

اثر عوامل رشد حاصل از ژل پلاکتی بر تکثیر و تمایز سلول‌های بنیادی مزانشیمی

مریم امانی^۱، دکتر ناصر امیری زاده^۲، دکتر مسعود سلیمانی^۳، دکتر حسین ملک‌ان^۴، دکتر مهریار حبیبی رودکنار^۵، مریم بستر^۶

چکیده

سابقه و هدف

سلول‌های بنیادی مزانشیمی (MSCs)، جمعیت سلولی موجود در مغز استخوان هستند که توانایی تکثیر و تمایز بالقوه‌ای دارند. به منظور تکثیر و تمایز سلول‌های مزانشیمی، از FBS به عنوان یک مکمل در محیط کشت استفاده می‌شود که با خطر انتقال انواع عفونت‌ها و ایجاد واکنش‌های ایمنی همراه است. ژل پلاکتی اتولوگ، از اجزای طبیعی خون خود فرد تهیه می‌شود. پلاکت‌های فعال شده، عوامل رشدی را آزاد می‌سازند که خاصیت میتوژنیک برای سلول‌های مزانشیمی دارند. هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر عوامل رشد پلاکتی بر روی تکثیر و تمایز سلول‌های بنیادی مزانشیمی است.

مواد و روش‌ها

مطالعه انجام شده از نوع تجربی بود. سلول‌های تک هسته‌ای مغز استخوان جدا شده و در محیط کشت DMEM و ۱۰٪ FBS کشت داده شدند. سلول‌های حاصل از پاساژ اول با بررسی شاخص‌های CD45، CD166، CD90، CD105، CD44 و CD34 به روش فلوسایتومتری مورد تایید قرار گرفتند. با افزودن ترومبین و کلسیم به پلاسما غنی از پلاکت، ژل پلاکتی تهیه شد. ژل پلاکتی به مدت ۳۰ دقیقه، ۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در گرماخانه ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری و میزان عوامل رشد پلاکتی در این مایع با استفاده از روش الایزا اندازه‌گیری شد. سلول‌های مزانشیمی در محیط حاوی سرم ۱۰٪ و محیط حاوی عوامل رشد پلاکتی ۱۰٪ به مدت ۸ روز کشت و تکثیر داده شدند. میزان تکثیر سلول‌ها با استفاده از روش MTT بررسی شد. سلول‌های مزانشیمی بر روی داربست سه بعدی تری کلسیم فسفات کشت داده شدند و در نهایت میزان رشد و مورفولوژی سلول‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بررسی شد.

یافته‌ها

سلول‌های مزانشیمی با موفقیت جدا شده و در محیط حاوی فاکتورهای رشد پلاکتی تکثیر یافتند. از نظر مورفولوژی، سلول‌های مزانشیمی کشت داده شده مشابه سلول‌ها در محیط حاوی سرم بودند. سلول‌ها دارای شاخص‌های CD166 (۹۸/۸)، CD105 (۹۳)، CD90 (۹۶)، CD44 (۹۹/۵) و فاقد شاخص‌های سلول‌های خونساز نظیر CD34 (۲/۸) و CD45 (۳/۸) بودند. تفاوت قابل توجهی از نظر بیان شاخص‌ها بر روی سلول‌ها در دو محیط مشاهده نشد. در این مطالعه نشان داده شد که عوامل رشد پلاکتی نسبت به سرم، سبب افزایش بیشتر تعداد سلول‌ها می‌شوند. به علاوه سلول‌های مزانشیمی کشت داده شده در حضور فاکتورهای رشد پلاکتی، خاصیت استئوژنیک خود را حفظ کردند. تمایز استئوژنیک سلول‌های مزانشیمی با رنگ‌آمیزی رسوبات معدنی با Alizarin red و افزایش بیان آلکالین فسفاتاز تایید شد.

نتیجه‌گیری

عوامل رشد پلاکتی را می‌توان جایگزین سرم در محیط کشت سه بعدی نمود. این عوامل محیط مناسبی را برای رشد سلول‌های مزانشیمی فراهم می‌سازند. توانایی تمایز استئوژنیک سلول‌های مزانشیمی در این محیط حفظ می‌شود.

کلمات کلیدی: سلول‌های بنیادی مزانشیمی، استئوژنیزیس، داربست بافتی

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۶

تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۳۱

- ۱- کارشناس ارشد خون‌شناسی و بانک خون - مرکز تحقیقات سازمان انتقال خون ایران
- ۲- مؤلف مسؤول: PhD خون‌شناسی و بانک خون - استادیار مرکز تحقیقات سازمان انتقال خون ایران - صندوق پستی: ۱۱۵۷-۱۴۶۶۵
- ۳- PhD خون‌شناسی و بانک خون - استادیار دانشکده پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
- ۴- متخصص ارتوپدی - بیمارستان آتیه
- ۵- PhD بیوتکنولوژی - استادیار مرکز تحقیقات سازمان انتقال خون ایران
- ۶- کارشناس پرستاری - مرکز تحقیقات پیوند خون و مغز استخوان بیمارستان شریعی

مقدمه

ژل پلاکتی اتولوگ اولین بار در اوایل ۱۹۹۰ به عنوان یک محصول جانبی از پلاسما غنی از پلاکت (PRP = Platelet rich plasma) تهیه شد (۱). ژل پلاکتی را می‌توان از طریق مخلوط کردن پلاسما غنی از پلاکت با ترومبین و کلسیم تهیه نمود (۲، ۳). عوامل رشد پلاکتی نظیر bFGF (Fibroblast growth factor)، EGF (Epidermal growth factor)، TGF- β (Transforming growth factor β) و PDGF (Platelet-derived growth factor) سبب تسریع تمایز، تکثیر و مهاجرت سلول‌های مزانشیمی می‌شوند (۴). در سال ۲۰۰۴، آرپورن ماکلانگ و همکاران به بررسی تاثیر PRP بر توانایی تمایز استئوژنیک سلول‌های مزانشیمی در رت پرداختند. نتایج نشان دادند که PRP به صورت وابسته به دوز، سبب افزایش فعالیت تکثیری سلول‌های مزانشیمی می‌شود. در حالی که سبب کاهش فعالیت آکالین فسفاتاز و مقدار رسوب کلسیم در محیط می‌گردد (۵).

کیلیان و همکارانش در سال ۲۰۰۴ به بررسی اثرات عوامل رشد پلاکتی بر روی سلول‌های مزانشیمی و اندوتلیالی انسان در محیط کشت پرداختند. در این مطالعه، بعد از دگرانولاسیون پلاکتی با استفاده از ترومبین و کلسیم، عوامل رشد پلاکتی آزاد شده به محیط کشت سلول‌های مزانشیمی و اندوتلیالی افزوده شد. این امر سبب افزایش تکثیر و مهاجرت سلول‌های اندوتلیالی گردید و توانایی استئوژنیز سلول‌های مزانشیمی در حضور این فاکتورها افزایش یافت (۶).

رومین و همکارانش در سال ۲۰۰۴ سلول‌های مغز استخوان و PRP را بر روی مواد بیولوژیک سرامیکی با خصلت Osteoinductive کشت دادند. افزایش در حدود ۳۱٪ در تکثیر سلول‌های مغز استخوان مشاهده گردید. به علاوه بعد از ۱۵ روز از آغاز کشت، افزایش در فعالیت آکالین فسفاتاز مشاهده شد (۷).

در سال ۲۰۰۵، دوکت و همکارانش به بررسی تاثیر لایست پلاکتی (PL) بر تکثیر سلول‌های مزانشیمی و جایگزین کردن سرم حیوانی با این ماده پرداختند. در این مطالعه آن‌ها از پلاسما غنی از پلاکت، لایست پلاکتی (PL) تهیه کردند. نتایج نشانگر آن بود که PL سبب

افزایش تکثیر سلول‌های مزانشیمی و افزایش اندازه CFU-F می‌شود (۸).

سلول‌های مزانشیمی، سلول‌های بنیادی چند قوه‌ای هستند که می‌توانند به استئوبلاست‌ها، کندروسیت‌ها و سلول‌های چربی تمایز یابند (۹-۱۱). منبع اصلی این سلول‌ها مغز استخوان است. این سلول‌ها به تعداد محدودی در مکان‌های دیگری نظیر بند ناف، خون محیطی، ماهیچه، چربی و سینه‌ویوم نیز دیده می‌شوند (۱۵-۱۲).

سلول‌های مزانشیمی جدا شده از مغز استخوان مارکرهای CD166، CD105، CD106، CD29 و CD44 را بیان می‌کنند (۲۰-۱۶). این سلول‌ها فاقد مارکرهای ویژه سلول‌های خونساز و اندوتلیالی از جمله CD14، CD34 و CD45 هستند (۹). به طور معمول، تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی و تمایز آن‌ها به رده‌های مختلف سلولی از جمله سلول‌های استئوبلاست در خارج بدن (*ex vivo*)، در محیط کشت حاوی سرم حیوانی انجام می‌شود که با خطر انتقال انواع پاتوژن‌های شناخته شده و ناشناخته همراه است (۲۲، ۲۱).

به همین دلیل، در هنگام کاربرد این سلول‌ها در موارد درمانی، باید تماس سلول‌ها با سرم حیوانی را به حداقل رساند. بنابراین راه‌کرد مناسب، جایگزینی سرم حیوانی با منبع حمایتی مناسب می‌باشد. مطالعه‌های گذشته نشان داده‌اند که پلاسما غنی از پلاکت و ژل پلاکتی، حاوی عوامل رشد مختلفی می‌باشند که نقش آن‌ها در تکثیر و تمایز سلول‌های مختلف به اثبات رسیده است.

در این مطالعه به منظور حذف سرم از محیط کشت سلول‌ها، عوامل رشد پلاکتی، جایگزین سرم حیوانی شد و تاثیر آن بر روی تکثیر و تمایز سلول‌های مزانشیمی به سلول‌های استئوبلاست با استفاده از آزمایش‌های مولکولی و سلولی بررسی گردید.

در این مطالعه با فرض تاثیر عوامل رشد پلاکتی بر تکثیر و تمایز سلول‌های مزانشیمی، به تهیه سلول‌های مزانشیمی و محیط مناسب پرداخته و اثر این عوامل رشد، به صورت مقایسه‌ای با شرایط کشت در محیط سرم و در داربست سه بعدی مورد بررسی قرار داده شد.

مواد و روش ها

نوع مطالعه در این تحقیق به صورت تجربی و روش انتخاب نمونه‌ها تصادفی بود. سلول‌های مزانشیمی از اهداکنندگان سالم پس از کسب رضایت تهیه شد. نمونه‌های پلاکت نیز از افرادی که فاقد هر گونه اختلالات کمی و کیفی پلاکتی بودند تهیه گردید. جهت آنالیز داده‌ها از آزمون آماری ANOVA استفاده شد. مقادیر $p < 0/05$ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

کشت سلول‌های MSCs مغز استخوان:

در مطالعه حاضر، ۱۰ میلی‌لیتر نمونه مغز استخوان از ۵ نفر اهداکننده سالم (محدوده سنی بین ۲۰-۴۰ سال) تهیه گردید. به طور خلاصه، سلول‌های تک هسته‌ای با استفاده از گراداینت غلظت جدا شدند و در فلاسک کشت 25 cm^2 حاوی ۶ میلی‌لیتر محیط کشت DMEM (آمریکا - سیگما)، ۱۰٪ FBS (آمریکا - اینویترورژن) و آنتی‌بیوتیک‌های استرپتومایسین و پنی‌سیلین (ایران - سیناژن) کشت داده شدند. ۴۸ ساعت پس از آغاز کشت، سلول‌های غیر چسبنده با تعویض محیط حذف شدند.

به مدت ۱۴ روز، هر ۳ روز یک بار محیط کشت تعویض شد. بعد از این مدت، سلول‌های مزانشیمی تکثیر یافته و ۸۰ درصد کف فلاسک را پوشانده‌اند. در این زمان، سلول‌ها پاساژ داده شد و به فلاسک‌های جدید منتقل گردید (۲۳، ۲۱).

بررسی شاخص‌های سطحی:

سلول‌های تریپسینه شده توسط تریپسین (اینویترورژن - آمریکا) در ۱ میلی‌لیتر محلول PBS (بیومدیکال - آمریکا) سوسپانسیون شدند. ۱۰۰ میکرولیتر از سلول‌ها با ۱۰ میکرولیتر از آنتی‌بادی‌های CD166 و CD105 (داکو - دانمارک) کنژوگه با فیکواریترین (PE) و آنتی‌بادی‌های CD90، CD34، CD45 و CD44 (داکو - دانمارک) کنژوگه با فلورسینس ایزوتیوسیانات (FITC) و برای کنترل منفی با آنتی‌بادی‌های FITC-IgG₁ و PE-IgG₁ (داکو - دانمارک) مخلوط شدند و به مدت ۳۰ دقیقه در ۴ درجه سانتی‌گراد و تاریکی انکوبه شدند. در مرحله بعد، سلول‌ها با ۲٪ PBS-

BSA (سیگما - آمریکا) شستشو داده شدند و در ۵۰۰ میکرولیتر PBS سوسپانسیون و با دستگاه فلوسایتومتری تجزیه و تحلیل شدند (۲۱).

تهیه ترومبین:

به منظور تهیه ترومبین، ۱۰ میلی‌لیتر نمونه خون سیترا تهیه شد. خون به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با دور rpm ۳۰۰۰ سانتریفوژ شد و مایع رویی (پلاسما) جدا گردید. کلسیم گلوکونات (مینو - ایران) به پلاسما افزوده و نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. پس از تشکیل لخته، نمونه با دور rpm ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد و مایع رویی (ترومبین) جمع‌آوری گردید. ترومبین تهیه شده بعد از فیلتراسیون تا زمان مصرف در دمای 80°C نگهداری شد (۲۴).

تهیه ژل پلاکتی:

از ۵ فرد اهداکننده خون، ژل پلاکتی به روش زیر تهیه شد. بعد از تهیه ۳۰ میلی‌لیتر خون سیترا ته، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه و با دور rpm ۱۲۰۰ سانتریفوژ شدند. مایع رویی جدا شده و دوباره به مدت ۱۰ دقیقه با دور rpm ۳۰۰۰ سانتریفوژ شد. به منظور تغلیظ پلاکت‌ها، نیمی از پلاسما خالی شد و رسوب پلاکتی در پلاسما باقیمانده شناور و به این ترتیب پلاسما غنی از پلاکت (PRP) تهیه شد. بعد از این مرحله، PRP تهیه شده از افراد مختلف با یکدیگر مخلوط شدند.

به منظور تهیه ژل پلاکتی، پلاسما غنی از پلاکت با ترومبین و کلسیم گلوکونات مخلوط شد. نمونه‌های تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه، ۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در دمای 37°C درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. بعد از گذشت زمان‌های فوق، نمونه‌ها با دور rpm ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. مایع رویی (عوامل رشد آزاد شده از پلاکت) جدا گردید و بعد از فیلتراسیون تا زمان مصرف در دمای 80°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (لازم به ذکر است که پلاکت‌های افراد مختلف با یکدیگر مخلوط گردید و این مطالعه بر روی تک تک نمونه‌ها صورت نپذیرفت) (۳، ۲).

اندازه‌گیری عوامل رشد آزاد شده از پلاکت:

میزان عوامل رشد $\text{TGF-}\beta$ ، EGF، FGF و PDGF-AB از آزاد شده از پلاکت‌ها در زمان‌های مختلف با استفاده از روش الیزا و مطابق با دستورالعمل کیت (سیستم R & D)، اندازه‌گیری شدند. حداقل میزان اندازه‌گیری عوامل رشد پلاکتی توسط کیت‌های مورد استفاده برای عوامل رشد $\text{TGF-}\beta$ ، EGF، FGF و PDGF-AB به ترتیب ۱۳، ۲ و ۲۰۵ پیکوگرم در میلی‌لیتر است (۲۶، ۲۵).

بررسی اثر عوامل رشد آزاد شده از پلاکت بر تکثیر سلول‌های مزانشیمی:

سلول‌های مزانشیمی به میزان مساوی (۵۰۰ سلول) در چاهک‌های پلیت ۹۶ خانه‌ای کشت داده شدند. سه چاهک، محیط حاوی سرم ۱۰٪ و چاهک‌های دیگر به صورت سه تایی، عوامل رشد پلاکتی ۱۰٪ مربوط به زمان‌های مختلف را دریافت کردند. به مدت ۸ روز، محیط کشت یک روز در میان تعویض شد. برای ارزیابی میزان تکثیر سلول‌ها از روش MTT استفاده شد.

تمایز به استخوان:

به منظور تمایز سلول‌های مزانشیمی به سلول‌های استئوبلاست، $10^4 \times 5$ سلول در محیط DMEM حاوی ۱۰ درصد سرم حیوانی در چاهک‌های پلیت ۲۴ خانه‌ای که با کلاژن و ویترونیکتین (کمیکون - آمریکا) پوشیده شده بودند، کشت داده شد.

پس از مرحله پوشاندن سطح، محیط سلول‌ها با محیط تمایز به استخوان جایگزین شد. محیط تمایز به استخوان شامل DMEM حاوی دگزامتازون ۱ میلی‌مولار، اسید اسکوربیک دو فسفات ۰/۱ مولار (کمیکون - آمریکا) و گلیسرول دو فسفات ۱ مولار و سرم بود که به یک سری از نمونه‌ها سرم ۱۰ درصد و به یک سری، عوامل رشد پلاکتی ۱۰ درصد افزوده شد.

بعد از ۱۴ روز، تمایز سلول‌ها با استفاده از رنگ‌آمیزی الیزارین رد و آلکالین فسفاتاز مورد ارزیابی قرار گرفت. در ضمن بیان ژن استئوکلسین (OC) با روش RT-PCR بررسی شد (۲۷، ۲۱).

رنگ‌آمیزی الیزارین رد:

به منظور تثبیت سلول‌های استئوبلاست، اتانول (آلمان، Merck) سرد ۷۰٪ به سلول‌ها افزوده گردید و سلول‌ها در دمای اتاق انکوبه شدند. بعد از آن سلول‌ها با محلول Alizarin (آمریکا، سیگما) رنگ‌آمیزی شدند. در نهایت سلول‌های رنگ‌آمیزی شده با میکروسکوپ نوری ارزیابی شدند (۲۸).

رنگ‌آمیزی آلکالین فسفاتاز:

به منظور تثبیت سلول‌ها، محلول تثبیت کننده (آمریکا، سیگما) به سلول‌ها افزوده گردید و سلول‌ها در دمای اتاق انکوبه شدند. بعد از این مدت محلول رنگ‌آمیزی (آمریکا، سیگما) به سلول‌ها افزوده شد و سلول‌ها در دمای ۲۶-۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از این مدت سلول‌ها با هوماتوکسیلین (آمریکا، سیگما) رنگ‌آمیزی شدند. در نهایت سلول‌های رنگ‌آمیزی شده با میکروسکوپ نوری ارزیابی شدند (۲۹).

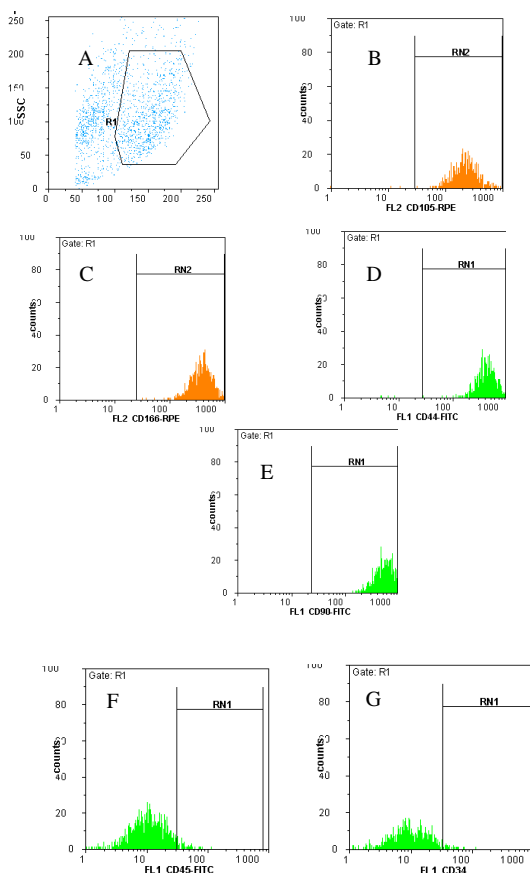
آنالیز RT-PCR:

سلول‌ها از نظر بیان ژن استئوکلسین (OC) مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور RNA کل سلول‌های تمایز یافته و تمایز نیافته با استفاده از دستورالعمل کیت RNX-Plus (ایران، سیناژن) جداسازی شد. کمیت و کیفیت RNA استخراج شده مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس از روی RNA استخراج شده، cDNA در واکنش رونویسی معکوس با استفاده از آغازگرهای هگزامر راندوم و آنزیم ترانس کریپتاز معکوس مطابق با دستورالعمل کیت ساخت cDNA (آمریکا، اینویترورژن) تهیه گردید. در ادامه واکنش PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی (5'-OCNF Forward و 3'-TGC AGA GTC CAG CAA AGG T- Reverse و 3'-TCC TGC TTG GAC ACA AAG G- OCNF 5') در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه، دمای آنیلینگ (۵۷ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۵ ثانیه، دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ ثانیه و دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه برای تکثیر نهایی و در ۳۴ سیکل انجام گردید. در پایان محصول PCR درون چاهک‌های ژل ۲

چهاردهم، سلول‌ها بیش از ۸۰٪ کف فلاسک را پوشانده‌اند (شکل ۱).

بررسی مارکرهای سطح سلولی:

درصد بیان مارکرهای اختصاصی سلول‌های بنیادی مزانشیمی شامل CD90، CD166، CD105 و CD44 در سلول‌های جدا شده از مغز استخوان به ترتیب ۹۶/۸٪، ۹۸/۸٪، ۹۳٪ و ۹۹/۵٪ می‌باشد. در حالی که مارکرهای



شکل ۲: ایمونوفنوتایپینگ سلول‌های مزانشیمی

نمودار (A): گیت سلول‌های تک هسته ای را نشان می‌دهد. نمودار (B) بیان آنتی‌ژن CD166 را نشان می‌دهد. نمودار (C): میزان بیان آنتی‌ژن CD44. نمودار (D): بیان آنتی‌ژن CD105. نمودار (E): بیان آنتی‌ژن CD90. نمودار (F): بیان آنتی‌ژن CD45. نمودار (G): بیان آنتی‌ژن CD34. در نمودارهای فوق، محورهای افقی نمایانگر میزان رنگ کنژوگه‌های (FITC, PE) متصل به آنتی‌بادی‌های مورد نظر می‌باشد و محورهای عمودی تعداد سلول‌ها را نشان می‌دهد. خطوط RN1, RN2 بیانگر سلول‌های واجد مارکر ارزیابی است که توسط آنتی‌بادی‌های نشاندار شده با مواد فلورسنت مختلف شناسایی شده‌اند.

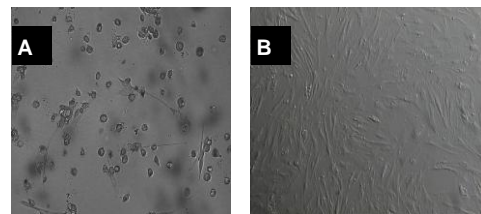
درصد آگاروز (آمریکا، سیگما) ریخته شد و پس از الکتروفورز با رنگ اتیدیوم بروماید (آلمان، بهرینگ) رنگ آمیزی و سپس ارزیابی شد (۳۱، ۳۰).

کشت و تمایز سلول‌های مزانشیمی در داربست سه بعدی: داربست‌های سلولی سه بعدی کلسیم فسفات (بیوساینس - آمریکا) در چاهک‌های پلیت ۹۶ خانه‌ای قرار داده شدند. 1×10^4 سلول به هر خانه افزوده و بعد از یک ساعت محیط تمایز به آن‌ها اضافه شد. به مدت ۱۴ تا ۱۷ روز، محیط تمایز هر ۳ روز یک بار تعویض گردید. بعد از این مدت نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی و بررسی فعالیت آلکالن فسفاتاز مورد ارزیابی قرار گرفتند (۳۲).

یافته‌ها

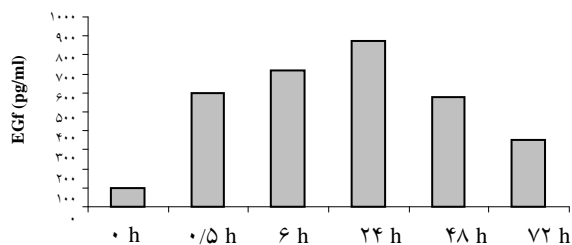
کشت سلول:

۴۸ ساعت بعد از کشت سلول‌های تک هسته‌ای، سلول‌های غیر چسبان حذف شدند. سلول‌های دوکی شکل مزانشیمی پس از گذشت سه روز در محیط کشت به صورت سلول‌های چسبیده ظاهر شدند. تعدادی سلول هماتوپوئیتیک به طور آزاد یا چسبیده به سلول‌های مزانشیمی هنوز در محیط دیده می‌شد که در روزهای بعدی با تعویض محیط، این سلول‌ها حذف شدند و تنها سلول‌های مزانشیمی در محیط باقی ماندند. کشت اولیه در حدود ۱۰ تا ۱۴ روز طول کشید که در نهایت در روز



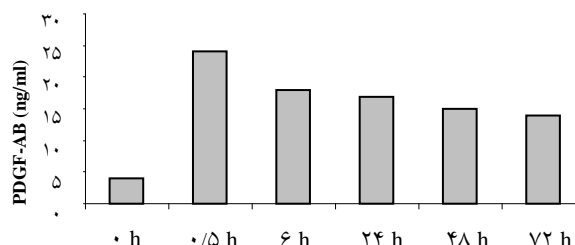
شکل ۱: نمایی از سلول‌های مزانشیمی در روزهای مختلف کشت (A): سلول‌های شبیه فیبربلاست (سلول‌های دوکی شکل) و سلول‌های هماتوپوئیتیک در روز سوم در محیط کشت دیده می‌شوند. (B) در روز چهاردهم سلول‌های مزانشیمی رشد کرده و بیش از ۸۰٪ کف فلاسک را پوشانده‌اند. سلول‌های هماتوپوئیتیک به طور کامل از محیط حذف شده‌اند (بزرگ نمایی $40\times$).

غلظت EGF آزاد شده از پلاکت



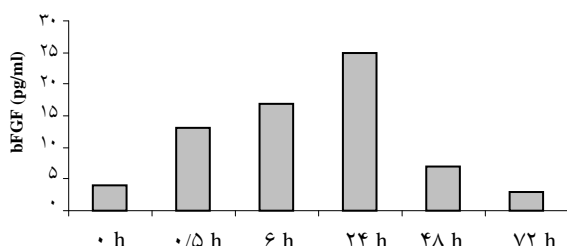
نمودار ۲: غلظت فاکتور EGF آزاد شده از پلاکت‌ها در زمان‌های مختلف

غلظت PDGF آزاد شده از پلاکت



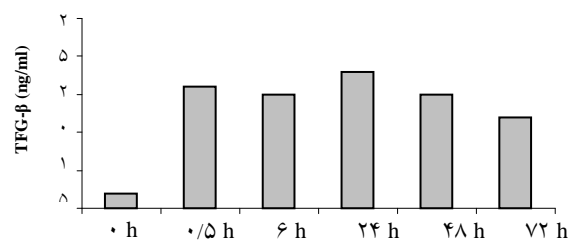
نمودار ۱: غلظت فاکتور PDGF آزاد شده از پلاکت‌ها در زمان‌های مختلف

غلظت bFGF آزاد شده از پلاکت



نمودار ۴: غلظت فاکتور b-FGF آزاد شده از پلاکت‌ها در زمان‌های مختلف

غلظت TGF-β آزاد شده از پلاکت



نمودار ۳: غلظت فاکتور TGF-β آزاد شده از پلاکت‌ها در زمان‌های مختلف

انکوباسیون و در حدود $5/2 \pm 23/2$ نانوگرم در میلی‌لیتر می‌باشد (نمودار ۱). میزان EGF در ۲۴ ساعت به 64 ± 87.0 پیکوگرم در میلی‌لیتر می‌رسد که بالاترین میزان مشاهده شده است (نمودار ۲). بیشترین غلظت TGF-β مربوط به ۲۴ ساعت اول پس از انکوباسیون می‌باشد و میزان آن $4/9 \pm 18/2$ نانوگرم در میلی‌لیتر است (نمودار ۳). میزان bFGF در طی ۲۴ ساعت به $7/2 \pm 24/7$ پیکوگرم در میلی‌لیتر می‌رسد (نمودار ۴).

بررسی میزان تکثیر سلول‌های مزانشیمی در حضور عوامل رشد پلاکتی:

بررسی میزان تکثیر سلول‌ها نشان‌دهنده افزایش تعداد سلول‌ها در حضور اکثر عوامل رشد پلاکتی است. به طوری که بیشترین میزان رشد سلول‌ها در محیط حاوی عوامل آزاد شده از پلاکت در طی ۲۴ ساعت پس از

ویژه سلول‌های هماتوپوئیتیک از جمله CD45 و CD34 در این سلول‌ها بیان قابل توجهی ($3/8\%$ ، $2/8\%$) را نشان ندادند (شکل ۲).

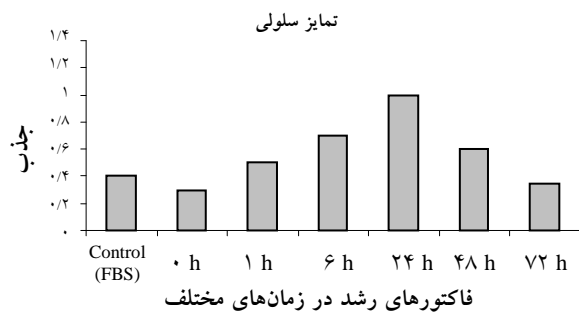
سنجش میزان عوامل رشد آزاد شده از پلاکت‌های فعال شده:

میزان عوامل رشد (TGF-β، EGF، bFGF، PDGF) حاصل از ژل پلاکتی تهیه شده از نمونه‌های پلاکتی مخلوط و انکوبه شده در زمان‌های مختلف با روش الایزا اندازه‌گیری شد. داده‌های به دست آمده به صورت میانگین $\pm SD$ بیان شده‌اند. میزان عوامل رشد PDGF- و TGF-β در پلاسما و سوپرناتانت پلاکتی بالا بوده و در حدود نانوگرم در هر میلی‌لیتر است. میزان عوامل رشد EGF و FGF پایین بوده و در حدود پیکوگرم در هر میلی‌لیتر است. بالاترین میزان فاکتور PDGF مربوط به نیم ساعت اول

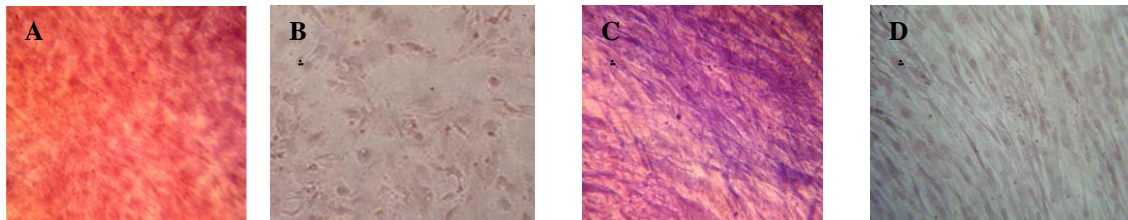
این محیط از نظر مورفولوژی تغییر خاصی را نشان ندادند. میانگین و انحراف معیار میزان رشد سلول‌های مزانشیمی کشت داده شده در حضور عوامل رشد پلاکتی در زمان‌های مختلف در حضور سرم حیوانی، در زمان صفر، ۱، ۶، ۲۴، ۴۸، ۲۴ ساعت پس از انکوباسیون به ترتیب 0.18 ± 0.35 ، 0.23 ± 0.06 ، 0.21 ± 0.1 ، 0.2 ± 0.07 ، 0.19 ± 0.05 ، 0.15 ± 0.03 ، 0.2 ± 0.04 می‌باشد.

ارزیابی توانایی تمایز سلول‌های مزانشیمی به استئوبلاست: سلول‌های مزانشیمی که به مدت دو هفته در محیط تمایز به استخوان قرار گرفته بودند، با رنگ‌آمیزی اختصاصی آلیزارین رد به رنگ قرمز در آمدند که حاکی از تجمع عناصر معدنی بر روی ماتریکس بود (شکل ۳A). به علاوه رنگ‌آمیزی آلکالین فسفاتاز نشان‌دهنده افزایش میزان فعالیت این آنزیم در سلول‌های تمایز یافته بود (شکل ۳C).

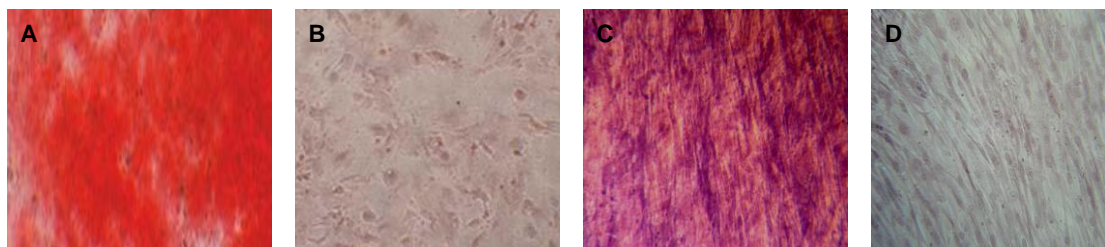
انکوباسیون مشاهده شد. میزان افزایش تعداد سلول‌ها در این زمان به طور معنی‌داری بیشتر از زمان‌های دیگر و نمونه کنترل بود ($p < 0.05$) (نمودار ۵). لازم به ذکر است که میزان رشد سلول‌ها بر حسب OD بیان می‌گردد. در این آزمایش هر چقدر تعداد سلول‌ها بیشتر باشد، OD نیز افزایش می‌یابد. سلول‌های مزانشیمی کشت داده شده در



نمودار ۵: میزان رشد سلول‌های مزانشیمی در حضور عوامل رشد پلاکتی آزاد شده طی ساعات مختلف



شکل ۳: تمایز سلول‌های مزانشیمی به رده سلول‌های استخوانی سلول‌های مزانشیمی تمایز داده شده به سمت استئوبلاست با رنگ‌آمیزی آلیزارین رد (A) و آلکالین فسفاتاز (C) مثبت بودند. سلول‌های تمایز نیافته که نسبت به هر دو رنگ‌آمیزی منفی بودند (B, D) (بزرگ‌نمایی $\times 40$).



شکل ۴: تمایز سلول‌های مزانشیمی به رده سلول‌های استخوانی در حضور فاکتورهای رشد پلاکتی. سلول‌های مزانشیمی تمایز داده شده به سمت استئوبلاست با رنگ‌آمیزی آلیزارین رد (A) و آلکالین فسفاتاز (C) مثبت بودند. سلول‌های تمایز داده نشده که نسبت به هر دو رنگ‌آمیزی منفی بودند (B, D) (بزرگ‌نمایی $\times 40$).

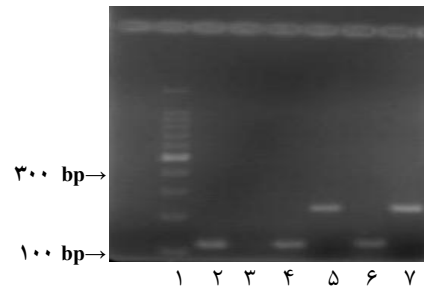
مارکر برای استخوان است، در سلول‌های تمایز یافته به خوبی بیان می‌شود (شکل ۵).

تمایز سلول‌های مزانشیمی در داربست سه بعدی: همان طور که در شکل (۶، A و B) که با میکروسکوپ الکترونی از سطح داربست سلولی اسکن گردیده (SEM) مشاهده می‌گردد، سلول‌ها به خوبی در این داربست قرار گرفته‌اند. نتایج بررسی فعالیت آلكالین فسفاتاز بیانگر تمایز سلول‌ها در روی این داربست و در حضور عوامل رشد پلاکتی است. میزان فعالیت آنزیم در حدود $87 \text{ U/L} \pm$ می‌باشد.

بحث

در مطالعه حاضر، سلول‌های بنیادی مزانشیمی با موفقیت از نمونه مغز استخوان جدا گردیدند و در محیط کشت مناسب (DMEM با غلظت کم گلوکز) حاوی سرم حیوانی و محیط حاوی عوامل رشد پلاکتی کشت و تکثیر داده شدند. سلول‌های مزانشیمی جدا شده در هر دو محیط از نظر مورفولوژی شبیه به سلول‌های فیروبلاست بوده و ظاهر دوکی شکل داشتند. نتایج نشان داد که سلول‌های مزانشیمی جدا شده از نمونه مغز استخوان دارای مارکرهای CD44، CD166، CD90 و CD105 بودند. علاوه بر آن نتایج کشت، تکثیر و تمایز این سلول‌ها در حضور عوامل رشد پلاکتی بسیار موفقیت‌آمیز بود، سلول‌ها در حضور این عوامل به خوبی تکثیر یافتند و پتانسیل تمایزی آن‌ها نیز به خوبی حفظ شد.

سلول‌های مزانشیمی جدا شده از نظر مورفولوژی شبیه به سلول‌های فیروبلاست بودند و ظاهر دوکی شکل داشتند. این نتایج مشابه نتایج به دست آمده در بسیاری از تحقیقات از جمله مطالعه وکسلر و همکاران در سال ۲۰۰۳ بود (۲۱). به منظور تایید سلول‌های مزانشیمی، بررسی ایمونوفنوتیپی سلول‌ها پس از پاساژ اول با استفاده از روش فلوسایتومتری انجام گرفت. نتایج نشان دادند که این سلول‌ها دارای مارکرهای CD44، CD166، CD90 و CD105 و فاقد مارکرهای CD34 و CD45 هستند. این نتایج با نتایج سایر محققین از جمله مولمن و همکاران در سال



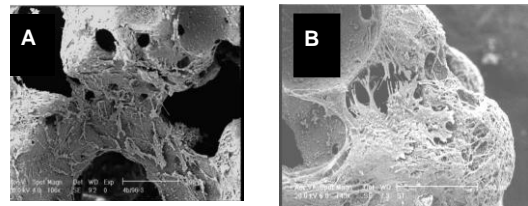
شکل ۵: بیان ژن‌های استئوکلسین (OCN) و بتا اکتین (β -actin) در سلول‌های مزانشیمی.

(۱) نشانگر شاخص وزن مولکولی (DNA size Marker 100bp) است.

(۲ و ۳) بیان ژن بتا اکتین و استئوکلسین را در سلول‌های مزانشیمی تمایز نیافته نشان می‌دهد.

(۴ و ۵) بیان ژن بتا اکتین و استئوکلسین را در سلول‌های مزانشیمی تمایز یافته در حضور سرم نشان می‌دهد.

(۶ و ۷) بیان ژن بتا اکتین و استئوکلسین را در سلول‌های مزانشیمی تمایز یافته در حضور فاکتورهای رشد پلاکتی نشان می‌دهد.



شکل ۶: تصاویر داربست سلولی سه بعدی تری کلسیم فسفات تصاویر SEM ساختار داربست تری کلسیم فسفات که سلول‌ها در آن قرار گرفته اند (A, B).

بررسی تمایز سلول‌های مزانشیمی در حضور فاکتورهای رشد پلاکتی:

نتایج حاصل از رنگ‌آمیزی‌های آلیزارین رد و آلكالین فسفاتاز نشان‌دهنده حفظ پتانسیل تمایزی سلول‌های مزانشیمی به سمت سلول‌های استخوانی در حضور فاکتورهای رشد پلاکتی می‌باشد (شکل ۴).

شدت رنگ‌آمیزی‌ها نشان‌دهنده افزایش میزان تمایز سلول‌های مزانشیمی به سلول‌های استئوبلاست است.

بررسی بیان ژن استئوکلسین در سلول‌های تمایز یافته: بررسی‌های PCR نشان داد که ژن استئوکلسین که یک

مطالعه برای آزاد سازی عوامل رشد پلاکتی از ترومبین انسانی و کلسیم استفاده شد.

در اکثر مطالعه‌ها (روتیناک و همکاران، ۲۰۰۷ و بُرزی و همکاران، ۲۰۰۵) برای تهیه ژل پلاکتی، از ترومبین تجاری با میزان فعالیت بالا استفاده شده است (۳۷). اما در برخی مطالعه‌ها نشان داده شده است که استفاده از ترومبین تهیه شده از پلاسما انسانی، علی‌رغم فعالیت اندازه‌گیری شده پایین‌تر، فعالیت مناسب‌تری داشته و به طور مؤثرتری باعث آزادسازی عوامل رشد پلاکتی می‌گردد. در این مطالعه نیز ترومبین از پلاسما انسانی تهیه شد که علی‌رغم پایین‌تر بودن میزان فعالیت آن نسبت به ترومبین تجاری، توانست به خوبی باعث رها سازی عوامل رشد پلاکتی گردد. پس از تهیه ژل پلاکتی با استفاده از غلظت ثابت ترومبین و کلسیم، میزان آزادسازی عوامل رشد پلاکتی در زمان‌های مختلف انکوباسیون با استفاده از روش الیزا بررسی شد. میزان عوامل رشد پلاکتی اکثراً پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون به بالاترین سطح خود رسیدند. آزادسازی عوامل رشد پلاکتی می‌تواند تابعی از زمان باشد، به همین دلیل است که میزان عوامل پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون افزایش یافت. ولی نکته‌ای که باید در نظر داشت؛ نیمه عمر پایین این عوامل است که بعد از گذشت زمان ممکن است سبب کاهش میزان آن‌ها شود. در اکثر مطالعه‌های انجام شده در این زمینه، دستیابی به روش مناسب برای تهیه عوامل رشد پلاکتی، تعداد مناسب پلاکت‌ها و زمان انکوباسیون مناسب مورد توجه بوده است.

در مطالعه‌ها نتایج نشان داد که b-FGF و EGF با غلظت کمی در پلاسما و مایع فوقانی ژل پلاکتی حضور دارند (غلظی در حدود پیکوگرم در میلی‌لیتر). میزان آزاد سازی bFGF در این مطالعه در ابتدای دوره انکوباسیون کم بود که در نهایت پس از ۲۴ ساعت به حداکثر میزان خود رسید. مارتینو در مطالعه‌های خود نشان داد هنگامی که از غلظت بالای ترومبین و کلسیم برای دگرانولاسیون پلاکتی استفاده شود، آزاد سازی bFGF سریعاً آغاز می‌شود، ولی هنگامی که از غلظت‌های کمتر ترومبین و کلسیم استفاده می‌شود، آزاد سازی bFGF به

۲۰۰۶ که مارکرهای CD44، CD166 و CD105 را از مارکرهای تایید شده سلول‌های بنیادی مزانشیمی در نظر گرفته بودند، مطابقت داشت (۳۳). به منظور بررسی توانایی تمایز این سلول‌ها، سلول‌های مزانشیمی در حضور فاکتورهای تمایز دهنده، کشت داده شدند و به سلول‌های استئوبلاست تمایز یافتند. به منظور تایید تمایز آن‌ها به سلول‌های استئوبلاست، از رنگ‌آمیزی سیتوشیمی آلیزارین رد و آلکالین فسفاتاز استفاده شد. نتایج رنگ‌آمیزی‌ها تاییدی بر تمایز این سلول‌ها بود. مورفولوژی سلول‌ها پس از رنگ‌آمیزی مشابه با سلول‌های تمایز یافته توسط مولمن و همکارانش در سال ۲۰۰۶ بود (۳۳).

در اکثر مطالعه‌های صورت گرفته به منظور تکثیر و تمایز سلول‌های مزانشیمی در محیط کشت، از سرم حیوانی استفاده شده است (۲۲، ۲۱). در این مطالعه به منظور جایگزینی سرم حیوانی، از عوامل رشد آزاد شده از پلاکت استفاده شد. این عوامل به خوبی از رشد سلول‌ها حمایت کردند و در حضور آن‌ها سلول‌های مزانشیمی به رشد خود ادامه دادند. در این مطالعه به منظور ارزیابی رشد سلول‌ها از آزمایش MTT استفاده گردید که در این آزمایش میزان رشد سلول‌ها بر حسب OD بیان می‌شود. هر چقدر میزان رشد سلول‌ها بیشتر باشد (تعداد سلول‌ها)، OD آزمایش نیز افزایش خواهد یافت. در اکثر مطالعه‌ها به منظور بررسی میزان رشد سلول‌ها از آزمایش MTT استفاده شده است (۳۴). هنگامی که از پلاسما سیتراسته غنی از پلاکت استفاده شود و پلاکت‌های موجود در آن توسط ترومبین و کلسیم فعال شوند، عوامل رشد آزاد شده از پلاکت به همراه عناصر موجود در پلاسما در نهایت سبب افزایش رشد و تکثیر سلول‌های مزانشیمی می‌شوند. به همین دلیل به نظر می‌رسد عوامل رشد آزاد شده از پلاکت تاثیر بیشتری از سرم داشته باشند. مطالعه‌های متعددی نشان داده‌اند که استفاده از پلاسما غنی از پلاکت، پلاکت‌های لیز شده و عوامل رشد آزاد شده از پلاکت، سبب حمایت از رشد و تکثیر سلول‌های بنیادی مزانشیمی می‌شوند (۳۶، ۳۵، ۸، ۶). بر خلاف اکثر مطالعه‌های تحقیقاتی که برای آزاد سازی عوامل رشد پلاکتی از روش انجماد - ذوب استفاده می‌کنند، در این

داده شدند که این نتایج، با نتایج کاستن و همکاران در سال ۲۰۰۶ مطابقت داشت (۴۳)، ولی با نتایج مطالعه‌های تامورا در سال ۲۰۰۷ مطابقت نداشتند، زیرا نتایج تحقیق گزارش شده حاکی از این بود که عوامل رشد پلاکتی سبب افزایش تمایز و استئوژنیز سلول‌های مزانشیمی در داریست‌های کلسیم - فسفات نمی‌شوند (۴۴). البته لازم به ذکر است که این تحقیق بر خلاف مطالعه حاضر که در محیط کشت انجام شد، در محیط *In vivo* بررسی شده و از PRP به تنهایی استفاده شده است. آن‌ها در مطالعه خود با استفاده از روش‌های هیستولوژی، اثری از تشکیل استخوان‌های جدید در خرگوش‌های آزمایش شده مشاهده نکردند. به علاوه نتایج این مطالعه با یافته‌های مطالعه کاواسومی و همکارانش در سال ۲۰۰۸ مطابقت داشت. آن‌ها در تحقیقات خود نشان دادند که ژل پلاکتی سبب افزایش تکثیر و تمایز سلول‌های مزانشیمی موش می‌گردد (۴۵).

یکی از محدودیت‌های اصلی طرح حاضر، تهیه مغز استخوان از اهداکنندگان سالم بود. علاوه بر آن به منظور کاهش تغییرات پلاکتی، در این طرح نمونه خون چند نفر با یکدیگر مخلوط گردید که تهیه این نمونه‌ها نیز یکی از مشکلات این طرح به شمار می‌رفت.

نتیجه‌گیری

در مجموع این نتایج تاییدی بر این نکته است که عوامل رشد پلاکتی را می‌توان جایگزین سرم در محیط کشت نمود. این عوامل محیط مناسبی را برای رشد سلول‌های مزانشیمی فراهم می‌سازند. به علاوه توانایی استئوژنیک سلول‌های مزانشیمی در این محیط نیز به خوبی حفظ می‌شود. نتایج بیانگر این نکته هستند که کشت سلول‌های بنیادی مزانشیمی بدون استفاده از سرم حیوانی امکان‌پذیر بوده و از این روش می‌توان سلول‌های لازم برای پیوند را تکثیر نمود.

تاخیر می‌افتد (۳۸). تاخیر در آزادسازی bFGF در این مطالعه نیز احتمالاً به دلیل پایین بودن میزان فعالیت ترومبین بود. در این مطالعه نیز همانند مطالعه مارتینو و یا مطالعه ویبریچ، میزان عوامل رشد TGF و PDGF در پلازما و مایع فوقانی ژل پلاکتی بالا بود (در حدود نانوگرم در میلی‌لیتر) (۳۸، ۳۹). والرئ و همکارانش در سال ۲۰۰۶ نیز مشابه با این مطالعه، از عوامل رشد پلاکتی برای تکثیر سلول‌های فیبروبلاستی استفاده کردند که البته در مطالعه صورت گرفته توسط آن‌ها، سرم حیوانی به طور کامل از محیط حذف نشد (۴۰). از عوامل رشد آزاد شده از پلاکت علاوه بر این که می‌توان برای تکثیر سلول‌های مزانشیمی استفاده کرد، می‌توان سلول‌های مزانشیمی را نیز در حضور آن‌ها تمایز داد. در مطالعه حاضر، مشخص شد که عوامل رشد پلاکتی نه تنها سبب تکثیر سلول‌های مزانشیمی می‌شوند، بلکه در حضور این عوامل توانایی تمایز سلول‌های مزانشیمی حفظ می‌شود و این سلول‌ها به خوبی به سلول‌های استئوبلاست تمایز می‌یابند. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه‌های ژونگو در سال ۲۰۰۷ و رومین مطابقت داشت (۷، ۴۱). در مطالعه‌ای که توسط گروبر و همکاران در سال ۲۰۰۴ صورت گرفت، نشان داده شد که در حضور عوامل رشد پلاکتی، میزان تکثیر سلول‌های مزانشیمی افزایش یافته ولی این عوامل سبب کاهش میزان تمایز سلول‌های مزانشیمی به سلول‌های استئوبلاستی شدند (۴۲).

با مطالعه نقش عوامل رشد پلاکتی، مشخص گردید که افزایش میزان PDGF-AB در کاهش میزان تمایز سلول‌ها مؤثر است. با توجه به این که میزان PDGF-AB پس از انکوباسیون به مدت ۲۴ ساعت نسبت به ساعات اولیه کاهش می‌یابد و سطح فاکتورهای دیگر افزایش می‌یابد، می‌تواند دلیلی برای افزایش تمایز سلول‌ها در این مطالعه باشد. در این مطالعه سلول‌های مزانشیمی به خوبی بر روی داریست سه بعدی کلسیم - فسفات کشت و تمایز

References :

- 1- Marx RE. Platelet-rich plasma (PRP): What is PRP and what is not PRP? *Implant Dentistry* 2001; 4: 225-8.
- 2- Green DM, Klink B. Platelet gel as an intraoperatively procured platelet-based alternative to fibrin glue. *Plast reconstruct Surg* 1998; 101(4): 1161-2.
- 3- Anitua E, Andia I, Ardanza B, Nurden P, Nurden AT. Autologous platelets as a source of proteins for healing and tissue regeneration. *Thromb Haemost* 2001; 91(1): 4-15.
- 4- Risau w, Drexler H, Mironov V. platelet derived growth factor is angiogenic in vivo. *Growth factors* 1992; 7: 261-6.
- 5- Arpornmaeklong P, Kochel M, Depprich R, Kubler NR, Wurzler KK. Influence of platelet rich plasma (PRP) on osteogenic differentiation of rat bone marrow stromal cells. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004; 33: 60-70.
- 6- Kilian O, Flesch I, Wenisch S, Taborski B, Jork A, Schnettler R, *et al.* Effect of platelet growth factors on human Mesenchymal stem cells and human endothelial cells in vitro. *Eur J Med Res* 2004; 9: 337-44.
- 7- Romin M, Declerin J, Heymanin D, Deschamps C, Passuti N. Usefulness of combining platelets with bone marrow cells on ceramic bone substitutes materials. *J of bone and joint surgery* 2004; 86: 47-8.
- 8- Doucet C, Ernou I, Zhang Y, Begot L, Holy X. Platelet lysates promotes mesenchymal stem cell expansion: A safety substitute for animal serum in cell-based therapy applications. *J cell physiol* 2005; 205(2): 228-36.
- 9- Pittenger MF, Mackay AM, Beck SC. Multilineage potential of adult human mesenchymal stem cells. *Science* 1999; 284: 143-7.
- 10- Jiang Y, Jahagirdar BN, Reinhardt RL, Shwartz RE, Keene CD, Catherine M, *et al.* Pluripotency of mesenchymal stem cells derived from adult marrow. *Nature* 2002; 418: 41-9.
- 11- Kopen GC, Prockop DJ, Phinney DG. Marrow stromal cells migrate throughout forebrain and cerebellum, and they differentiate into astrocytes after injection into neonatal mouse brains. *Proc Natl Acad Sci USA* 1999; 69: 10711-6.
- 12- in 't Anker PS, Noort WA, Scherjon SA, Kleijburg-van der Keur C, Kruisselbrink AB, van Bezooijen RL, *et al.* Mesenchymal stem cells in human second-trimester bone marrow, liver, lung, and spleen exhibit a similar immunophenotype but a heterogeneous multilineage differentiation potential. *Haematologica* 2003; 88(8): 845-52.
- 13- Friedenstein AJ, Piatezky-shapiro II, Petrakova KV. Osteogenesis in transplants of bone marrow. *J Embryol Exp Morphol* 1996; 16: 381-90.
- 14- Hu y, Lia L, Wang Q, Ma G, Jiang X, Zhao RC. Isolation and identification of mesenchymal stem cells from human fetal pancreas. *J Lab Clin Med* 2003; 141: 342-9.
- 15- Romaniv YA, Svintsitskaya VA, Smirnov VN. Searching for alternative sources as postnatal human mesenchymal stem cell: candidate MSC-like cells from umbilical cord. *Stem Cells* 2003; 21: 105-10.
- 16- Gronthos S, Zannettino AC, Hay DJ, Stephen E, paul J, selley J. Molecular and cellular characterization of highly purified stromal stems derived from human bone marrow. *J Cell Sci* 2003; 116: 1827-35.
- 17- Dennis JE, Carbillt JP, Caplan AI, Charbord P. The STRO-1+marrow cell population is multipotential. *Cells Tissues Organs* 2002; 170: 73-82.
- 18- Cognet PA, Minguell JJ. Phenotypical and functional properties of human bone marrow mesenchymal progenitor cells. *J Cell Physiol* 1999; 181: 67-73.
- 19- Boiret N, Rapatel C, Veyrat-Masson R, Boisgard S, Berger MG. Characterization of non expanded mesenchymal progenitor cells from normal adult human bone marrow. *Exp Hematol* 2005; 33: 219-25.
- 20- Baddoo M, Hill K, Wilkinson R, Gaupp D, Hughes C, Kopen GC, *et al.* Characterization of mesenchymal stem cells isolated from murine bone marrow by negative selection. *J Cell Biochem* 2003; 89: 1235-49.
- 21- Wexler SA, Donaldson C, Denning-Kendall P, Rice C, Bradley B, Hows JM.. Adult bone marrow is a rich source of human mesenchymal stem cells but umbilical cord and mobilized adult blood are not. *J Haematol* 2003; 121(2): 368-74.
- 22- George J, kuboki Y, miyata T. Differentiation of mesenchymal stem cells into osteoblasts on honeycomb collagen scaffolds. *Biotechnol Bioeng.* 2006; 95(3): 404-11
- 23- Kraus KH, Head CK. Mesenchymal stem cells and bone regeneration. *Veterinary surgery* 2006; 35: 232-42.
- 24- Croveti G, Martinelli G, Issi M, Barone M, Guizzardi M, Campanati B. Platelet gel for healing cutaneous chronic wounds. *Transfusion and Apheresis Science* 2004; 30: 145-51.
- 25- Leitner GC, gruber R, Neumuller J. Platelet content and growth factor release in platelet rich plasma: a comparison of four different systems. *Vox sanguinis* 2006; 91: 135-9.
- 26- Zimmermann R, Arnold D, Strasser E. sample preparation technique and white cell content influence the detectable levels of growth factors in platelet concentrates. *Vox Sang* 2003; 85: 283-9.
- 27- Tsai MS, Lee JL, Chang YJ, Hwang SH. Isolation of human multipotent mesenchymal stem cells from second-trimester amniotic fluid using a novel two-stage culture protocol. *Human reproduction* 2004; 19: 1450-56.
- 28- Sottile V, Halleux C, Bassilana F, Keller H, Seuwen K. Stem cell characteristics of human trabecular bone-derived cells. *Bone* 2002; 30: 699-704.
- 29- Bonab MM, Alimoghaddam K, Talebian F, Ghaffari SH, Ghavamzadeh A, Nikbin B. Aging of mesenchymal stem cell in vitro. *BMC Cell biology* 2006; 7: 14.
- 30- Friedman MS, Long MW, Hankenson KD. Osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells is regulated by bone morphogenetic protein-6. *J Cell Biochem* 2006; 98: 538-54.
- 31- Lin Y, Liu L, Li Z, Qiao J, Wu L, Tang W, *et al.* Pluripotency potential of human adipose-derived stem cells marked with exogenous green fluorescent protein. *Mol Cell Biochem* 2006; 291(1-2):1-10.
- 32- BD Biosciences. Available from: URL: <http://www.bdbiosciences.com>.

- 33- Meuleman N, Tondreau T, Delforge A, Dejeneffe M, Massy M, Libertalis M, *et al.* Human marrow mesenchymal stem cell culture: serum free medium allows better expansion than classical MEM medium. *J Haematol* 2006; 76(4): 309-16.
- 34- Krasna M, Domanovic D, Tomsic A, Svajger U, Jeras M. platelet gel stimulates proliferation of human dermal fibroblasts in vitro. *Acta Dermatoven APA* 2007; 16: 105-10.
- 35- Kazemnejad S, Allameh A, Gharehbaghian A, Soleimani M, Amirizadeh N, Jazayeri M. Efficient replacing of fetal bovine serum with human platelet releasate during propagation and differentiation of human bone-marrow-derived mesenchymal stem cells to functional hepatocyte-like cells. *Vox Sang* 2008; 95(2): 149-58.
- 36- Kocaoemer A, Kern S, Kluter H, Bieback K. Human AB serum and thrombin-activated platelet rich plasma are suitable alternatives to fetal calf serum for expansion of mesenchymal stem cells from adipose tissue. *Stem cells* 2007; 25: 1270-8.
- 37- Wrotniak M, Bielecki T, Gaździk TS. Current opinion about using the platelet-rich gel in orthopaedics and trauma surgery. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007; 9(3): 227-38.
- 38- Martineu I, Lacoste E, Gagnon G. Effects of calcium and thrombin on growth factor release from platelet concentrates: Kinetics and regulation of endothelial cell proliferation. *Biomaterial* 2004; 25: 4489-502.
- 39- Weibrich G, Kleis W, Hafner G, Hitzler WE. Growth factor levels in platelet-rich plasma and correlation with donor age, sex, and platelet count. *J Craniomaxillifac Surg* 2002; 30: 97-102.
- 40- Valeri R, Saleem B, Rango G. Release of platelet derived growth factors and proliferation of fibroblasts in the release from platelets stored in the liquid state at 22 C after stimulation with agonists. *Transfusion* 2006; 46(2): 225-9.
- 41- Cardiovascular perfusion forum. Available at : URL: <http://WWW.Perfusion.com/cgi-bin/absolutenm>.
- 42- Gruber R, Karreth F, Kandler B, Fuerst G, Rot A, Fischer MB, *et al.* Platelet released supernatants increase migration and proliferation and decrease osteogenic differentiation of bone marrow derived mesenchymal progenitor cells under in vitro conditions. *J Platelet* 2004; 15(1): 29-35.
- 43- Kasten P, Vogel J, Luginbühl R, Niemeyer P, Weiss S, Schneider S, *et al.* Influence of platelet rich plasma on osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells and ectopic bone formation in calcium phosphate ceramics. *Cell Tissue Organs* 2006; 183(2): 68-79.
- 44- Tamura K, Sato S, Kishida M, Asano S, Murai M, Ito K. The use of porous beta-Tricalcium Phosphate Blocks with Platelet-Rich plasma as an only Bone graft biomaterial. *J Periodontol* 2007; 78(2): 315-21.
- 45- Kawasumi M, Kitoh H, Siwicka KA, Ishiguro N. The effect of the platelet concentration in platelet-rich plasma gel on the regeneration of bone. *J of Bone and joint surgery* 2008; 9(7): 966-972.

Effect of growth factors of platelet gel on proliferation and differentiation of mesenchymal stem cells

Amani M.¹(MS), Amirizadeh N.¹(PhD), Soleimani M.²(PhD), Malekan H.³(PhD),
Habibi Roudkenar M.¹(PhD), Bashtar M.⁴(BS)

¹Iranian Blood Transfusion Organization, Research Center, Tehran, Iran

²Tarbiat Modarres University, Faculty of Medicine, Tehran, Iran

³Atieh Hospital, Orthopedic Department, Tehran, Iran

⁴Bone Marrow Transplant Research Center of Shariati Hospital, Tehran, Iran

Abstract

Background and Objectives

Mesenchymal stem cells (MSCs) are bone marrow populating cells, which possess an extensive proliferation potential. In isolation and expansion protocols for clinical scale production of MSCs, fetal bovine serum (FBS) is used as a supplement with potential risk for infections as well as immunological reactions. Autologous platelet gel is made from a natural component of the patient's own blood. Activated platelets release growth factors that are mitogenic for MSCs. In vitro studies have indicated that concentration of growth factor varies according to platelet concentration, methods of preparation and mechanism of platelet growth factors release. The aim of our study was to investigate the effect of platelet growth factors on the proliferation and differentiation of human mesenchymal stem cells.

Materials and Methods

Mononuclear cells of bone marrow were collected in 10% FBS growth medium. The expanded cells were characterized by flow cytometric analysis of specific surface antigens. Analysed markers included CD45, CD34, CD166, CD105, CD90, and CD44. The gel is formed by adding calcium and thrombin to platelet rich plasma (PRP). Treated PRP was incubated for 30 min, 6, 24, 48 and 72 hours in incubator. Growth factors concentrations in supernatants were determined by ELISA. Human mesenchymal stem cells were cultured in the complete medium that supplemented with 10% FBS or Platelet growth factors for 8 days. The rate of proliferation was evaluated by MTT assay. Expanded cells were seeded on calcium phosphate scaffold. Cells growth and morphology on scaffold were analyzed by SEM.

Results

Isolation and expansion of MSCs in the complete medium supplemented with platelet growth factors were successful and morphology of cells was compatible with that of FBS. Cells were highly positive for CD90, CD166, CD44 and CD105 and negative for CD34, CD45. There was no significant difference between expression of markers on cells expanded with platelet growth factors and FBS. We demonstrated that platelet growth factors provide a significantly higher proliferative effect on MSCs than those of FBS. MSCs cultured in the presence of growth factors maintain their osteogenic differentiation properties. Osteogenic differentiation was indicated by deposition of mineralized matrix stained with Alizarin red and increased expression alkaline phosphates.

Conclusions

Platelet growth factors can be used in place of FBS to provide a safer and more effective culture condition to expand MSC for clinical purposes. MSCs cultured in the presence of platelet growth factors maintain their osteogenic properties.

Key words: Mesenchymal Stem Cells, Osteogenesis, Tissue Scaffolds

SJIBTO 2009; 6(2): 71-83

Received: 27 Aug 2008

Accepted: 22 Aug 2009

Correspondence: Amirizadeh N., PhD of Hematology and Blood Bank. Assistant Professor of Iranian Blood Transfusion Organization- Research Center.

P.O.Box: 14665-1157, Tehran, Iran. Tel: (+9821)88601599 ; Fax : (+9821)88601599

E-mail: n.amirizadeh@ibto.ir