قوی ضدالتهابی است. جالب است که از این خاصیت غشاء کیست برای درمان مدل تجربی بیماری التهاب روده‌ای (IBD) استفاده شده است (۱۹). سایر تجربیات آزمایشگاهی نیز موارد فوق را تایید کرده‌اند. لایه لامینه شده کیست هیداتید در تحریک ماکروفاژهای موشی در کشت ۷۲ ساعت به ترشح سیتوکاین TGF-β، آنزیم آرژینینزادار شده و فعالیت NOS در آن‌ها کاهش یافته است. سه مورد فوق اصلی‌ترین مارکرهای پلاریزاسیون ماکروفاژی به سمت جمعیت M2 یا آلترناتیو است. (۲۰)

در عفونت و ضایعات لپروماتوز لپروسی تجمع ماکروفاژهای M2 در مقایسه با فرم توبرکولوزیدی چشمگیر است. در این رابطه محققان با تغییر الگوی بیان ژنی جمعیت ماکروفاژی بیماران از طریق مجاورت با BCG موفق به ارتقای سطح ایمنی علیه مایکوباکتریوم لیره از طریق پلاریزاسیون ماکروفاژی به سمت M1 و افزایش تولید IFN-γ شدند. (۲۱)

Michel J Davis و Tiffany M در سال ۲۰۱۳ سیتوکاین IFNγ و INOS را در عفونت حاصل از Cryptococcus Neoformous و ماکروفاژها را بررسی و طی این آزمایش از تکنیک‌های کشت سلول، الیزا، فلوسایتومتری، Real Time PCR و Immuno Florescence استفاده کردند. آن‌ها دریافتند که برتری فنوتیپ M1 موجب محدود شدن عفونت و در صورت غلبه نوع M2 شاهد وخیم‌تر شدن و گسترش عفونت چارچی در مبتلایان می‌شود. (۲۲)

در جریان فعالیت پاسخ‌های دفاعی مرتبط با Th2 تولید IL4 موجب تمایز سلول‌های ماکروفاژی به سمت فنوتیپ M2 می‌شود به طوری که موجب تقویت و حمایت لنفوسیت‌های Th2 شده و وقایع ضدالتهابی را در یک مسیر تنظیمی القا می‌کند. در تجربه‌ای که روی مدل‌های موشی به انجام رساندند ثابت کردند که ماکروفاژهای M2 نیز در یک روند دفاعی ذاتی می‌توانند IL4 تولید کنند و در شکل‌گیری مسیر دفاع اختصاصی و تقویت آن نقش داشته باشند (۲۳) هرچند تحقیقات دیگری نیز نشان داده که ماکروفاژهای تیپ ۲ در جریان پاکسازی قطعات نوتروفیل‌های آپتوتیک به تولید و ترشح IL4 می‌پردازند (۲۴) سایر گزارش‌ها نیز توانمندی سلول‌های ماکروفاژی در پاسخ به محرک‌هایی مانند LPS را به اثبات رساندند. (۲۵) ماکروفاژهای آلوتولار انسانی جدا شده از مایع برونکوالوتولار در پاسخ به محرک‌های میکروبی واجد بیان افزایش یافته در mRNA سیتوکاین IL4 شده‌اند. این توانایی بخشی از دفاع ذاتی دستگاه تنفس را تشکیل می‌دهد. همچنین

بیان ژن مربوط به سایتوکاین‌های اختصاصی TGFβ، IL4، TNFα و IFNγ در ماکروفاژهای حاصله بررسی شد. بیان TNFα و IFNγ تاییدکننده پلاریزاسیون به سمت فنوتیپ M1 و TGFβ و IL4 تاییدکننده تشکیل ماکروفاژ M2 است. نتایج حاصله در جدول و شکل شماره یک قابل مشاهده هستند.

نمونه‌ها	ماکروفاژ آلترناتیو	ماکروفاژ کلاسیک	کنترل ماکروفاژی	کنترل منفی
TGFβ	+	-	+	-
IFNγ	-	+	+	-
IL4	+	-	+	-
TNFα	-	+	+	-

شکل ۱: تصاویر شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ نشان دهنده تکثیر ژن‌های سایتوکاین‌های IFNγ، TGFβ، IL4، TNFα و TNFα در نمونه‌های تحریک شده با کیست هیداتید بارور و واکسن BCG، کنترل مثبت و کنترل منفی می‌باشد که در تصویر شماره یک مربوط به IFNγ، SM.۱، ۲. محصول ماکروفاژ کلاسیک ۳۱۵ bp کنترل منفی ۴. محصول ماکروفاژ آلترناتیو، در تصویر شماره دو مربوط به TGFβ SM.۱ ۲. محصول ماکروفاژ آلترناتیو ۹۵ bp، ۳. کنترل منفی ۴. محصول ماکروفاژ کلاسیک، تصویر شماره سه مربوط به IL4، ۱. کنترل مثبت، ۲. محصول ماکروفاژ آلترناتیو ۳۲۳bp کنترل منفی، ۴. محصول ماکروفاژ کلاسیک و تصویر شماره چهار مربوط به TNFα، ۱. کنترل مثبت، ۲. محصول ماکروفاژ کلاسیک ۳۲۵۱bp کنترل منفی، ۴. محصول ماکروفاژ آلترناتیو می‌باشد

### بحث

پاسخ دفاع سلولی در مواجهه با پاتوژن‌های داخل سلولی، همواره با عملکرد اجرایی و اثر سلول‌های سیستم ماکروفاژی همراه است. از بین گروه‌های مختلف سلول‌های ماکروفاژی که در تمامی بافت‌ها و ارگان‌های بدن پراکنده‌اند، گروه‌های M1 با حضور و گسترش وسیع در محل، با تولید و ترشح مدیاتورهای موثر و سایتوکاین‌های اجرایی، به سرکوب و تجمع پاتوژن‌های مهاجم منتهی شده که نتیجه آن رهایی میزبان از حمله میکروب و از سوی دیگر وقوع واکنش ازدیاد حساسیت است. (۱۳) پاسخ‌های دفاعی ضد پاتوژن‌های داخل سلولی بنا بردلایلی از جمله نوع میکروب، گونه اختصاصی، ژنتیک میزبان و برخی شرایط محیطی مانند تغذیه و استرس سمت‌وسویی دیگر یافته‌ودر صورت پلاریزه شدن سلول‌های سیستم ماکروفاژی به‌طرف ماکروفاژهای M2، منجر به رهایی پاتوژن و در عوض شکست میزبان می‌شود. ماکروفاژهای M2 با تولید سایتوکاین‌های تعدیل‌کننده و سرکوب‌کننده وقایع دفاعی مانند مسیر TGFβ پاسخ ضد میکروبی را به سمت ایمنی هومورال کشانیده و با توقف مکانیسم کشندگی داخل سلولی، در مقابل به تولید و ترشح مدیاتورهای بازسازی و ترمیم بافت هدایت می‌شود که حاصل آن بقای عفونت است (۱۴). هر چند که چنین پاسخ‌های ضدالتهابی، لازمه بسیاری از واکنش‌های ازدیاد حساسیت است اما در برخی موارد نیز می‌تواند مفید و به نفع میزبان قلمداد شود. جمعیت متفاوت ماکروفاژی در شرایط عفونت و ازدیاد حساسیت، سرنوشت میزبان را تعیین می‌کنند. این امر می‌تواند بیان‌کننده امکان استفاده از ماکروفاژها در شرایط آزمایشگاهی، به نفع میزبان و کاربرد آنها در ایمونوتراپی باشد (۱۵) باسپیل کالمت گرین (BCG) از دیرباز به‌عنوان یک یاری‌دهنده قوی ایمنی سلولی، نه تنها برای مبارزه با گسترش بیماری سل، بلکه به‌عنوان یک محرک قوی ایمنی سلولی و سیستم ماکروفاژی نیز کارایی داشته و استفاده از آن در چندین نمونه از

مختلف ماکروفاژی در عفونت، فاگوسیتوز و حذف سلول‌های آسیب دیده و پیر، همچنین نقش آنها در توقف رشد و تحریک تمایز سلول‌ها، امکان پلاریزاسیون آن‌ها در آزمایشگاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که امکان پلاریزاسیون سلول‌های سیستم ماکروفاژی در شرایط کشت سلولی آزمایشگاهی به کمک محرک‌های مورد نظر فراهم می‌شود. از آنجا که دسترسی و تهیه کیت تخصصی پلاریزاسیون ماکروفاژی بسیار پرهزینه است شاید بررسی‌های تکمیلی از جمله طولانی کردن زمان کشت و انکوباسیون سلول‌های مونوسیتی ماکروفاژی انسانی و نیز اندازه‌گیری سیتوکاین‌های مربوطه و ارزیابی سایر پروفایل‌های مولکولی در مجموعه‌های حاصل از کشت دلایل محکم و مستدلی در کارایی این روش ساده و کم هزینه به دست آورد.

## منابع

1. Biswas, Subhra K. , ManeshC hittezath, Irina N. Shalova, and Jyue. Yuan Lim. "Macrophage polarization and plasticity in health and disease." *Immunologic research* 2012; 53: 11-24.
2. Biswas, Subhra K. , and Alberto Mantovani. "Macrophage plasticity and interaction with lymphocyte subsets: cancer as a paradigm. *Nature immunology* 2010; 10(11): 889-896.
3. Stout, Robert D. , and Jill Suttles. "Functional plasticity of macrophages: reversible adaptation to changing microenvironments." *Journal of leukocyte biology* 2004; 3(79): 509-513
4. Mantovani, Alberto, Antonio Sica, and Massimo Locati. "Macrophage polarization comes of age." *Immunity* 2005; 4(23): 344-346.
5. Mantovani, Alberto, Antonio Sica, Silvano Sozzani, Paola Allavena, Annunziata Vecchi, and Massimo Locati. "The chemokine system in diverse forms of macrophage activation and polarization." *Trends in immunology* 2004; 12(25): 677-686.
6. Benoit, Marie, Benoît Desnues, and Jean-Louis Mege. "Macrophage polarization in bacterial infections." *The Journal of Immunology* 2008; 181(6): 3733-3739.
7. Mía, Sohel, Andreas Warnecke, X-M. Zhang, Vivianne Malmström, and Robert A. Harris. "An optimized Protocol for Human M2 Macrophages using M-CSF and IL-4/IL-10/TGF-β Yields a Dominant Immunosuppressive Phenotype." *Scandinavian journal of immunology* 2014; 79(5): 305-314.
8. Martinez, Fernando O and Siamon Gordon. "The M1 and M2 paradigm of macrophage activation: time for reassessment. 2014; (6): 11-22
9. Murray, Peter J., and Thomas A. Wynn. "Protective and pathogenic functions of macrophage subsets. *Nature Reviews Immunology* 2011; 11(11): 723-737.
10. Sica Antonio, and Alberto Mantovani. "Macrophage plasticity and polarization: in vivo veritas. *The Journal of clinical investigation* 2012; 122(3): 787-795.
11. PromoCell GmbH. Differentiation of M1- or M2-Macrophages from PBMC . 3: Protocol overview using PromoCell M1-/M2-Macrophage Generation Medium DXF-10 PromoCell GmbH. Sickingenstr. 63/65. 69126 Heidelberg. Germany
12. Mihai G. Netea\*, Reinout van Crevel. BCG-induced protection: Effects on innate immune memory *Seminars in Immunology* 2014; (26): 512-517.
13. Charles Dudley Miles, *Anatomy of a discovery: M1 M2 macrophages*". *Frontiers in immunology* 2015; (6): Article212.
14. Keneth Morphy "Janaway Immunology" 2012 , 8th edition. Garland Science ,Taylor&Francis group. LLC. Page: 37-73
15. Daniela Filipa Dias Oliveira Macrophages as biomarkers in BCG treatment

در هدایت پاسخ‌های دفاعی اختصاصی با واسطه Th2 نیز نقش مهمی دارند. (۲۶)  
**نتیجه گیری:**

در این تحقیق برای نخستین بار بیان ژن IL4 در سلول‌های مونوسیتی ماکروفاژی در شرایط کشت بررسی شد. آن‌هم در همراهی با بیان ژن TGF-β. شاید بتوان اذعان داشت که این مورد می‌تواند بخشی از عملکرد فنوتیپ ضدالتهابی در پروفایل M2/Th2/Treg در جریان عفونت پیشرونده ناشی از هیداتیدوز باشد. مایع کیست هیداتید بارور در شرایط کشت قادر به تحریک بیان ژن IL4 شده است. تاکید بر این یافته نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ژن IFNγ و TNFα در ماکروفاژهای M1 بیان شده و هیچ محصولی از این واکنش‌ها در نمونه M2 دیده نشد، در حالی که ژن TGFβ و IL4 در ماکروفاژهای M2 بیان شده و واکنشی در نمونه M1 مشاهده نشد. با توجه به نقش فنوتیپ‌های

response in bladder cancer Mestrado em Tecnologia Bioquímica em Saúde Setembro de 2013 Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto Instituto Politécnico do Porto.

16. Najeeha Talat Iqbal, Rabia Hussain bNon-specific immunity of BCG vaccine: A perspective of BCG immunotherapy Trial . *Vaccinology* 2014; (2):143-149
17. Manel Amri I and Chafi Touil-Boukoffa I Involvement of Treg and alternatively activated macrophages in invasion strategies during hydatidosis . *frontiers in*. 2013; (2): 425/event
18. Imene Soufli, Ryma Toumi, Hayet Rafa, Manel Amri, Moussa Labsi, Lila Khelifi, Ferdinando Nicoletti and Chafia Touil-Boukoffa Crude extract of hydatid laminated layer from *Echinococcus granulosus* cyst attenuates mucosal intestinal damage and inflammatory responses in Dextran Sulfate Sodium induced colitis in mice . *Journal of Inflammation* 2015; (12): 19-27
19. Manel Amri, Chafia Touil-Boukoffa A protective effect of the laminated layer on *Echinococcus granulosus* survival dependent on upregulation of host arginase . *Acta Tropica*. 2015; 186-194.
20. Manel Amri , Touilboukoffa Chafia. Impairment of TH1/TH17 host protective responses by macrophages alternative activation as a mechanism for helminth survival. *Cytokine* 2012; 59 (3): 523-39
21. Ricardo Lardone, Yi Guo, Seema Plaisier, Babu Singh, Rosane Teles, Robert Modlin, Peter Sieling, and Delphine Lee, BCG-treated M2-macrophages enhance IFN production of T cells . *The Journal of Immunology* 2013; (190): 134-49
22. Davis, Michael J. , Tiffany M. Tsang, Yafeng Qiu, Jeremy K. Dayrit, Joudeh B. Freij, Gary B. Huffnagle, and Michal A. Olszewski. "Macrophage M1/M2 polarization dynamically adapts to changes in cytokine microenvironments in *Cryptococcus neoformans* infection." *M Bio* 2013;(4): 264-73.
23. Anne Camille La Flamme, Marie Kharkrang, Sarrabeth Stone, Sara Mirmoeini, Delgertsetseg Chuluundorj, Ryan Kyle, Type II-Activated Murine Macrophages Produce IL-4. *PLOS ONE* 2012 (7) : 469-89
24. Melody Zeng, Duy Pham, Randy Brutkiewicz, Mark Kaplan, and Mary Dinaver, Efferocytosis induces macrophages to produce IL-10 and activate invariant NKT cells to suppress inflammation . *The Journal of Immunology* 2012; (188): 117-27
25. Sumanta Mukherjee, Ling-Yu Chen, Thomas J. Papadimos, Shuang Huang, Bruce L. Zuraw and Zhixing K. Pan Lipopolysaccharide-driven Th2 Cytokine Production in Macrophages Is Regulated by Both MyD88 and Tram. *The Journal of Biological Chemistry* 2009; 284(43): 29391–29398
26. Pouliot, Turmel, Gelinac E, Laviolette Bhssonetti, Interleukin-4 production by human alveolar macrophages" *Clin Exp Allergy* 2005; 35 (6):804-10