

The Impacts of Cytokine IL22 on the Ulcer Originated from L- Major in BALB/c Mice

Hajar Ziaei Hezarjaribi¹,
Fatemeh Ghaffarifar²,
Abdolhossein Dalimi Asl²,
Zohreh Sharifi³

¹ PhD Student in Parasitology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² Department of Parasitology, Faculty of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

³ Blood Transfusion Research Center, High Institute for Research and Education in Transfusion Medicine, Tehran, Iran

(Received January 17, 2011 ; Accepted February 28, 2012)

Abstract

Background and purpose: IL22 is the family member of IL10 created by Th17, Th22, NK cells and its role has been recently demonstrated in protection and innate defense mechanisms, control of bacterial and viral infection, homeostasis and tissue repair. This research investigated the impacts of IL22 treatment on lesion originated from L-major in BALB/c mice.

Materials and methods: Twenty four Iranian female BALB/c mice, 8 weeks old were challenged by 2×10^6 Promastigotes of L-Major MRHO/IR/75/ER by the dose of 100 microliters in stationary phase. They were infected percutaneously and then were divided into three groups each with eight recombinant mice IL-22 that received two different doses of 5ng/mg and 10ng/mg IM. Immune evaluation of cellular and humoral immunity was done by assessing IL-4 Cytokine, IFN- γ and culturing of spleen lymphocyte cells. Also, investigation of IgG2a, IgG total was carried out by Elisa method and MTT colorimetric assay. Furthermore, clinical investigations including measuring wound healing, life span of mice and recording of mortality rate was done.

Results: The results indicates that the growth of wound reduced in the group treated with IL22 and the most impact was seen in the group under treatment with IL22 (5ng). IL22 (5ng) increased the production of IFN- γ but decreased the production of IL4. Findings from LSD test showed that the rate of IFN- γ and IGg total in the group treated with IL22-5ng was significantly different from other groups. There was no significant difference between IL22-5ng and IL22-10ng regarding the rate of IL4 and the rate of IgGg2a. Furthermore, MTT in the group treated with IL22-5ng was significantly different from other groups.

Conclusion: IL22-5ng leads to Cytokine Th1 response through increasing the production of IFN- γ and decreasing the production of IL4, which result in protective response against L-major. Hence, it may have effective impacts in treatment if used with a combined anti leishmania drug.

Key words: *Leishmania major*, IL22, BALB/c mice

بررسی اثر درمانی سایتوکین IL22 بر زخم ناشی از لیشمانیا ماژور در موش BALB/c

هاجر ضیایی هزار جریبی^۱
فاطمه غفاری فر^۲
عبدالحسین دلیمی اصل^۲
زهرا شریفی^۳

چکیده

سابقه و هدف: IL22 یک سایتوکین عضو خانواده IL10 است که به وسیله سلول‌های NK و Th 22 و Th 17 ایجاد می‌شود و اخیراً نقش IL22 در ایجاد حفاظت و مکانیسم دفاع ذاتی، در کنترل عفونت‌های باکتریال، ویرال، هموستازی و ترمیم بافت ثابت شده است. لذا در این تحقیق اثر درمانی IL22 بر زخم ناشی از لیشمانیا ماژور در موش BALB/c بررسی شد.
مواد و روش‌ها: ۲۴ سرموش BALB/c ماده ۸ هفته را با تعداد حداقل ۱۰۶×۲ پروماستیگوت انگل لیشمانیا ماژور L.major سویه استاندارد ایرانی MRHO/IR/75/ER در فاز ایستا به میزان ۱۰۰ میکرولیتر از طریق تلقیح زیرجلدی چالش نموده به سه گروه ۸ تایی موش‌ها IL22 نوترکیب موشی را در دو دوز مختلف ۵ ng/ml و ۱۰ ng/ml به صورت IM تزریق نمودیم. بررسی ایمنی سلولاروهومورال با سنجش سایتوکین‌های IL-4 و گاما اینترفرون و کشت سلول‌های لنفوسیت طحال و بررسی IgG2a، IgG Total با روش الایزا و انجام روش رنگ سنجی MTT و بررسی‌های بالینی با اندازه‌گیری روند زخم، و طول عمر موش‌ها و ثبت مرگ و میر انجام شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان می‌دهد که رشد زخم به صورت مشخص در گروه تحت درمان با IL22 کاهش می‌یابد و بیشترین تأثیر در گروه تحت درمان با IL22 (۵ng) بوده است. IL22-۵ ng سبب افزایش تولید گاما اینترفرون و کاهش تولید اینترلوکین ۴ شده است نتایج آزمون LSD نشان می‌دهد که میزان گاما اینترفرون و IGg total گروه تحت درمان با IL22-۵ ng با IL22-۵ ng نسبت به سایر گروه‌ها معنی‌دار است و میزان IL4 گروه تحت درمان با IL22-۵ ng با IL22-۵ ng نسبت به IL22-۱۰ ng معنی‌دار نیست ولی با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است. میزان IGg2a گروه تحت درمان با IL22-۵ ng با IL22-۱۰ ng نسبت به IL22-۱۰ ng معنی‌دار نیست ولی با سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌دار است. MTT در گروه دریافت کننده IL22-۵ ng با IL22-۵ ng نسبت به سایر گروه‌های تحت درمان معنی‌دار است.

استنتاج: نتایج نشان می‌دهد که چون IL 22-۵ ng افزایش تولید گاما اینترفرون و کاهش تولید اینترلوکین ۴ سبب ایجاد پاسخ‌های سایتوکین Th1 شده، سبب ایجاد پاسخ حفاظتی در مقابل انگل لیشمانیا می‌شود لذا اگر با داروهای ضدلیشمانیا تماماً تجویز شود شاید اثرات بهتری را در درمان بر علیه لیشمانیا فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: اینترلوکین ۲۲، لیشمانیا ماژور، موش BALB/c

مقدمه

لیشمانیازیس بیماری ناشی از انگل داخل سلولی است که توسط گونه‌های مختلف لیشمانیا ایجاد می‌شود. ماهیت بالینی آن از زخم پوستی تا فرم سیستمیک کشنده است. اگرچه جزء بیماری‌های فراموش شده است ولی

لیشمانیازیس بیماری ناشی از انگل داخل سلولی

است که توسط گونه‌های مختلف لیشمانیا ایجاد می‌شود.

E-mail: ghafarif@modares.ac.ir

مؤلف مسئول: فاطمه غفاری فر - تهران: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه انگل شناسی

۱. دانشجوی دکتری انگل شناسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. گروه انگل شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. مرکز تحقیقات انتقال خون، موسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۷ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۹۰/۱۱/۱۹ تاریخ تصویب: ۹۰/۱۲/۹

دومین عامل مرگ و میر و چهارمین عامل شیوع بیماری‌های عفونی در مناطق گرمسیری است (۲،۱). لیشمانیوز جلدی عمده‌ترین شکل بیماری لیشمانیازیس است که توسط حداقل ۱۲ گونه آن ایجاد می‌شود.

بیماری لیشمانیازیس در ۸۸ کشور اندمیک می‌باشد حدود ۱۵ میلیون نفر به آن مبتلا بوده ۳۵۰ میلیون نفر در معرض خطر آلودگی هستند و تعداد موارد جدید سالانه حدود ۲ میلیون نفر می‌باشد، که ۱/۵ میلیون نفر مربوط به لیشمانیازیس جلدی و ۰/۵ میلیون نفر مربوط به لیشمانیازیس احشایی هستند. به همین دلیل سازمان بهداشت جهانی بعد از مالاریا، لیشمانیازیس را در اولویت قراردادده است (۳). گرچه لیشمانیوز جلدی در بیش از ۸۰ کشور جهان گزارش شده ۹۰ درصد موارد آن در ۶ کشور جهان افغانستان، ایران، برزیل، پرو، عربستان و سوریه قرار گرفته است (۴،۲).

تغییر روند بیماری سالک در سال‌های اخیر، نمایان‌گر افزایش موارد بیماری می‌باشد. لیشمانیوز پوستی گرچه از لحاظ مرگ و میر مشکل زیادی به وجود نمی‌آورد ولی به دلیل طولانی بودن دوره زخم و هزینه‌های سنگین درمانی، وجود جوشگاه زخم، احتمال ایجاد عفونت‌های ثانویه و یا ایجاد عوارض و گاهی بدخیمی‌هایی در محل اسکار و عوارض ناشی از درمان با داروهای موجود مشکلات مختلفی را ایجاد می‌کند. هدف از درمان بیماری بهبود سریع زخم عدم ایجاد جوشگاه و جلوگیری از عفونت ثانویه است (۵،۶). استفاده از ترکیبات پنج ظرفیتی آنتی‌موان که از سال ۱۹۱۱ جهت درمان اشکال مختلف بالینی لیشمانیوز مورد استفاده قرار گرفته است دارای عوارض جانبی متعدد می‌باشد و نیز در روش استفاده تزریقی از آن به دلیل دردناک بودن و طولانی بودن مدت استفاده، که موجب تریقات مکرر دارو می‌شود سبب شده تا از روش‌های درمانی جایگزین استفاده شود (۷،۸).

IL۲۲ یک سایتوکین عضو خانواده IL۱۰ است و اعضای این خانواده سایتوکینی شامل IL۱۰، IL۱۹،

IL۲۰، MDA ۷ (IL۲۴)، IL(TIF) و IL۲۲ و IL۲۶ می‌باشد چنان‌که می‌دانیم IL۱۰ به‌عنوان سرده‌سته این خانواده سایتوکین، یک مهارکننده مؤثر ایمنی سلولی و تقویت‌کننده قوی ایمنی هومورال است (۹). گرچه اعضای این خانواده مشترکات ساختمانی بسیار زیادی دارند ولی از لحاظ عملکرد بیولوژیک و ایمونولوژیک تفاوت‌های فاحشی بین آن‌ها وجود دارد. لوکوس ژنی رسپتورهای این خانواده سایتوکینی نیز بر روی کروموزوم‌های مختلفی واقع شده‌اند و مشخص شده که پدیده پلنوتروپسم (تأثیر چند سایتوکین بر روی رسپتور) و هم پوشانی Redundancy (تأثیر یک سایتوکین روی چند رسپتور) در مورد رسپتورهای این خانواده وجود دارد. این سایتوکین دارای خاصیت پلنوتروپیک هم در داخل سیستم ایمنی و هم در خارج آن می‌باشد. رسپتور هترودایمر IL۲۲ شامل گیرنده (۴-۲ CRF) IL۱۰ و زنجیره R-IL۲۲، IL۱۰ R۲ و IL۱۰ R۳ (۹-۲ CRF) است که علی‌رغم داشتن این رسپتور مشترک پاسخ IL۲۲ مستقل از IL۱۰ است (۱۲-۹). IL۲۲ که به آن IL-TIF، [IL۱۰ related Tcell-derived inducible factor] نیز گفته می‌شود توسط Th۱۷ خصوصاً NK Cells، Th۲۲، (CCR۰+) و TCells (Th۱) به محض فعال شدن به IL۴ و همچنین به وسیله ماست سل‌های تیموس و مغز پس از فعال شدن با ConA ترشح می‌شود و از معدود سایتوکین‌هایی است که وجودش حتی در غیر از پستانداران نظیر ماهی‌ها به اثبات رسیده است (۱۱،۱۳). CRF ۲-۴ بین IL۲۲ و IL۱۰ مشترک است و برای سیگنالینگ لازم است؛ در حالی که CRF ۲-۹ مختص IL۲۲ است و دارای هومولوژی با دومین زنجیره گیرنده IL۱۰ است. وجود CRF ۲-۹ و CRF ۲-۴ یعنی دو زنجیره گیرنده این سایتوکین در سیگنالینگ مؤثر است و در مسیر سیگنالینگ این سایتوکین STAT شامل STAT۱ و STAT۳ و STAT۵ فعال شده متعاقب آن تولید پروتئین‌های فاز حاد از کبد افزایش می‌یابد و نقش این سایتوکین را به‌عنوان یک سایتوکین التهابی تثبیت می‌کند.

مواد و روش ها

آماده سازی و تزریق سایتوکین IL ۲۲

IL ۲۲ موشی از شرکت R&D با Cat.number 582-L براساس دستور برنامه در PBS استریل به صورت ۰/۱ درصد در BSA آماده شد. آماده سازی موش ها به تعداد ۲۴ سر موش سفید کوچک ماده خالص BALB/c inbred به دلیل حساس بودن به پروماستیگوت های لیثمانیا ماژور در سن ۸ هفتهگی از مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی حصارک کرج به عنوان مدل حیوان آزمایشگاهی در این تحقیق انتخاب و خریداری و تحت شرایط استاندارد از لحاظ آب و غذا نگهداری شدند. گروه بندی موش ها بر اساس نوع ماده تزریقی انجام شد. روش آلوده سازی موش های BALB/c با انگل لیثمانیا ماژور صورت گرفت که کل موش ها با تعداد حداقل 2×10^6 پروماستیگوت انگل لیثمانیا ماژور L.major سوبه استاندارد ایرانی MRHO/IR/75/ER در فاز ایستا (stationary) به میزان ۱۰۰ میکرولیتر از طریق تلقیح زیرجلدی در قاعده دم چالش شده که بعد از ۳-۴ هفته بعد از تزریق در لمس ناحیه تزریق برجستگی و ندول احساس می شد و سپس زخم حاصل از رشد انگل در قاعده دم موش تشکیل شد. قبل از شروع درمان از تمامی زخم ها نمونه برداری شد و بعد از رنگ آمیزی در زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه ۲۴ موش به سه گروه ۸ تایی، یک گروه ۸ تایی دریافت کننده PBS به عنوان گروه کنترل (۱۰۰ میکرو لیتر و ۱۶ موش دیگر در دو گروه ۸ تایی IL ۲۲ را در دو دوز مختلف ۵ng/ml و ۱۰ng/ml به صورت داخل عضلانی و تک دوز در عضله چهار سر ران quadriceps در حجم ۱۰۰ میکرولیتر با استفاده از سورنگ انسولین با سرسوزن ۳۰ gauge دریافت نمودند. تعداد ۴ موش در هر گروه برای بررسی ایمنی هومورال و سلولار و تعداد ۴ موش دیگر در هر گروه برای بررسی طول عمر و بررسی قطر زخم و وضعیت مرگ و میر آن ها چالش می شوند (۲۲).

IL ۲۲ باعث فعال سازی JAK^۱، TYK^۲، STAT^۱،

STAT^۳ و STAT^۵ و مسیر MAP کیناز می شود.

امروزه ثابت شده که سلول های کراتینوسیت پوستی واجد گیرنده برای این سایتوکین هستند (۱۶-۱۱). IL ۲۲ هم نقش مضر و هم نقش محافظتی دارد و اثر زیان آور آن در القاء هیپرپلازی اپی تلیال پوست در بیماری پسوریازیس انسانی است و یا IL ۲۲ همراه با IL ۱۷ سیتوکین های پیش التهابی را در سلول های برونشیل اپی تلیال و میوفیبروبلاست های کولون تحریک می کند و سبب ایجاد آلرژی و کویت می شود (۱۷، ۱۸). از طرفی اثر محافظتی IL ۲۲ در باکتری گرم منفی عامل بیماری پنومونی که IL ۲۲ ترشح عامل ضد میکروبی را در سلول های اپی تلیال ریوی افزایش می دهد (۱۸). IL ۲۲ به تنهایی و بدون IL ۱۷ در کبد مبتلا به هیپاتیت با پیشگیری از آپتوزیس، هیاتوسیت ها را محافظت می کند (۱۹). در پوست IL ۲۲ سبب القای پپتیدهای ضد میکروبی می شود و تکثیر کراتینوسیت ها را افزایش و تمایز آن ها را مهار می کند و نقشی در التیام پوست در مکانیسم دفاعی ذاتی دارد (۱۶). نقش IL ۲۲ در اختلالات پوستی نظیر AE (Atopic eczema) درماتیت Allergic contact dermatitis (ACD) حساسیتی تماسی ناشناخته است (۱۶). IL ۲۲ تولید شده به وسیله سلول های NK رشد مایکوباکتریوم توبرکولوزیس را با فعال کردن ماکروفاژها و افزایش فعالیت فاگولیزوم مهار می کند (۲۰). IL ۲۲ یک اثر حفاظتی در بیماری کالازار انسانی دارد و لیثمانیا دونوانی تمایز سلول های Th^{۱۷}، IL ۲۲ و گاما اینترفرون را تحریک می کند (۲۱). با توجه به این که هنوز عواملی که صد در صد در جهت بهبودی و در روند مشکلات ریشه کنی انگل و مشکلات مربوط به کنترل ناقلین بند پا باشد تعریف نشده است و اخیراً نیز نقش IL ۲۲ در ایجاد حفاظت و مکانیسم دفاعی ذاتی خصوصاً اجرام داخل سلولی ثابت شده لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر درمانی IL ۲۲ بر زخم ناشی از لیثمانیا ماژور در موش BALB/c می باشد.

بررسی ایمنی سلولار و هومورال

بررسی ایمنی سلولار و هومورال با سنجش سایتوکین‌های IL4 و گاما اینترفرون و بررسی TgG Total، IgG2a و MTT و بررسی‌های بالینی با اندازه‌گیری قطر زخم و ثبت مرگ و میر به‌طور هفتگی بررسی شدند. برای بررسی ایمنی هومورال ۷ هفته بعد از چالش با انگل به کمک لوله‌های موئینه از گوشه، چشم موش‌ها خونگیری انجام شد. سرم جدا شد. سپس سرم خون موش‌ها برای بررسی ایمنی هومورال جمع‌آوری و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سرم‌های گرفته شده از موش‌های کنترل و موش‌های دریافت‌کننده IL22 با آزمایش‌های ایزاطی مراحل مختلف زیر به انجام پذیرفت. مقدار ۱۰۰ میکرو لیتر از آنتی‌ژن با غلظت‌های ۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر بافر کربنات-بی کربنات ۰/۱ مولار به همه چاهک‌ها بجز چاهک‌های کنترل بلانک در پلیت‌های ایزا ریخته شد. به مدت یک شب در دمای ۴ درجه و یا یک ساعت در دمای ۳۷ درجه انکوبه شدند، تا آنتی‌ژن به کف پلیت کوت شود. پس از شستشو با بافر PBST، مقدار ۱۰۰ میکرو لیتر از سرم رقیق شده (۱/۱۰) در بافر رقیق‌کننده (PBS) به حفرات اضافه شده پلیت‌ها ۲ ساعت در ۳۷ درجه انکوبه شدند. پس از شستشو با بافر PBST، ۱۰۰ میکرو لیتر Anti mouse HRP conjugate با رقت ۱/۱۰۰۰۰ در PBS یا بافر رقیق‌کننده، رقیق و در حفرات ریخته شده، پلیت‌ها ۲ ساعت در ۳۷ درجه انکوبه شدند. شستشوی پلیت‌ها با بافر PBST، و با اضافه کردن ۱۰۰ میکرو لیتر سوبسترای TMB به همه چاهک‌ها و پلیت‌ها ۳۰ دقیقه در محل تاریک و با ۳۷ درجه انکوبه شدند، برای توقف واکنش ۵۰ میکرو لیتر اسید سولفوریک ۲ مولار به همه چاهک‌های پلیت‌ها اضافه نموده بلافاصله در طول موج ۴۵۰ نانومتر برای اندازه‌گیری میزان جذب نوری قرائت انجام شد. برای بررسی ایمنی سلولار ۷ هفته پس از چالش با انگل اندازه‌گیری سایتوکین‌های گاما اینترفرون و IL4 ایمنی سلولی مورد

بررسی قرار گرفت. ۷ هفته پس از چالش با انگل استخراج لنفوسیت از طحال موش‌های مورد و شاهد به صورت زیر انجام گرفت.

ابتدا موش‌ها کشته شده، از سلول‌های طحال موش در شرایط استریل در محلول PBS سوسپانسیون سلولی تهیه شد. رسوب سلول‌ها پس از شستشو و سانتریفیوژ با محیط RPMI 1640 که حاوی FCS ۱۰ درصد است، به ۱۰۰۰ میکرو لیتر رسانده شد و کشت سلول‌های لنفوسیت طحال موش جهت بررسی وجود سایتوکین‌های IFN- γ و IL4 در پلیت ۲۴ خانه‌ای به تعداد 2×10^6 کشت داده شد. از سوپ سلولی، لنفوسیت‌های طحالی موش‌های چالش شده و درمان شده پس از ۲۴ ساعت و ۷۲ ساعت جمع‌آوری شد و در ویال اپندورف جمع شده در دور ۳۰۰۰rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس محلول رویی در مقادیر ۳۰۰ میکرو لیتر در ویال‌ها تقسیم شد و تا زمان سنجش سایتوکین در دمای 70°C - نگهداری شدند (۲۳) و سپس جهت بررسی وجود سایتوکین‌های گاما اینترفرون و اینترلوکین ۴ از سوپ سلولی لنفوسیت‌های طحال موش‌های دریافت‌کننده IL22 و PBS که در 70°C - نگهداری شده استفاده گردید و با روش ایزا و با استفاده از کیت شرکت U-cytech-biosciences استفاده شد.

روش MTT برای سنجش تکثیر لنفوسیت‌ها

از روش MTT برای بررسی پرولیفراسیون لنفوسیت‌ها به صورت زیر استفاده شد. ۱۰۰ میکرو لیتر از سوسپانسیون لنفوسیتی استخراج شده به هر چاهک در میکرو پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای مخصوص کشت سلول اضافه شد (یعنی $3000/000$ سلول به ازای هر چاهک). سوسپانسیون حاصل از طحال هر موش در ۳ چاهک کشت داده شد.

به دو چاهک از هر گروه، ۵۰ میکروگرم در میلی لیتر از آنتی ژن انگل لیشمانیا ماژور افزوده شد و به یک چاهک دیگر همان گروه هیچ آنتی‌ژنی اضافه نگردید. حجم نهایی هر چاهک با

وارد نرم افزار SPSS شد و از آزمون One way ANOVA و برای مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون‌های تعقیبی و LSD و TUKEY استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج مطالعه نشان داد که اثر درمانی IL22 در دو دوز ۵ و ۱۰ نانو گرم نسبت به گروه کنترل PBS گسترش زخم را به تأخیر می‌اندازد و رشد زخم به صورت مشخص در گروه تحت درمان با IL22-5ng کاهش می‌یابد و بیشترین تأثیر در گروه تحت درمان با IL22-5ng بوده است و شروع بروز زخم در گروه تحت درمان با IL22-5ng، ۵۱ روز پس از درمان بوده در صورتی که در سایر گروه‌ها ۳۰ روز پس از درمان بوده است (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱: میانگین و انحراف معیار اندازه زخم در روزهای مختلف بعد از درمان با دوزهای ۵ و ۱۰ نانو گرم IL22 در عفونت

لیشمانیا ماژور موش BALB/c

Group	IL22-5n		IL22-10n		PBS	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۵۰	۰/۵۸	۲/۴۴	۰/۶۳
۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۵۵	۰/۶۴	۳/۹۸	۱/۶۱
۴۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۷۲	۱/۴۵	۸/۰۵	۳/۲۹
۵۱	۰/۲۵	۰/۵۰	۱/۶۰	۰/۴۹	۱۱/۷۸	۲/۷۰
۵۸	۰/۵۰	۰/۵۸	۲/۱۰	۰/۲۰	۱۸/۴۹	۹/۵۵
۵۶	۰/۵۰	۰/۵۸	۱/۹۴	۰/۶۶	۲۰/۰۵	۱۱/۳۷
۷۲	۰/۵۰	۰/۵۸	۲/۳۹	۰/۸۱	۲۸/۶۲	۹/۳۳
۷۹	۰/۵۰	۰/۵۸	۲/۱۳	۱/۶۲	۳۰/۰۱	۸/۸۲
۸۶	۰/۵۰	۰/۵۸	۱/۴۲	۰/۶۸	۳۲/۸۰	۲/۹۰
۹۳	۰/۵۰	۰/۵۸	۲/۱۲	۱/۴۳	۳۲/۷۳	۴/۴۴
۱۰۰	۰/۵۰	۰/۵۸	۱/۴۸	۰/۶۳	۳۲/۴۳	۴/۳۵
۱۰۷	۰/۵۰	۰/۵۸	۱/۳۴	۰/۵۵	۳۲/۶۳	۴/۴۱
۱۱۴	۰/۵۰	۰/۵۸	۱/۳۴	۰/۵۹	۳۲/۴۴	۳/۸۲

در مقایسه ۳ گروه تحت درمان با PBS، IL22-10ng و IL22-5ng و نتیجه تحلیل واریانس نشان داد در سطح $p=0/0001$ در ۴ گروه حداقل در یک زوج گروه اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. برای آشکار سازی این اختلاف‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد که نتایج آزمون LSD نشان می‌دهد که در گروه IL22-5ng با $p<0/05$ با دو گروه دیگر در روزهای ۳۰ و ۳۷

FBS ۱۰ درصد + RPMI به ۲۰۰ میکرولیتر رسید.

سپس از چاهک‌های هر گروه، ۲ چاهک به عنوان کنترل کشت داده شد که یکی از این چاهک‌ها با فیتوماگلوتینین PHA به عنوان میتوزن تحریک و دیگری تحریک نمی‌شود. پلیت‌های کشت شده به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور 37°C دارای ۵ درصد CO_2 قرار می‌گیرد. بعد از ۷۲ ساعت انکوباسیون، به هر چاهک حاوی 200λ لئوسیت مقدار (20λ) از محلول MTT (غلظت 5 mg/ml) اضافه گردید. پلیت مذکور مجدداً به مدت ۴ ساعت در انکوباتور 37°C درجه سانتی‌گراد دارای ۵ درصد CO_2 انکوبه شد (تا بلورهای فورمازان نمایان شوند). سوپ سلولی به آرامی بدون هم زدن محتویات چاهک‌ها سانتریفوژ شده و محتویات رویی به‌طور کامل خارج شد. به هر چاهک به مقدار 100λ از DMSO اضافه گردید. میزان جذب حاصل در طول موج 450 nm توسط دستگاه Reader Elisa قرائت شد. نتایج آزمایش به صورت اندیکس تحریک SI محاسبه گردید (۲۴).

بررسی زخم موش‌های درمان شده و کنترل

برای بررسی میزان آلودگی در موش‌ها در شروع، یک، سه و چهار هفته بعد از درمان نمونه‌گیری و تهیه اسمیر از زخم و شمارش تعداد انگل (آماستیگوت) در ۱۰ شان انجام شد. اندازه‌گیری قطر زخم، پس از چالش و ظاهر شدن زخم در قاعده دم موش با استفاده از کولیس دیجیتال به‌طور هفتگی اندازه‌گیری شد. بدین‌نحو که حاصل جمع طول و عرض قطر زخم بر عدد ۲ تقسیم و به عنوان عدد مربوط به قطر زخم در نظر گرفته می‌شد. وزن موش‌ها طی درمان به‌صورت هفتگی با ترازو کشیده و یادداشت گردید.

آنالیز آماری

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری گاما اینترفرون و IL4 و توتال IgM و MTT و IgG 2 a و بررسی قطر زخم و بقاء موش‌ها در گروه‌های کنترل و مورد اطلاعات

اختلاف معنی دار است (جدول شماره ۲). میانگین MTT در چهار گروه به صورت زیر است که گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 با $p < 0.05$ اختلاف معنی داری نسبت به سایر گروه‌ها دارد. میانگین (OD) MTT در گروه دریافت کننده ۵ng-IL22، ۱۰ng-IL22 و pbs به ترتیب ۰/۷۹۴، ۰/۴۱ و ۰/۵۵۵ می‌باشد.

جدول شماره ۲: میانگین و انحراف معیار IFN γ ، IL4، IgG total و IgG2a در هفته هفتم بعد از درمان عفونت لیشمانیا ماژور در موش BALB/c

PBS		IL22-10ng		IL22-5ng		
SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	
۱۰/۸۹	۱۳۱	۴۶/۸۵	۲۷۱	۳۳/۰۳	۱۷۶۹/۵	IFN γ
۱۴/۳۳	۲۰۳/۷۵	۵/۱۲	۱۴/۲۵	۴/۵۰	۳/۷۵	IL4
۰/۰۲۶۷	۰/۱۳۷۲	۰/۰۶۲	۰/۱۷۵	۰/۰۱۵	۰/۰۴۹۲	IgGtotal
۰/۲۸۵	۰/۰۱۸۶۷	۰/۱۴۱	۱/۲۴۹	۰/۲۸۵	۱/۴۳۹	IgG2a

بحث

از آنجایی که درمان بیماری لیشمانیوز جلدی در بهترین شرایط تنها ۸۰ درصد موفقیت داشته است و برخی از درمان‌ها کارایی بسیار اندکی در بیماری دارند لذا مطالعه روش‌های درمانی جدید گریز ناپذیر است. نتایج اثر درمانی IL22 در دو دوز ۵ و ۱۰ نانو گرم نسبت به pbs نشان رشد زخم به صورت مشخص در گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 کاهش می‌یابد و بیشترین تأثیر در گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 بوده است و شروع بروز زخم در گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 ۵۱ روز پس از درمان بوده در صورتی که در سایر گروه‌ها ۳۰ روز پس از درمان بوده است. از آنجایی که نتایج روی موش‌های BALB/c ماده نشان داد که در هفته‌های پس از عفونت با لیشمانیا ماژور، روند افزایش قطر زخم در گروه‌هایی که ۵ng-IL22 دریافت کردند کندتر از گروه دریافت کننده ۱۰ng-IL22 و PBS است ولی روند افزایش قطر و اندازه زخم در گروه دریافت کننده ۱۰ng-IL22 و PBS مشاهده شده است. امروزه ثابت شده که سلول‌های کراتینوسیت پوستی واجد گیرنده برای این سایتوکین هستند (۲۵). در پوست IL22 سبب القای

اختلاف معنی دار آماری وجود دارد ولی در سایر روزها فقط با گروه PBS اختلاف آماری معنی دار دیده شد ($p < 0.05$). جهت بررسی روند آلودگی پس از گذشت ۵۱ روز در گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 ندول بسیار کوچکی مشاهده شد و میانگین تعداد اماستیکوت این گروه در ۱۰ فیلد (۴۵) در مقایسه با میانگین تعداد اماستیکوت‌ها در گروه ۱۰ng-IL22 (۵۰، ۱۱) و در گروه PBS (۱۶۸) در روز ۵۱ بوده است. با این که در پایان دوره درمان تعداد اماستیکوت‌های گروه‌های دریافت کننده IL22 کاهش داشت ولی بیشترین کاهش تعداد اماستیکوت را در گروه ۵ng-IL22 داشتیم. در مقایسه میزان مرگ و میر موش‌ها ۱۳ هفته پس از درمان هیچ گونه مرگ و میر در گروه‌های تحت درمان با IL22 نداشتیم در صورتی که در گروه PBS (۱) مرگ در هفته چهارم اتفاق افتاد. قبل از شروع درمان از لحاظ میانگین اندازه و وزن اختلاف معنی داری بین گروه‌ها دیده نشد. ولی بررسی میانگین وزن با انجام آزمون LSD در هفته‌های مختلف نشان می‌دهد که گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 از نظر افزایش وزن با $p < 0.05$ با دو گروه دیگر در روزهای ۱۱۴ و ۱۰۷ اختلاف معنی داری ندارد ولی در سایر روزها با گروه PBS اختلاف آماری معنی دار دیده شد. نتایج بررسی‌های IFN- γ ، IgG total، IgG2a و IL4 نشان می‌دهد که ۱۰ng-IL22 به طور مشخص سبب افزایش تولید گاما اینترفرون و کاهش تولید IL4 می‌شود.

در مقایسه ۳ گروه تحت درمان با PBS، ۱۰ng-IL22 و ۵ng-IL22 نتایج آزمون LSD نشان می‌دهد که میزان گاما اینترفرون و IgG total گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 با $p < 0.05$ نسبت به سایر گروه‌ها معنی دار است و میزان IL4 گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 با $p < 0.05$ نسبت به ۱۰ng-IL22 معنی دار نیست ولی با گروه کنترل دارای اختلاف معنی داری است. میزان IgG2a گروه تحت درمان با ۵ng-IL22 با $p < 0.04$ نسبت به ۱۰ng-IL22 معنی دار نیست ولی با گروه کنترل

پپتیدهای ضد میکروبی می شود و تکثیر کراتینوسیت ها را افزایش و تمایز آن ها را مهار می کند و یک نقشی در التیام پوست در مکانیسم دفاعی ذاتی دارد (۲۵،۱۶).

در مقایسه ۳ گروه تحت درمان با PBS، 10 ng - IL۲۲ و 5 ng - IL۲۲ نتیجه تحلیل واریانس نشان داد در سطح $p=0/000$ در ۳ گروه حداقل در یک زوج گروه اختلاف معنی دار آماری در اندازه زخم وجود دارد. که با استفاده از آزمون LSD نشان می دهد که گروه 5 ng - IL۲۲ با $p<0/05$ با دو گروه دیگر در روزهای ۳۰ و ۳۷ اختلاف معنی دار آماری در اندازه زخم دارد ولی در روزهای ۴۴، ۵۱ و ۵۸ فقط با 5 ng - IL۲۲ اختلاف معنی دار نیست ولی در روزهای ۶۵، ۷۲ و ۷۹ با $p<0/05$ فقط با گروه PBS اختلاف آماری معنی دار دیده شد. نتایج روی موش های BALB/c ماده نشان داد که در هفته های پس از عفونت با لیشمانیا ماژور، روند افزایش قطر زخم در گروه هایی که 5 ng - IL۲۲ دریافت کردند کندتر از گروه دریافت کننده PBS است و در مجموع نتایج اندازه زخم در گروهی که 5 ng - IL۲۲ را دریافت کرده، به مقدار گروه 5 ng - IL۲۲ نزدیک است ولی روند افزایش قطر و اندازه زخم در گروه دریافت کننده PBS مشاهده شده است که شاید نمایانگر اثر بهتر سایتوکین IL۲۲ باشد. امروزه ثابت شده که سلول های کراتینوسیت پوستی واجد گیرنده برای این سایتوکین هستند. در پوست IL۲۲ سبب القای پپتیدهای ضد میکروبی می شود و تکثیر کراتینوسیت ها را افزایش و تمایز آن ها را مهار می کند و یک نقشی در التیام پوست در مکانیسم دفاعی ذاتی دارد (۱۶،۲۵). در موش هایی که گروه کنترل را تشکیل می دادند و فقط PBS را دریافت کرده بودند روند پیشرفت زخم و کاهش وزن نسبت به سایر گروه ها نیز معنی دار بود. جهت بررسی روند آلودگی پس از گذشت ۵۱ روز در گروه تحت درمان با 5 ng - IL۲۲ ندول بسیار کوچکی مشاهده شد و میانگین تعداد اماستیکوت این گروه در ۱۰ فیلد $4/5$ در مقایسه با

میانگین تعداد اماستیکوت ها در گروه 10 ng - IL۲۲ $11/5$ و در گروه PBS (۱۶۸) در روز ۵۱ بوده است. با این که در پایان دوره درمان تعداد اماستیکوت های گروه های دریافت کننده 5 ng - IL۲۲ کاهش داشت ولی بیشترین کاهش تعداد اماستیکوت را در گروه 5 ng - IL۲۲ داشتیم. که شاید بتوان توجیه نمود که چون عفونت لیشمانیایی در موش بستگی به فعال شدن یکی از دو زیر گروه های سلولی $CD+4$ یعنی $Th1$ و $Th2$ دارد و پاسخ $Th1$ با بهبودی و پاسخ $Th2$ با عفونت منتشر ارتباط دارد و سلول های $Th1$ با ترشح سایتوکین هایی مانند: $TNF-\beta$ ، $IL2$ و $IFN-\gamma$ واسطه بهبودی می باشند و $IFN-\gamma$ حاصل از این سلول ها به عنوان قوی ترین سایتوکین فعال کننده ماکروفاژهاست و فعال شدن ماکروفاژها منجر به تولید نیتریک اکسید NO و سرانجام منجر به مرگ انگل می شود (۲۸-۲۶).

نتایج سایر تحقیقات زیر شاید تأیید یافته فوق باشد. IL۲۲ با آن که یک سیتوکین عضو خانواده $IL10$ است و $IL10$ به عنوان سردسته خانواده سایتوکین، یک مهار کننده مؤثر ایمنی سلولی و تقویت کننده قوی ایمنی هومورال است. ولی علی رغم داشتن مشترکات ساختمانی بسیار زیاد این دو در این خانواده از لحاظ عملکرد بیولوژیک و ایمنولوژیک، تفاوت های فاحشی بین آن ها وجود دارد. و رسپتورهای $4-2$ CRF۲-۴ و $IL10$ و $IL22$ مشترک است و برای سیگنالینگ لازم است در حالی که $9-2$ CRF۲-۹ مختص $IL22$ است و دارای هومولوژی بادومین زنجیره گیرنده $IL10$ است.

وجود $4-2$ CRF۲-۴ و $9-2$ CRF۲-۹ یعنی دو زنجیره گیرنده این سایتوکین در سیگنالینگ مؤثر هستند و در مسیر سیگنالینگ این سایتوکین شامل $STAT1$ ، $STAT3$ و $STAT5$ فعال شده متعاقب آن تولید پروتئین های فاز حاد از کبد افزایش می یابد و نقش این سایتوکین را به عنوان یک سایتوکین التهابی تثبیت می کند. $IL22$ باعث فعال سازی $JAK1$ ، $TYK2$ ، $STAT1$ ، $STAT3$ ، $STAT5$ و مسیر MAP کیناز می شود (۱۶-۱۱).

مطالعات زیادی در لیشمانیوز تجربی ناشی از لیشمانیا ماژور انجام گرفته است که نشان از ارتباط قوی بین تولید اینترفرون گاما و توانایی محدود کردن عفونت و از سویی ارتباط بین اینترلوکین ۴ و عدم توانایی کنترل عفونت است به طوری که تجویز anti-IFN- γ به موش‌های مقاوم سبب بزرگ شدن زخم و تأثیر در بهبودی می‌شود و بر عکس تجویز IFN- γ به موش‌های حساس سبب کوچک شدن زخم‌ها شده است. افزایش مقدار اینترفرون گاما نسبت به اینترلوکین ۴ در گروه‌های دریافت‌کننده IL22 نشان‌دهنده این است که بیماری به سمت بهبودی می‌رود. زیرا ثابت شده که در مدل‌های موش‌های آزمایشگاهی که پاسخ‌های ایمنی به سمت TH1 و اینترفرون گاما می‌رود؛ بیماری به‌سوی خودبه‌خود بهبود شونده می‌رود. در زمانی که پاسخ ایمنی به سمت Th2 و اینترلوکین ۴ می‌رود بیماری شدت می‌یابد و وخیم می‌شود (۲۷، ۲۸).

IL22 یک اثر حفاظتی در برابر بیماری کالاآزار انسانی دارد و لیشمانیا دونوانی تمایز سلول‌های Th17 را برای تولید IL17 و IL22 و گاما اینترفرون تحریک می‌کند (۲۱). در مقایسه میزان مرگ و میر موش‌ها ۱۳ هفته پس از درمان هیچ‌گونه مرگ و میر در گروه‌های تحت درمان با IL22 نداشتیم در صورتی که در گروه PBS (۱) مرگ در هفته چهارم اتفاق افتاد. قبل از شروع درمان از لحاظ میانگین اندازه وزن موش‌ها اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها دیده نشد. از آنجایی که عامل زمان تأثیر قاطع بر روند بیماری، وزن و اندازه قطر زخم دارد بدیهی است که با گذشت زمان عفونت در حیوان تثبیت شده، بیماری بروز می‌کند. این مسأله منجر به بروز علائم در حیوان، کم‌خوراکی و از سویی تحلیل رفتن آن و در مجموع سبب کاهش وزن حیوان می‌شود. در موش‌هایی که گروه کنترل را تشکیل می‌دادند و فقط PBS را دریافت کرده بودند، روند پیشرفت زخم و کاهش وزن نسبت به سایر گروه‌ها معنی‌دار بود. نتایج بررسی‌های anti-IFN- γ ، IgG total و IL4 نشان می‌دهد که

IL22- Δ ng، به‌طور مشخص سبب افزایش تولید گاما اینترفرون و کاهش تولید IL4 می‌شود.

در مقایسه ۳ گروه تحت درمان IL22- Δ ng و IL22-10ng و PBS نتیجه تحلیل واریانس نشان داد در سطح $p=0/001$ در ۳ گروه حداقل در یک زوج گروه اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. که برای آشکار سازی این اختلاف‌ها از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد که نتایج آزمون LSD نشان می‌دهد که میزان گاما اینترفرون و IgG total گروه تحت درمان با IL22- Δ ng با $p<0/05$ نسبت به سایر گروه‌ها معنی‌دار است و میزان IL4 گروه تحت درمان با IL22- Δ ng با $p<0/05$ نسبت به IL22-10ng معنی‌دار نیست ولی با گروه کنترل دارای اختلاف معنی‌داری است. میزان IgG2a گروه تحت درمان با IL22- Δ ng با $p<0/05$ نسبت به IL22-10ng معنی‌دار نیست ولی با گروه کنترل اختلاف معنی‌دار است. میانگین MTT در چهار گروه نشان داده است که گروه تحت درمان با IL22- Δ ng با $p<0/05$ اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌ها دارد. در این روش رنگ سنجی MTT قادر به عبور از غشای سلول‌ها می‌باشد. آنزیم دهیدروژناز میتوکندریایی قادر است پس از ورود MTT به سلول‌های سالم، حلقه‌تترازولیوم آن را بشکند و آن را به فورمازان نامحلول و آبی رنگ تبدیل کند. در حالی که سلول‌های مرده از این عمل ناتوان هستند. که در این آزمایش حداکثر پروفیراسیون و حداکثر تکثیر و تحریک لنفوسیت‌ها در مربوط به گروه دریافت‌کننده IL22- Δ ng می‌باشد (۲۴).

در مجموع نشان داده شده بیشترین تأثیر در گروه تحت درمان با IL22- Δ ng بوده است زیرا IL22- Δ ng سبب افزایش تولید گاما اینترفرون و کاهش تولید IL4 شده است و نمایانگر آن است که موش‌های تحت درمان با IL22 سبب ایجاد پاسخ‌های سایتوکین Th1 می‌شود از طرفی درصد بقاء بالا و کاهش مرگ و میر، افزایش چشمگیر وزن، کاهش قطر زخم، افزایش IgG2a، اینترفرون گاما و کاهش میزان IL4 نمایانگر کارایی

سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی دکترای انگل شناسی خانم هاجر ضیایی هزار جریبی و با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

این سایتوکین در درمان لیشمانیوز جلدی می باشد که باید در آینده همراه با واکسن های لیشمانیا مورد ارزیابی قرار گیرد.

References

- Bern C, Maguire JH, Alvar J. Complexities of assessing the disease burden attributable to leishmaniasis. *PLOS Negl Trop Dis* 2008; 2(10): e313.
- Handman E. Leishmaniasis; current status of vaccine development. *Clin Microbiol Rev* 2001; 14(2): 229-300.
- Dowlati Y. Cutaneous leishmaniasis: clinical aspect. *Clin Dermat* 1996; 14: 425-431.
- Atlaszewski MG. Leishmania infection and virulence. *Med Microbiol Immunol* 2001; 190(1-2): 37-42.
- Rose K, Curtis J, Baldwin T, Mathis A, Kumar B, Sakthianandeswaren A, et al. Cutaneous leishmaniasis in red kangaroos: isolation and characterization of the causative organisms. *Int J Parasitol* 2004; 34(6): 655-664.
- Klaus SN, Frankenburg S, Ingber A. Epidemiology of cutaneous leishmaniasis. *Clin Dermatol* 1999; 17(3): 257-260.
- Desjeux P, Alvar J. Leishmania/HIV co-infections: epidemiology in Europe. *Ann Trop Med Parasitol* 2003; 97(Suppl 1): 3-15.
- Chang KP, Fong D, Bray RS. Biology of *leishmania* and leishmaniasis. In: Chang KP, Bray RS, eds. *Leishmaniasis: Human Parasitic Diseases*. Vol 1. Philadelphia: Elsevier; 1985. p. 1-30.
- Dumoutier L, Leemans C, Lejeune D, Kotenko SV, Renaud JC. Cutting edge: STAT activation by IL-19, IL-20 and mda-7 through IL-20 receptor complexes of two types. *J Immunol* 2001; 167(7): 3545-2549.
- Conti P, Kempuraj D, Frydas S, Kandere K, Boucher W, Letourneau R, et al. IL-10 subfamily members: IL-19, IL-20, IL-22, IL-24 and IL-26. *Immunol Lett* 2003; 88(3): 171-174.
- Igwa D, Sakai M, Savan R. An unexpected discovery of two interferon gamma-like genes along with interleukin (IL) 22 and -26 from teleost: IL-22 and -26 genes have been described for the first time outside mammals. *Mol Immunol* 2006; 43(7): 999-1009.
- Dumoutier L, Van RE, Ameye G, Michaux L, Renaud JC. IL-TIF/IL-22: genomic organization and mapping of the human and mouse gene. *Genes Immun* 2000; 1(8): 488-494.
- Pinto Nagem RA, Colau D, Dumoutier L, Renaud J-Ch, Ogata C, Polikarpov I. Structure of recombinant human interleukin-22. *Structure* 2002; 10(8): 1051-1062.
- Gurney AL. IL-22, a Th1 cytokine that target the pancreas and select other peripheral tissue. *Int Immunopharmacol* 2004; 4(5): 669-677.
- Jones SA, Rose-John S. The role of soluble receptors in cytokine biology the agonistic prosperities of the s IL-6R/IL-6 complex. *Biochim Biophys Acta* 2002; 1592(3): 251-263.
- Boniface K, Bernard F-X, Garcia M, Gurney AL, Lecron JC, Morel F. IL22 inhibits epidermal differentiation and induces proinflammatory

- gene expression and migration of human keratinocytes. *J Immunol* 2005; 174: 3695-3702.
17. Andoh A, Zhang Zh, Inatomi O, Fujino S, Deguchi Y, Araki Y, et al. Interleukin-22, a member of the IL-10 subfamily, induces inflammatory responses in colonic subepithelial myofibroblasts. *Gastroenterology* 2005; 129(3): 969-984.
 18. Aujla SJ, Chan YR, Zheng M, Fei M, Askew DJ, Pociask DA, et al. IL22 mediates mucosal host defense against Gram-negative bacterial pneumonia. *Nat Med* 2008; 14(3): 275-281.
 19. Zenewicz LA, Yancopoulos GD, Valenzuela DM, Murphy AJ, Karow M, Flavell RA. Interleukin-22 but not interleukin-17 provides protection on hepatocytes during acute liver inflammation. *Immunity* 2007; 27(4): 647-659.
 20. Dhiman R, Indramohan M, Barnes PF, Nayak RC, Paidipally P, Rao LV, et al. IL-22 produced by human NK cells inhibits growth of *Mycobacterium tuberculosis* by enhancing phagolysosomal fusion. *J Immunol* 2009; 183(10): 6639-6645.
 21. Pitta MGR, Romano A, Cabantous S, Henri S, Hammad A, Kouriba B, et al. IL-17 and IL-22 are associated with Protection against human Kala azar caused by *Leishmania donovani*. *J Clin Invest* 2009; 119(8): 2379-2387.
 22. Sasaki S, Takeshita F, Ke-qin X, Ishii N, Okuda K. Adjuvant formulation and delivery systems for DNA vaccines. *Methods* 2003; 31: 243-254.
 23. Farnandez-Botran R, Vetyickaz V. *Methods in Cellular Immunology*. 2nd ed. Portland: CRF Press LNC; 2001.
 24. Verma A, Prasad KN, Singh AK, Nyati KK, Gupta RK, Paliwal VK. Evaluation of the MTT lymphocyte proliferation assay for the diagnosis of neurocysticercosis. *Journal of Microbiological Methods* 2010; 81(2): 175-178.
 25. Boniface K, Bernard F-X, Garcia M, Gurney AL, Lecron J-C, Morel F. IL-22 inhibits epidermal differentiation and induces proinflammatory gene expression and migration of human keratinocytes. *J Immunol* 2005; 174(6): 3695-3702.
 26. McSorley S, Proudfoot L, O'Donnell CA, Liew FY. Immunology of murine Leishmaniasis. *Clin Dermatol* 1996; 14: 451-464.
 27. Scott P. The role of TH1 and TH2 cells in experimental cutaneous Leishmaniasis. *Exp Parasitol* 1989; 68: 369-372.
 28. Webb JR, Campos-Neto A, Ovendale PJ, Martin TI, Stromberg EJ, Badaro R, et al. Human and murine immune responses to a novel *Leishmania major* recombinant protein encoded by members of a multicopy gene family. *Infect Immun* 1998; 66(7): 3279-3289.