

تمایز سلول‌های دندریتیک مشتق از مونوسیت بر روی لایه‌ای از سلول‌های اندوتلیال به عنوان لایه تغذیه‌کننده

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: پاسخ‌های ایمنی ذاتی و اکتسابی وابسته به مهاجرت لکوسیت‌ها از عرض سلول‌های اندوتلیال (EC) می‌باشد. سلول‌های دندریتیک (DCs) که نقش مهمی در شروع پاسخ‌های ایمنی سلولی دارند و در مسیر مهاجرت از بافت‌های محیطی به عقده‌های لنفاوی با سلول‌های اندوتلیال عروق لنفاوی تماس پیدا می‌کنند. در این تحقیق اثرات سلول‌های اندوتلیال چسبیده به سطح و غیرفعال بر روی خصوصیات فنوتیپی و عملکردی سلول‌های دندریتیک مورد بررسی قرار گرفت. **روش بررسی:** بعد از جدا نمودن سلول‌های تک هسته‌ای از خون محیطی و کشت آن‌ها در محیط RPMI حاوی IL-4 (اینترلوکین-۴) و FCS و GM-CSF (فاکتور محرک-گرانولوسیت و مونوسیت) به مدت پنج روز سلول‌های دندریتیک نابالغ ایجاد شد. این سلول‌ها همراه با فاکتورهای بلوغ (مابع رویی مونوسیت (MCM)، TNF- α و Poly I-C) بر روی سلول‌های اندوتلیال اضافه شد و به مدت ۴۸ ساعت، در محیط کشت RPMI کشت داده شد. هفت روز پس از کشت بلوغ سلول‌های کشت داده شده توسط دستگاه فلوسایتومتری، بتا کانت و کیت الایزا بررسی شد. **یافته‌ها:** یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که سلول‌های اندوتلیال از طریق تماس سلول به سلول با سلول‌های دندریتیک ارتباط برقرار نموده و باعث مهار بلوغ در سلول‌های دندریتیک می‌گردد. این اثر به علت کاهش بیان CD83، CD86، CD80 و HLA-DR و افزایش بیان CD14 می‌باشد. آن‌ها هم‌چنین با مهار نمودن محرک‌های لنفوسیت‌های T موجب کاهش تکثیر آن‌ها می‌شوند. **نتیجه‌گیری:** براساس یافته‌های حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت، سلول‌های اندوتلیال که در مسیر مهاجرت سلول‌های دندریتیک قرار می‌گیرند، می‌توانند به عنوان تنظیم‌کننده‌های بالقوه عملکرد و تمایز سلول‌های دندریتیک باشند.

کلمات کلیدی: سلول‌های دندریتیک، سلول اندوتلیال، مونوسیت، لایه تغذیه‌کننده.

کیکاوس غلامی^{*}

وحید نجاتی^۱، نوروز دلیرز^۲

میثم گنجی‌بخش^۱، معصومه اسدی^۱

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه

ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- گروه ایمنولوژی، دانشکده دامپزشکی،

دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

^{*} نویسنده مسئول: ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده

علوم، گروه زیست‌شناسی، کدپستی: ۵۷۱۵۹۱۵۱۹۹

تلفن: ۰۹۱۴-۸۲۲۴۹۶۳

email: keyka.gholami@yahoo.com

مقدمه

می‌شوند. سلول‌های TCD4 نیز به نوبه خود پاسخ سایر سلول‌های سیستم ایمنی، نظیر لنفوسیت‌های B، لنفوسیت‌های TCD8، سلول‌های Natural Killer (NK) و ماکروفاژها را تنظیم می‌کنند.^۴ مهاجرت گلبول‌های تک‌هسته‌ای خون به داخل بافت‌ها توسط بیان مولکول‌های سلول‌ها انجام گرفته و باعث اتصال آن‌ها به سلول‌های اندوتلیال می‌شود، که این اتصال در سلول‌های اندوتلیال تحریک‌شده با Tumor Necrosis Factor (TNF- α) افزایش پیدا می‌کند.^۵ سلول‌های دندریتیک به‌طور مداوم از طریق عروق لنفاوی از بافت‌های محیطی به طرف لنفوسیت‌های T در عقده‌های لنفاوی ثانویه حرکت می‌کنند.^۶ سلول‌های دندریتیک هنگام مهاجرت با ماتریکس خارج سلولی،

سلول‌های دندریتیک (DC) Dendritic cells (DC) مهم‌ترین سلول‌های پردازش‌کننده آنتی‌ژن می‌باشند که نقش مهمی در شروع پاسخ‌های ایمنی خصوصاً در تحریک سلول‌های T دست نخورده دارند. آن‌ها از سلول‌های بنیادی مغز استخوان منشاء می‌گیرند^۱ و حدود ۵-۲٪ از لکوسیت‌های خون را تشکیل می‌دهند.^۲ عواملی نظیر عوامل میکروبی و واسطه‌های التهابی باعث القا بلوغ سلول‌های DC شده و منجر به افزایش بیان مولکول‌های HLA-DR، کمک تحریکی، تولید سایتوکین و ظرفیت مهاجرتی آن‌ها می‌شوند.^۳ در بافت‌های لنفاوی، DC آنتی‌ژن را به لنفوسیت‌های T CD4⁺ اختصاصی آنتی‌ژن عرضه می‌نمایند و موجب فعال شدن سلول‌های مذکور و القای پاسخ‌های ایمنی اولیه

سانتریفوژ گردید. در مراحل بعدی برای حذف فایکول و پلاکت‌ها، محلول فوق به ترتیب با سرعت ۴۵۰g به مدت ۱۰ دقیقه و ۲۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه مجدداً سانتریفوژ شد. از سلول‌های PBMC به دست آمده در مراحل قبل، تعداد $10^6 \times 3-1/5$ سلول در هر میلی‌لیتر و به مقدار پنج میلی‌لیتر در هر فلاسک کشت T25 در محیط کشت RPMI-1640 حاوی پنی‌سیلین (۱۰۰U/ml) استرپتومایسین (۱۰۰μg/ml)، 2ME (10^{-5} M) (۲/۵×۱۰) FBS (۱۰٪) به مدت دو ساعت در ۳۷ °C، ۵٪ CO₂ و ۹۰٪ رطوبت انکوبه گردید. بعد از اتمام زمان انکوباسیون سلول‌هایی که به فلاسک نچسبیده بودند با دو بار شستشوی آرام جدا شدند، و به سلول‌های چسبیده که اکثریت آن‌ها را منوسیت‌ها تشکیل می‌دادند محیط کشت جدید همراه با فاکتورهای تمایز (۱۰۰۰U/ml) GM-CSF و IL-4 (۵۰۰U/ml) اضافه و کشت داده شد. در روز سوم مجدداً مقادیر مشابهی از GM-CSF و IL-4 به فلاسک‌های حاوی سلول اضافه گردید. عصاره سلول‌های توموری خون K562 که قبلاً به‌عنوان آنتی‌ژن تهیه شده بود، در روز چهارم اضافه گردید. در روز پنجم فاکتورهای بلوغ TNF-α (۱۰ng/ml) و Poly- (۲۰ng/ml) از ribonucleic acid (PLY-IC) و ۲۵٪ مایع رویی منوسیت (MCM) جهت کمک به فرآیند بلوغ سلول‌های دندریتیک اضافه گردید، و تا ۴۸ ساعت دیگر در انکوباتور انکوبه شد (گروه کنترل). در روز هفتم سلول‌های دندریتیک تولید شده با استفاده از بافر Phosphate Buffered Saline (PBS) حاوی EDTA (۰/۵mM) برداشت و از نظر مورفولوژی، فنوتیپ و قدرت بیگانه‌خواری و تحریک تکثیر لنفوسیت‌های T و تولید سایتوکین‌ها مطالعه شد. تهیه عصاره سلول‌های توموری از سوسپانسیون سلولی K562: سوسپانسیون سلول‌های توموری K562 به تعداد 10^6-10^7 سلول تهیه و دو بار با محیط کشت RPMI 1640 شسته شد. بعد از آخرین شستشو حجم سوسپانسیون سلولی به ۱/۵ml رسانده شد. سوسپانسیون سلولی چهار بار با قرار دادن در نیتروژن مایع و آب ۳۷ °C هر کدام به مدت پنج دقیقه Freeze/thaw گردید. محصولات به دست آمده به مدت پنج دقیقه با سرعت ۱۵۰۰g سانتریفوژ شد. مایع رویی جمع‌آوری شده و مجدداً به مدت یک ساعت، با سرعت ۱۳۰۰۰g سانتریفوژ گردید و با استفاده از فیلتر ۰/۲۲μm استریل گردید. کشت هم‌زمان سلول‌های دندریتیک با سلول‌های اندوتلیال (Co culture): سلول‌های دندریتیک نابالغ تولید شده در گروه کنترل

فاکتورهای محلول و انواع مختلف سلول‌ها (ماکروفاژها، فیبروبلاست-ها، اندوتلیال، اپی‌تلیال و غیره) تماس پیدا می‌کنند.^۷ تحقیقات نشان می‌دهد که سلول‌های اندوتلیال با تولید فاکتور مهارکننده رشد اندوتلیال عروق و مهارکننده رگ‌زایی باعث بلوغ سلول‌های دندریتیک می‌شوند.^۸ در مطالعاتی که از کشت سلول‌های اندوتلیال در یک ماتریکس سه‌بعدی یا دوبعدی استفاده شده بود، مشاهده گردید که بلوغ سلول‌های دندریتیک مهار می‌شود،^۹ در حالی که سلول‌های اندوتلیال کشت شده با TNF-α باعث بلوغ سلول‌های دندریتیک می‌شوند.^{۱۰} شواهد روز افزونی وجود دارد که استرومای محیط‌های کوچک نقش مهمی را در تنظیم سلول‌های DC بازی می‌کنند. با توجه به این مفروضات، هدف این تحقیق بررسی تماس مستقیم سلول‌های اندوتلیال چسبیده به سطح و تحریک نشده با سایتوکین در حضور فاکتورهای بلوغ بر روی بلوغ و عملکرد سلول‌های DC می‌باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع مطالعات تحقیقی اصیل از تاریخ ۸۹/۰۱/۲۰ تا تاریخ ۸۹/۰۸/۳۰ در پژوهشکده زیست فناوری دانشگاه ارومیه انجام گرفته است. آنتی‌بادی‌های CD83 FITC، CD80 FITC، CD14 FITC، HLA-DR PE، CD86 FITC (کنژوگ با FITC) از شرکت Sigma خریداری شد. کیت اندازه‌گیری سایتوکین‌های IFN-γ، IL-4، IL-10 و IL-12 از شرکت Peprotech خریداری شد. کشت سلول: رده سلول‌های اندوتلیال ورید انسان Human Umbilical Vein Endothelial Cells (HUVEC) از انستیتو پاستور خریداری و در محیط کشت Hams-Dmem حاوی (۱۰٪) Fetal Bovine serum (FCS) کشت و بعد از پر شدن ۸۰٪ کف فلاسک، توسط تریپسین ۵٪ حاوی (۲٪) Ethylene Diamine Tetraacetic Acid (EDTA) از کف فلاسک برداشته شد و در کرایوهای حاوی ۱۰٪ DMSO، محیط کشت ۴۵٪ و FCS به‌میزان حجم کلی ۱ml در تانک ازت در دمای ۱۹۶- تا موقع استفاده نگه‌داری شد. کشت سلول‌های دندریتیک: برای به دست آوردن سلول‌های تک‌هسته‌ای خون محیطی Peripheral Blood Mononuclear Cells (PBMC)، از سه نفر داوطلب با سرنگ آغشته به هیپارین خون تهیه شد، سپس با همان حجم از محیط کشت RPMI رقیق گردید، و به آرامی روی فایکول برده شد، و با سرعت ۸۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه

پلیت ۹۶ خانه‌ای ته‌گرد در محیط کشت RPMI-1640 به‌اضافه ۱۰٪ سرم AB انسانی در حجم ۲۰۰ μl در دمای ۳۷ °C و ۵٪ CO₂ کشت داده شد. خانه‌های حاوی سلول‌های دندریتیک، و خانه‌های لنفوسیت‌های T به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در روز پنجم به هر خانه مقدار ۱ μCi متیل تیمیدین نشان‌دار شده با [³H] (Amersham) اضافه و به مدت ۱۸ ساعت دیگر انکوبه گردید. سلول‌ها توسط دستگاه Cell Harvester (شرکت ICN- انگلستان) بر روی فیلتر نیتروسلولزی منتقل گردید. بخش‌های از فیلتر که حاوی سلول‌های برداشت شده بود جدا و در ویال مخصوص قرار گرفته مقدار ۲ ml محلول سنتیلاسیون به هر ویال اضافه گردید. میزان تابش پرتو بتا از هر نمونه به مدت یک دقیقه توسط دستگاه شمارش‌گر بتا (شرکت Wallac, Finland) شمارش و ثبت گردید. تمامی آزمایشات به‌صورت سه‌تایی انجام و نتایج به‌دست آمده به‌صورت Count Per Minute (CPM) محاسبه و گزارش گردید.

اندازه‌گیری قدرت بیگانه‌خواری سلول‌های دندریتیک: ۲۰ μl از بید لانتکس فلورسانت (کنژوگه با FITC) (Sigma) با غلظت ۱۰^۸ × ۲/۵ در هر میلی‌لیتر در ۵ μl سرم AB⁺ به مدت ۷/۵ دقیقه اپسونیزه (Opsonization) شد. سپس بید اپسونیزه شده با ۲۰ μl از سلول‌های دندریتیک بالغ (روز هفت) با غلظت ۱۰^۷ × ۱/۲۵ در هر میلی‌لیتر مخلوط شده و با اضافه کردن ۶۰ μl بافر مخصوص بیگانه‌خواری (PBS، ۵ mM گلوکز، ۰/۹ mM CaCl₂، ۰/۵ mM MgSO₄، ۰/۵٪ FBS) به حجم کلی ۱۰۰ μl رسید (در میکروپلیت ۹۶ خانه‌ای ته‌گرد). میکروپلیت حاوی گروه تیمار به‌همراه گروه شاهد حاوی تمام مواد به‌جز بید لانتکس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ °C، ۵٪ CO₂ و ۹۰٪ رطوبت انکوبه شد. بعد از ۴۸ ساعت انکوباسیون، سلول‌ها برداشت و به‌منظور خاموش شدن فلورسانت سطح سلول با بافر خاموش‌کننده Quenching Buffer (۱۰٪ NaCl، ۰/۹٪ بافر سیترات ۱۳ μM و تریپان بلو ۰/۲۵ mg/ml) شسته شدند (سانتریفیوژ، ۳۰۰ × g، ۱۰ دقیقه).

اندازه‌گیری سایتوکین: آزمایش مربوط به بررسی سایتوکین‌ها به‌صورت جداگانه به‌وسیله کیت اندازه‌گیری سایتوکین‌های IFN-γ، IL-4، IL-10 و IL-12 (Peprotech) طبق پروتکل کارخانه سازنده انجام گرفت. میزان تولید اینترفرون-گاما (IFN-γ) و IL-4 در مایع رویی تست MLR و میزان تولید IL-10 و IL-12 در مایع رویی روز هفتم کشت سلول‌های دندریتیک مورد سنجش قرار گرفت. تغییر رنگ

در روز پنجم همراه با فاکتورهای بلوغ TNF-α (۱۰ ng/ml) و ۲۰ ng/ml از PLY-IC ۲۵٪ از MCM مستقیماً بر روی تک لایه سلول‌های اندوتلیال کشت داده شده به‌عنوان لایه تغذیه‌کننده اضافه شد و به مدت ۴۸ ساعت انکوبه شد (گروه تیمار). در روز هفتم سلول‌های دندریتیک تولید شده با بافر PBS حاوی EDTA (۰/۵ mM) برداشت و از نظر مورفولوژی، فنوتیپ و قدرت بیگانه‌خواری و تحریک تکثیر لنفوسیت‌های T و تولید سایتوکین‌ها مطالعه شد.

مطالعه میکروسکوپی: مورفولوژی سلول‌های کشت داده شده از اولین مرحله کشت سلول‌های تک‌هسته‌ای خون محیطی تا مرحله نهایی برداشت سلول‌های دندریتیک بالغ به‌وسیله میکروسکوپ معکوس با بزرگ‌نمایی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت که جزئیات تغییرات مورفولوژیک و ویژگی‌های سلول‌های دندریتیک به‌دست آمده در بخش نتایج ارائه گردیده است.

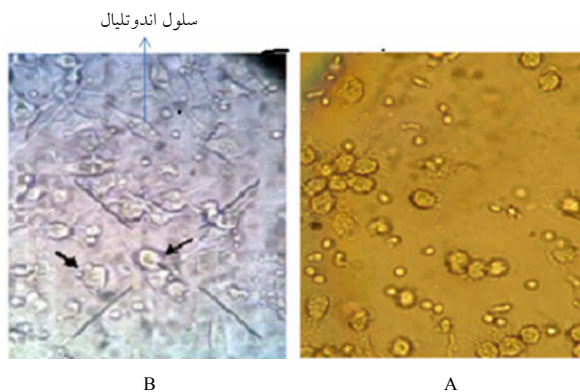
بررسی فنوتیپ سطحی سلول به‌وسیله فلوسایتومتری: در روز هفتم کشت، اکثریت سلول‌های دندریتیک به سلول‌های اندوتلیال چسبیده بودند و تعداد کمی به‌حالت شناور در آمده بودند. با اضافه کردن بافر PBS حاوی EDTA (۰/۵ mM) و انکوبه کردن در ۳۷ °C به مدت ۱۵ دقیقه برداشت گردیدند و سلول‌های به‌دست آمده بعد از یک‌بار شستشو با بافر FACS در همین بافر که حاوی ۲٪ سرم موش بود به مدت ۴۵ دقیقه در ۴ °C انکوبه شد. در پایان زمان انکوباسیون سلول‌ها مجدداً با بافر FACS شستشو شده بعد از رساندن حجم آن‌ها به ۱۰ L μ مقدار ۱۰ L μ آنتی‌بادی مربوطه یا کنترل ایزوتیپ اضافه به مدت ۴۵ دقیقه در ۴ °C انکوبه گردیدند. بعد از اتمام زمان انکوباسیون سلول‌ها یک‌بار با بافر Fluorescent Activation Cell Sortiny (FACS) شسته شده و بلافاصله با دستگاه فلوسیتومتری FACSCalibur (Becton- Dickinson آمریکا) مورد آزمایش قرار گرفته نتایج حاصل با نرم‌افزار CellQuest مورد آنالیز قرار گرفت.

واکنش مختلط لکوسیتی آلورژن و اتولوگ: به‌منظور سنجش قدرت سلول‌های دندریتیک تولید شده در گروه کنترل و گروه تیمار از نظر تحریک تکثیر لنفوسیت‌های T (سلول‌های پاسخ‌دهنده) واکنش مختلط لکوسیتی (MLR) آلورژن و اتولوگ به‌شرح زیر انجام گرفت. لنفوسیت‌های T آلورژن از PBMC افراد داوطلب و با خلوص بیش از ۸۰٪ تهیه گردید. تعداد ۱۰^۵ لنفوسیت T با سلول‌های دندریتیک در نسبت‌های مختلف (۱:۵، ۱:۱۰، و ۱:۲۰) مخلوط و به مدت پنج روز در

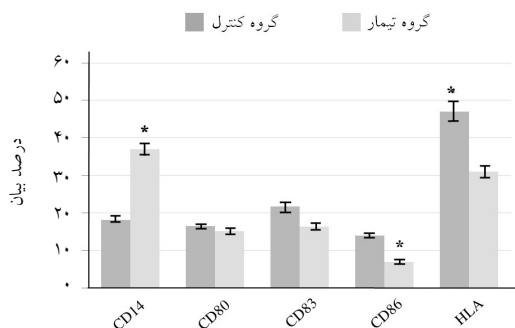
کنترل افزایش معنی داری داشت ($P < 0/05$) (نمودار ۲).

سنجش تحریک لنفوسیت (MLR)T: به منظور سنجش عملکرد سلول‌های دندریتیک تولید شده در تیمار و گروه کنترل، توانایی آن‌ها در القای واکنش لوکوسیتی آلورژیک مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل نشان داد که سلول‌های دندریتیک تولید شده در تیمار دارای توانایی کمتری در القای تکثیر سلول‌های آلورژن نسبت به سلول‌های دندریتیک گروه کنترل می‌باشند (نتایج به صورت میانگین cpm در نمودار ۳)، که تفاوت آن‌ها از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد.

بررسی توانایی تولید سایتوکین‌ها توسط سلول‌ها: میزان ترشح سایتوکین $INF-\gamma$ و IL-4 از لنفوسیت‌های T، که در مجاورت سلول‌های دندریتیک گروه کنترل و به مدت پنج روز قرار گرفته بودند (تست MLR)، به وسیله کیت الایزا مورد سنجش قرار گرفت. میزان ترشح IL-12 در گروه تیمار نسبت به گروه کنترل کاهش یافته بود در حالی که میزان ترشح IL-10 در تیمار نسبت به گروه کنترل افزایش



شکل ۱- مقایسه سلول‌های دندریتیک در گروه کنترل (A) و تیمار (B)



نمودار ۲: میانگین بیان نشان‌گرهای مولکولی در گروه کنترل و تیمار (* وجود اختلاف معنی دار نسبت به کنترل $P < 0/05$)

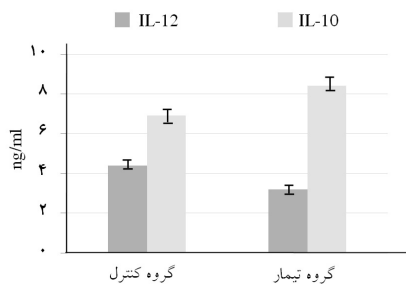
پلیت با استفاده از دستگاه قرائت گر الایزا (Awerness) و با طول موج ۴۰۵nm قرائت شد. متوسط OD به دست آمده محاسبه با استفاده از برنامه curve expert (version 0/7) مقدار $IL-4$ ، $INF-\gamma$ و IL-10 و IL-12 موجود در نمونه تعیین و به صورت ng/ml گزارش شد. تمامی آزمایش‌ها سه بار تکرار شد و داده‌های به دست آمده به صورت $Mean \pm SD$ بیان شدند و جهت تحلیل داده‌ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One way anyway) نرم افزار SPSS ویراست (۱۷) و آزمون t-test استفاده گردید. سطح معنی دار آزمون‌ها $P < 0/05$ در نظر گرفته شد. رسم نمودارها در فضای Excel (ویراست ۲۰۰۷) انجام گرفت. همچنین نتایج تست الایزا توسط نرم افزار CUREXPRT 0.7 مورد آنالیز قرار گرفت. مقدار $P < 0/05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

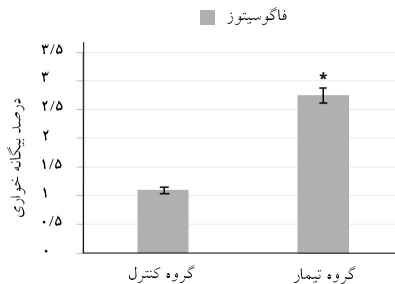
بررسی مورفولوژیکی: کشت سلول‌های تک هسته‌ای خون محیطی در دمای $37^{\circ}C$ به مدت دو ساعت باعث شد تا اکثریت سلول‌ها که درصد بیشتر آن‌ها مونوسیت بودند به ته فلاسک بچسبند و بعد از سه روز کشت سلول‌های چسبیده در حضور GM-CSF، IL-4 چسبندگی خود را از دست داده و شناور شدند. این سلول‌ها بزرگ‌تر از مونوسیت‌ها شده و زواید سیتوپلاسمی پیدا کرده بودند. این روند ادامه یافت تا این‌که در روز پنج با افزودن فاکتورهای بلوغ $TNF-\alpha$ ، MCM، PLY-IC، افزایش قابل ملاحظه اندازه سلول و تعداد زواید سیتوپلاسمی و روند شناور شدن آن‌ها دیده شد (گروه کنترل). در حالی که DC برداشت شده در روز هفتم در گروه تیمار (Co culture- EC) چسبیده، زواید سیتوپلاسمی کم و کروی شکل بودند (شکل ۱).

ویژگی‌های فنوتیپی سلول‌های دندریتیک: بیان مولکول‌های CD14، CD80، CD83، CD86، CD80 و HLA-DR، از نظر آماری در گروه‌های کنترل و تیمار با همدیگر اختلاف معنی دار نشان دادند ($P < 0/05$)، که با علامت * نشان داده شده است (نمودار ۲). مشخص شد که میزان بیان کاهش یافته بود. فقط در مورد CD86 و HLA-DR تفاوت آماری معنی دار بر اساس $P < 0/05$ وجود داشت. از طرف دیگر بیان CD14 در گروه تیمار نسبت به کنترل افزایش معنی داری را نشان می‌داد.

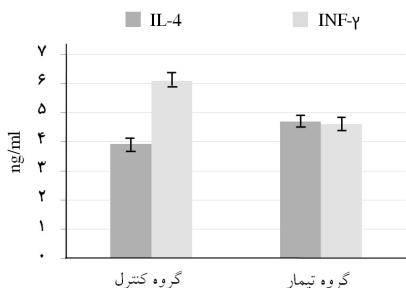
قدرت بیگانه‌خواری سلول‌های دندریتیک: با روش فلوسایتومتری مشاهده گردید که درصد بیگانه‌خواری گروه تیمار نسبت به گروه



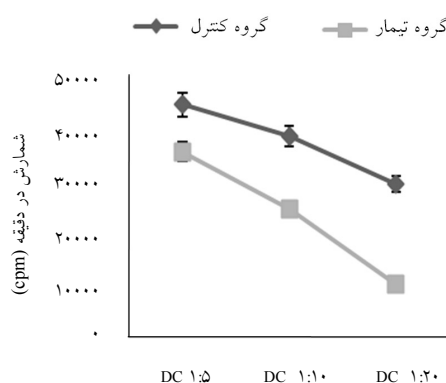
نمودار-۴: میانگین تولید سایتوکین‌ها در سلول‌های DC در گروه کنترل و بیمار



نمودار-۲: میانگین درصد فاگوسیتوز در گروه کنترل و بیمار (* وجود اختلاف معنی‌دار نسبت به کنترل $P < 0.05$)



نمودار-۵: میانگین تولید سایتوکین‌ها در لنفوسیت‌های مجاورت شده با سلول‌های DC گروه کنترل و بیمار



نمودار-۳: واکنش مختلط لنفوسیتی در رقت‌های مختلف DC در گروه کنترل و بیمار

دندریتیک نابالغ نه تنها نمی‌تواند به‌طور موثر لنفوسیت T اولیه را تحریک کند.^{۱۳،۱۴} بلکه باعث پیشرفت تحمل ایمنی خواهد شد.^{۱۵} سلول‌های دندریتیک به‌طور مداوم از بافت‌های محیطی به مناطق لنفوسیت‌های T در عقده‌های لنفاوی ثانویه حرکت می‌کنند.^۶ هنگام حرکت DCs از بافت‌های محیطی به بافت‌های لنفاوی، با محیط‌های کوچک استرومای که از ماتریکس خارج سلولی، فاکتورهای محلول و انواع مختلف سلول‌ها (از قبیل ماکروفاژها، فیبروبلاست‌ها، اندوتلیال، اپی‌تلیال و غیره) تشکیل شده تماس پیدا می‌کنند.^۷ در این میان سلول‌های اندوتلیال نقش مهمی را در چسبیدن، مهاجرت و تمایز سلول‌های پیش‌ساز مغز استخوان دارند.^{۱۶} اندوتلیوم از نظر متابولیسمی کاملاً تخصصی و فعال می‌باشد، و یک سد بین خون و بافت زیرین می‌باشد، و همچنین نقش مهمی در انتقال پیام‌های التهابی و جذب سلول‌های سیستم ایمنی به مکان‌های التهاب دارند.^۹ در این مطالعه که از کشت هم‌زمان سلول‌های اندوتلیال چسبیده به سطح و تحریک نشده با سایتوکین‌های التهابی با سلول‌های دندریتیک نابالغ مشتق از مونوسیت به‌مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. نتایج در پایان روز هفتم نشان داد که سلول‌های دندریتیک به تک‌لایه سلول‌های اندوتلیال

یافته بود، همین‌طور نسبت IL-12 به IL-10 در بیمار نسبت به گروه کنترل کاهش یافته بود (نمودار ۴). نتایج نشان داد میزان ترشح INF-gamma توسط لنفوسیت‌های T، در گروه بیمار نسبت به گروه کنترل کاهش یافته و میزان IL-4 در گروه بیمار نسبت به کنترل افزایش نشان می‌داد، اما داده‌های سایتوکین‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبودند (نمودار ۵).

بحث

جمعیت‌های مختلفی از سلول‌های دندریتیک در بافت‌های مختلف وجود دارد، که احتمالاً به‌خاطر تغییر ماهیت آن‌ها از حالت پردازش‌کننده آنتی‌ژن به‌حالت ارایه‌دهنده آنتی‌ژن می‌باشد، که بیشترین تعداد مولکول‌های MHC-II و مولکول‌های کمک تحریکی لنفوسیت T (HLA-DR, CD80, CD83) را در سطح خارجی خود بیان می‌کنند که به این فرایند بلوغ سلول‌های دندریتیک گویند.^{۱۱،۱۲} این تغییر فاز به‌عنوان یک نقطه عطف در پاسخ ایمنی به‌حساب می‌آید زیرا سلول

یافته بود (نمودار ۴). IL-10 به طور عمده توسط ماکروفاژهای فعال شده و لنفوسیت‌های T تنظیمی تولید می‌شود، هم‌چنین این سایتوکین توسط سلول‌های دندریتیک تنظیمی ترشح می‌شود، که باعث القا لنفوسیت‌های T تحریک‌نشده به سمت لنفوسیت‌های T تنظیمی (T_{H2}) می‌شود.^{۱۹} IL-12 را عامل محرک لنفوسیت‌های T و لنفوسیت‌های NK برای ترشح INF- γ می‌داند. IL-12 موجب پیش‌برد تمایز لنفوسیت‌های T یاور با نشان‌گر CD4 تحریک‌نشده به زیر گروه تولید کننده INF- γ (TH1) می‌شود.^{۲۰} منبع تولید IL-10 در این تحقیق ممکن که به خاطر تولید سلول‌های دندریتیک تولورژنی باشد که در اثر کشت هم‌زمان با سلول‌های دندریتیک نابالغ با سلول‌های اندوتلیال به وجود آمده باشند، که Yuk Yuen Lan نشان داد سلول‌های دندریتیک میلویدی که از پیش‌سازهای مغز استخوان موش در حضور IL-10 و Transforming Growth Factor- β (TGF- β) به دست آمده باشند، در تحریک بعدی با لیپوپلی‌ساکارید (LPS) سطح بالای از IL-10 در مقایسه با IL-12 تولید می‌کنند، هم‌چنین سطح پایینی از مولکول‌های CD83، CD80، HLA-DR را نشان می‌دهند.^{۲۱} دلیل دیگر برای این افزایش در تولید IL-10 در مقایسه با IL-12 می‌تواند ناشی از تولید آن از سلول‌های اندوتلیال باشد، که در تحقیق دیگری مشخص شد که Tang H دریافت که سلول‌های اندوتلیال بافت استرومای طحال از طریق ترشح IL-10، TGF- β و Nitric Oxide (NO) باعث تمایز سلول‌های پیش‌ساز مغز استخوان به سمت سلول‌های دندریتیک تولورژن می‌شوند.^{۲۲} در بررسی MLR سلول‌های دندریتیک حاصل از گروه کنترل و گروه تیمار مشخص شد که سلول‌های دندریتیک گروه تیمار توانایی کمتری در تحریک لنفوسیت‌های T و تکثیر آن‌ها دارند. بررسی مایع رویی تست MLR برای اندازه‌گیری IL-4 و INF- γ نشان داد که میزان IL-4 نسبت به INF- γ افزایش یافته بود (نمودار ۵). منبع سلولی IL-4 زیر گروه T_{H2} تنظیمی از لنفوسیت‌های T فعال شده با نشان‌گر CD4 می‌باشد.^{۲۳} از طرف دیگر اینترفرون-گاما سایتوکین شاخص زیر گروه لنفوسیت‌های T_{H1} کمکی می‌باشد. اینترفرون-گاما سایتوکین اصلی فعال‌کننده ماکروفاژها است و عملکردهای مهمی در ایمنی ذاتی و ایمنی سلولی اکتسابی در مقابل میکروب‌های داخل سلولی دارد.^{۲۴} با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری سایتوکین‌ها مشخص شد که لنفوسیت‌های T تحریک شده از نوع T_{H2} تنظیمی می‌باشند. در این

چسبیده بودند، و دارای زواید سیتوپلاسمی کوتاه و کروی شکل بودند. از آنجا که سلول‌های دندریتیک بالغ را به عنوان سلول‌های دارای زواید سیتوپلاسمی بلند و حالت شناور و غیر چسبان تعریف می‌کنند.^{۱۶} نتایج این تحقیق براساس بررسی مورفولوژیکی نشان‌دهنده سلول دندریتیک نابالغ می‌باشد که این نتایج با کارهای Jancic منطبق می‌باشد. وی نشان داد که نزدیک به ۸۰ درصد از سلول‌های دندریتیک مشتق از مونوسیت به طور محکم به سلول‌های اندوتلیال غیرفعال می‌چسبند.^{۱۷} در بررسی نشان‌گرهای سلول‌های دندریتیک اضافه شده به تک‌لایه سلول‌های اندوتلیال با دستگاه فلو‌سایتومتری مشخص شد که سلول‌های دندریتیک سطح پایینی از مولکول‌های CD80، CD83، HLA-DR و سطح بالای از CD14 را نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهند (نمودار ۱) که این نتایج با کارهای Heiko Methe منطبق می‌باشد. وی نشان داد سلول‌های اندوتلیال که در داخل یک ماتریکس دو بعدی یا سه بعدی کشت داده شوند باعث مهار بلوغ سلول‌های دندریتیک از طریق مهار بیان CD83، CD80، HLA-DR می‌شوند. هم‌چنین نشان داد که سلول‌های اندوتلیال غیر چسبیده (سلول‌های اندوتلیال کشت داده شده در محلول نمک) باعث افزایش بیان CD83، CD80، HLA-DR می‌شوند.^۹ از طرف دیگر نتایج حاصل از این تحقیق با کارهای Moldenhauer A در تضاد می‌باشد.^{۱۸} این اختلاف احتمالاً دو علت باشد. اول این‌که آن‌ها از سلول‌های دندریتیک مشتق از سلول‌های پیش‌ساز مغز استخوان (CD34) استفاده کرده‌اند (نه سلول‌های دندریتیک مشتق از مونوسیت). دوم این‌که از سلول‌های اندوتلیالی استفاده کرده بودند که قبلاً توسط TNF- α تحریک شده بود. در حالی‌که در این مطالعه از سلول‌های اندوتلیال تحریک نشده و چسبیده به سطح به‌عنوان لایه تغذیه‌کننده استفاده شد. گزارش شده که TNF- α باعث افزایش ترشح فاکتور مهارکننده رشد اندوتلیال عروق Vascular Endothelial Growth Inhibitor (VEGI) از سلول‌های اندوتلیال تیمار شده با TNF- α می‌شود.^۸ در تحقیق دیگر توسط Fang Tian، مشاهده گردید که VEGI باعث بلوغ سلول‌های دندریتیک و افزایش بیان مولکول‌های کمک تحریکی CD83، CD80، HLA-DR می‌شود.^۸ در ارزیابی تولید سایتوکین توسط سلول‌های دندریتیک تیمار شده با تک‌لایه سلول‌های اندوتلیال نتایج نشان داد که میزان IL-10 نسبت به گروه کنترل افزایش یافته بود، در حالی‌که میزان IL-12 در گروه تیمار در مقایسه با گروه کنترل کاهش

که در پیوندهای آلوگرافت مورد تهاجم سیستم ایمنی قرار می‌گیرند. اگر این سلول‌ها به‌خاطر ایسکمی یا جراحی در حین پیوند از غشای پایه زیرین خود جدا شوند، نقش مهمی در فعال کردن سیستم ایمنی و دفع پیوند به‌عهده خواهند داشت. چون سلول‌های اندوتلیالی که چسبندگی خود را با غشای پایه از دست داده باشند یا توسط سایتوکین‌های التهابی تحریک شده باشند باعث القاء پاسخ‌های سیستم ایمنی می‌شوند. برعکس این، سلول‌های اندوتلیال چسبیده و غیرفعال پاسخ‌های سیستم ایمنی را محدود می‌کنند.

مطالعه مشخص شد که سلول‌های دندریتیک نابالغ مشتق از مونوسیت (در روز پنجم) که با سلول‌های اندوتلیال چسبیده و غیرفعال به‌مدت ۴۸ ساعت کشت داده شوند (Co culture) باعث تولید سلول‌های دندریتیک تولوروژن می‌شود که از طریق ترشح IL-10 باعث تمایز لنفوسیت‌های T تحریک نشده به نوع TH2 تنظیمی می‌شوند. سلول‌های TH2 با ترشح IL-4 نقش مهمی در سرکوب و تنظیم سیستم ایمنی دارند. براساس نتایج حاصل از این مطالعه و مطالعه محققین دیگر با توجه به این‌که سلول‌های اندوتلیال اولین سلول‌های هستند

References

- Katz SI, Tamaki K, Sachs DH. Epidermal Langerhans cells are derived from cells originating in bone marrow. *Nature* 1979;282(5736):324-6.
- Thomas DB, editor. *Viruses and the Cellular Immune Response*. New York, NY: Marcel Dekker Inc; 1993.
- Tan JK, O'Neill HC. Maturation requirements for dendritic cells in T cell stimulation leading to tolerance versus immunity. *J Leukoc Biol* 2005;78(2):319-24. Epub 2005 Apr 4.
- Macatonia SE, Taylor PM, Knight SC, Askonas BA. Primary stimulation by dendritic cells induces antiviral proliferative and cytotoxic T cell responses in vitro. *J Exp Med* 1989;169(4):1255-64.
- D'Amico G, Bianchi G, Bernasconi S, Bersani L, Piemonti L, Sozzani S, et al. Adhesion, transendothelial migration, and reverse transmigration of in vitro cultured dendritic cells. *Blood* 1998;92(1):207-14.
- Sallusto F, Palermo B, Lenig D, Miettinen M, Matikainen S, Julkunen I, et al. Distinct patterns and kinetics of chemokine production regulate dendritic cell function. *Eur J Immunol* 1999;29(5):1617-25.
- Dudda JC, Simon JC, Martin S. Dendritic cell immunization route determines CD8+ T cell trafficking to inflamed skin: role for tissue microenvironment and dendritic cells in establishment of T cell-homing subsets. *J Immunol* 2004;172(2):857-63.
- Tian F, Grimaldo S, Fujita M, Cutts J, Vujanovic NL, Li LY. The endothelial cell-produced antiangiogenic cytokine vascular endothelial growth inhibitor induces dendritic cell maturation. *J Immunol* 2007;179(6):3742-51.
- Methe H, Hess S, Edelman ER. Endothelial cell-matrix interactions determine maturation of dendritic cells. *Eur J Immunol* 2007;37(7):1773-84.
- Moldenhauer A, Nociari M, Lam G, Salama A, Rafii S, Moore MA. Tumor necrosis factor alpha-stimulated endothelium: an inducer of dendritic cell development from hematopoietic progenitors and myeloid leukemic cells. *Stem Cells* 2004;22(2):144-57.
- Mellman I, Steinman RM. Dendritic cells: specialized and regulated antigen processing machines. *Cell* 2001;106(3):255-8.
- Banchereau J, Steinman RM. Dendritic cells and the control of immunity. *Nature* 1998;392(6673):245-52.
- Lu L, Woo J, Rao AS, Li Y, Watkins SC, Qian S, et al. Propagation of dendritic cell progenitors from normal mouse liver using granulocyte/macrophage colony-stimulating factor and their maturational development in the presence of type-1 collagen. *J Exp Med* 1994;179(6):1823-34.
- Lu L, McCaslin D, Starzl TE, Thomson AW. Bone marrow-derived dendritic cell progenitors (NLDC 145+, MHC class II+, B7-1dim, B7-2-) induce alloantigen-specific hyporesponsiveness in murine T lymphocytes. *Transplantation* 1995;60(12):1539-45.
- Fu F, Li Y, Qian S, Lu L, Chambers F, Starzl TE, et al. Costimulatory molecule-deficient dendritic cell progenitors (MHC class II+, CD80dim, CD86-) prolong cardiac allograft survival in nonimmunosuppressed recipients. *Transplantation* 1996;62(5):659-65.
- Calvi LM, Adams GB, Weibrecht KW, Weber JM, Olson DP, Knight MC, et al. Osteoblastic cells regulate the haematopoietic stem cell niche. *Nature* 2003;425(6960):841-6.
- Jancic C, Chuluyan HE, Morelli A, Larregina A, Kolkowski E, Saracco M, et al. Interactions of dendritic cells with fibronectin and endothelial cells. *Immunology* 1998;95(2):283-90.
- Moldenhauer A, Nociari M, Lam G, Salama A, Rafii S, Moore MA. Tumor necrosis factor alpha-stimulated endothelium: an inducer of dendritic cell development from hematopoietic progenitors and myeloid leukemic cells. *Stem Cells* 2004;22(2):144-57.
- Pestka S, Krause CD, Sarkar D, Walter MR, Shi Y, Fisher PB. Interleukin-10 and related cytokines and receptors. *Annu Rev Immunol* 2004;22:929-79.
- Brombacher F, Kastelein RA, Alber G. Novel IL-12 family members shed light on the orchestration of Th1 responses. *Trends Immunol* 2003;24(4):207-12.
- Lan YY, Wang Z, Raimondi G, Wu W, Colvin BL, de Creus A, et al. "Alternatively activated" dendritic cells preferentially secrete IL-10, expand Foxp3+CD4+ T cells, and induce long-term organ allograft survival in combination with CTLA4-Ig. *J Immunol* 2006;177(9):5868-77.
- Tang H, Guo Z, Zhang M, Wang J, Chen G, Cao X. Endothelial stroma programs hematopoietic stem cells to differentiate into regulatory dendritic cells through IL-10. *Blood* 2006;108(4):1189-97. Epub 2006 Apr 20.
- Alexander WS, Hilton DJ. The role of suppressors of cytokine signaling (SOCS) proteins in regulation of the immune response. *Annu Rev Immunol* 2004;22:503-29.
- Stark GR, Kerr IM, Williams BR, Silverman RH, Schreiber RD. How cells respond to interferons. *Annu Rev Biochem* 1998;67:227-64.

Differentiation of monocyte-derived dendritic cells on endothelial cells as feeding layer

Received: January 12, 2011 Accepted: February 06, 2011

Abstract

Keykavos Gholami MD.^{1*}
Vahid Nejati PhD.²
Nowruz Delirezah PhD.³
Meysam Ganji Bakhsh MD.¹
Masoumeh Asadi MD.¹

1- Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran.

2- Department of Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.

Background: The innate and adaptive immune responses are dependent on the migration of leukocytes across endothelial cells. Dendritic cells (DCs) play an important role in the initiation of cellular immune responses during their migration from tissues into the lymph nodes where they interact with endothelial cells of lymphatic vessels. We investigated the effects of surface-adherent and non-activated endothelial cells on phenotypic and functional characteristics of dendritic cells.

Methods: Immature dendritic cells were generated from the isolation of peripheral blood mononuclear cells and their subsequent culture in DC-RPMI 1640 medium containing 10% FCS, interleukin-4 and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) for five days. On day five, a maturation factor (composed of monocyte-conditioned medium, tumor necrosis factor- α (TNF- α) and poly I:C) was added to the RPMI medium where immature DCs were co-cultured with endothelial cell monolayer for 24 h. The maturation of harvested DCs on day seven was evaluated via flow cytometry, a beta-counter and an ELISA kit.

Results: This study showed that the endothelial cells interact with dendritic cells generated from peripheral blood monocytes via cell-to-cell interaction. This interaction inhibits the maturation of DCs via decrease in the expression of CD83, CD86, CD80, HLA-DR and up-regulation of CD14. The interaction also inhibits the stimulation of T-lymphocytes resulting in a decrease in their proliferation.

Conclusion: According to the findings of this study, it could be concluded that the endothelial cells can act as a potent regulator for DCs differentiation and function at the encounter made between them during the migration of DCs from tissues to lymph nodes.

Keywords: Dendritic cells, endothelial cells, feeder layer, monocyte.

* Corresponding author: Dept. of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Postal Code: 5715915199 Urmia, Iran. Tel: +98-914-8224963 email: keyka.gholami@yahoo.com