



بررسی تکثیر سلول‌های CD 133 مشتق از خون بند ناف بر روی میکروول زیست سازگار

مینا صوفی‌زمرّد^۱، مسعود سلیمانی^{۱*}، سعید آبرون^۱، مجید مصاحبی‌محمدی^۱،

غلامرضا خمیسی‌پور^۲، ناصر میرا^۳، صادق باباشاه^۴

^۱ گروه خون‌شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ گروه علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر

^۳ گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

^۴ گروه ژنتیک، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس

(دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۳۰ - پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۲۱)

چکیده

زمینه: پیوند سلول‌های بنیادی خون‌ساز یک روش درمانی برای بدخیمی‌های خونی و ناسازگاری‌های مغز استخوان می‌باشد. خون بندناف به‌عنوان یک منبع جایگزین برای پیوند آلوژنیک به حساب می‌آید. محدودیت استفاده از خون بندناف مقدار کم سلول‌های بنیادی پیش‌ساز هماتوپوئیک به دلیل حجم کم خون بندناف است. بنابراین سیستم‌های تکثیر سلول‌های بنیادی پیش‌ساز هماتوپوئیک در شرایط *Ex vivo* در صدد غلبه بر این مشکل می‌باشند. هدف از این سیستم‌ها تولید کافی سلول‌های بنیادی پیش‌ساز هماتوپوئیک است که توانایی پیوند و خون‌سازی طولانی مدت را داشته باشند.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر سلول‌های CD133+ جدا شده از خون بندناف، بر روی میکروول‌های سه بعدی ساخته شده از جنس PDMS پوشیده شده از کلاژن کشت داده شد. سپس از نظر قدرت تکثیری به مدت ۱۴ روز مورد بررسی قرار گرفت. همچنین قدرت کلنی‌زایی سلول‌های تکثیر شده مورد ارزیابی قرار گرفت و با محیط دو بعدی مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که سلول‌های CD133+ مشتق از خون بندناف بر روی میکروول‌ها دارای قدرت تکثیری بالاتر همراه با حفظ قدرت کلنی‌زایی در مقایسه با محیط کشت سلولی روتین مورد استفاده در آزمایشگاه می‌باشد.

نتیجه‌گیری: در مطالعه حاضر نشان داده شد که سلول‌های CD133+ بر روی میکروول PDMS پوشانده شده با کلاژن دارای قدرت تکثیری بالاتری در مقایسه با محیط دو بعدی می‌باشند. امید است با استفاده از محیط‌های کشت سه بعدی و فراهم نمودن شرایطی که مقلد شرایط سه بعدی مغز استخوان است، محدودیت استفاده از خون بندناف برطرف گردد.

واژگان کلیدی: خون بندناف، سلول‌های CD133+، محیط سه‌بعدی، PDMS

* تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل گیشا، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

پیوند سلول بنیادی خون‌ساز آلونژیک (HSCT)، یک روش درمانی است که برای تعدادی از بدخیمی‌های خونی پرخطر و سندرم‌های نارسایی مغز استخوان به‌وجود آمده است. استفاده از HSCT به‌خاطر قابلیت دسترسی به آنتی‌ژن لکوسیت انسانی یکسان (HLA) بین اهداء کننده و گیرنده، محدودیت دارد.

علیرغم افزایش تعداد اهداء کنندگان غیرخویشاوند، شانس یافتن یک اهداء کننده با HLA سازگار برای بسیاری از بیماران پایین است. سلول‌های بنیادی خون‌ساز از مغز استخوان، خون محیطی و خون بندناف به‌دست می‌آید. بررسی‌های بالینی در دهه گذشته نشان دادند که از خون بندناف می‌توان به‌عنوان یک منبع جایگزین جهت سلول‌های بنیادی خون‌ساز استفاده کرد. پتانسیل استفاده از خون بندناف (UCB) به‌عنوان یک منبع از سلول‌های بنیادی خون‌ساز قابل پیوند اولین بار در اوایل دهه ۱۹۸۰ مطرح شد (۱). بر پایه این مطالعات اولین پیوند خون بندناف انسانی که با موفقیت انجام شد بر روی یک بیمار جوان مبتلا به آنمی فانکونی در سال ۱۹۸۸ صورت گرفت (۲).

CD133 (Prominin-1) اولین عضو شناخته شده از خانواده پرومیین به حساب می‌آید، که به‌عنوان پروتئین‌های غشایی پنج بار غشاگذر شناخته می‌شوند. هنوز عملکرد اختصاصی و لیگاندهای پرومیین‌ها تا حدودی ناشناخته است. سلول‌های CD133+ قادر به نوسازی طولانی مدت در حیوانات زئوگرافت بوده، و اعتقاد بر این است که این سلول‌ها بسیار ابتدایی‌تر از سلول‌های CD34+ هستند (۳).

CD133 در سلول‌های خون‌ساز، پیش‌سازهای اندوتلیال، گلیوبلاستوما، سلول‌های بنیادی عصبی و گلیال بیان می‌شود (۴ و ۵). CD133 به‌عنوان مارکر

جایگزین CD34 در جداسازی سلول‌های بنیادی خون-ساز به حساب می‌آید. نشان داده شده است که سلول‌های CD133+ به‌صورت کامل متعهد نشده و دارای قدرت تمایز و خود نوسازی می‌باشند (۶) و همچنین این سلول‌ها دارای قدرت کلنی‌زایی بالاتری در مقایسه با سلول‌های CD34+/CD133- هستند (۷).

وقتی اصطلاحاتی همچون بافت‌های مهندسی شده، مهندسی بافت و طب ترمیم مطرح می‌شود، آنچه در ذهن تداعی می‌گردد جایگزینی، ترمیم و بازسازی بافت‌ها و ارگان‌های تخریب شده است. مهندسی بافت با استفاده از زیست مواد سنتزی و طبیعی بدن، کمک به شبیه‌سازی محیط سه بعدی ماتریکس خارج سلولی (ECM) طبیعی بدن می‌کند، تا با فراهم آوردن محیط واقعی و شرایط مطلوب برای سلول‌ها تکثیر و تولید مناسب آن‌ها را به‌همراه داشته باشد، چرا که اگر شرایط نگهداری سلول‌ها صحیح نباشد ممکن است بیان ژن‌های مختلف، ارسال پیام‌ها یا تولید فاکتور رشد، حرکت و چرخه سلولی دچار تغییر گردد (۸ و ۹).

لیتوگرافی نرم تکنیکی ارزان به‌حساب می‌آید، که جهت ساختن ریز ساختارهای میکرو و نانو مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تکنیک از مواد الاستومری به‌خصوص PDMS (poly(dimethylsiloxane)) استفاده می‌گردد (۱۰).

کشت سلول‌ها به‌طور مرسوم در آزمایشگاه، در ظروف کشت سلول انجام می‌گیرد. در این حالت، سلول‌ها در کف ظروف کشت به‌صورت دو بعدی (2D) تکثیر می‌یابند. اخیراً، دانشمندان دریافته‌اند که کشت سه بعدی (3D) سلول‌ها تغییرات شگفت‌انگیزی را در ساختار و عملکرد آن به‌وجود می‌آورد. بنابراین فراهم نمودن شمارش مناسب جهت پیوند موضوع مهمی

به حساب می‌آید. در مطالعه حاضر تکثیر سلول‌های CD133+ جدا شده از خون بندناف بر روی محیط سه بعدی ساخته شده بررسی گردید و با محیط کشت دو بعدی مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

جداسازی سلول‌های تک‌هسته‌ای از خون بندناف

نمونه‌های خون بندناف از مادران با زایمان طبیعی از بیمارستان صارم بعد از گرفتن رضایت‌نامه کتبی تهیه گردید. جهت جداسازی سلول‌های تک‌هسته‌ای خون بندناف با استفاده از هیدروکسی اتیل استارچ (HES) به نسبت ۱:۵ رقیق و به مدت ۴۵ دقیقه الی ۱ ساعت در دمای محیط رها شد. سپس محصول حاصل از مرحله قبل بر روی فایکول با غلظت ۱/۰۷۷ به نسبت ۱:۲ انتقال داده شد و به مدت ۳۰ دقیقه با دور *g ۴۰۰ سانتریفوژ گردید. در ادامه حلقه سلول‌های تک‌هسته‌ای به آرامی جمع‌آوری گردید و با PBS حاوی EDTA دو مرتبه شستشو داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور *g ۲۰۰ سانتریفوژ شد. پس از سانتریفوژ محلول روئی دور ریخته شد. رسوب سلولی حاصل، حاوی سلول‌های تک‌هسته‌ای بود.

جداسازی سلول‌های CD133+ از سلول‌های

تک‌هسته‌ای جدا شده از بندناف

جهت جداسازی سلول‌های CD133+، به سلول‌های جدا شده از خون بندناف ۵۰ میکرولیتر آنتی‌بادی ضد CD133 نشاندار شده با ذرات آهن (Miltenyi Biotech, USA) اضافه کرده و خوب مخلوط گردید و به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. بعد از انکوباسیون در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه با دور

*g ۴۰۰ سانتریفوژ گردید. سپس به رسوب سلولی مقدار ۵۰۰ میکرولیتر محلول PBS حاوی EDTA بدون گاز افزوده و به آرامی پیتاژ شد. در نهایت با استفاده از ستون MACS (Miltenyi Biotech, USA) بر اساس روش شرکت سازنده سلول‌های CD133+ جدا گردید.

تأیید سلول‌های CD133 جدا شده از خون بندناف

جهت تأیید خلوص سلول‌های عبور داده شده از ستون MACS، از روش فلوسایتومتری استفاده گردید. تعداد 2×10^5 سلول را برداشت نموده و به آن ۱۰ میکرولیتر آنتی‌بادی CD133-PE (Miltenyi Biotech, USA) اضافه کردیم. سپس، سلول‌ها در روز بعد جهت بررسی با دستگاه فلوسایتومتری (Beckton Dickinson, USA) انتقال داده شد. جهت کنترل منفی از Mouse IgG1 (Miltenyi Biotech, USA) استفاده گردید.

آماده‌سازی محیط کشت سه بعدی

تکنیک مورد استفاده در آماده‌سازی میکروول‌های مدور، تکنیک Softlithography است. به‌طور خلاصه ابتدا، سطح wafer silicon توسط یک پلیمر حساس به نور UV (SU8) پوشانده می‌شود و توسط دستگاه Spin Coater تمام سطح Wafer به‌صورت یکنواخت با قطر مشخص از پلیمر پوشانده می‌شود. سپس پلیمر موجود بر روی Wafer silicon در دمای ۱۰۰ درجه به مدت ۳ دقیقه قرار داده می‌شود تا کاملاً خشک شود. سپس، با استفاده از تابش نور UV با طول موج ۴۲۰ نانومتر به ساختار پلیمری تشکیل شده (روش Photo Mask)، الگوهای میکروولی با قطر ۲۰۰ میکرون (μM) و ارتفاع ۶۸ میکرون (μM) ایجاد می‌شود. بعد از ایجاد الگو PDMS، در دمای ۷۰

استفاده از لام نئوبار انجام گرفت.

تست سنجش کلنی

جهت انجام این تست از محیط (Stem cell technologies, Vancouver, BC, Canada) Methocult (Canada) استفاده گردید. تعداد 2×10^3 عدد سلول به محیط ۱/۱ میلی‌لیتر محیط methocult اضافه شده و به وسیله‌ی ورتکس به‌طور کامل مخلوط گردید. مخلوط حاصل توسط سرنگ با سوزن گاژ ۱۶ در پتری دیش‌های ۳۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۲ هفته در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد و ۵ درصد CO_2 نگهداری گردید. بعد از روز ۱۴ کلنی‌های حاصل از نظر وجود هموگلوبین که نشان‌دهنده کلنی‌های CFU-E و BFU-E می‌باشد با رنگ‌آمیزی بنزیدین مورد ارزیابی قرار گرفت.

رنگ‌آمیزی بنزیدین

رنگ‌آمیزی بنزیدین جهت نشان دادن هموگلوبین مورد استفاده قرار گرفت. رنگ بنزیدین را به مدت ۱۵ دقیقه روی کلنی‌های درون پتری دیش سنجش کلنی ریخته و محلول شستشوی رنگ، محلول حاوی ۵۰ درصد متانول و ۵۰ درصد آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه را به آن اضافه نموده و به مدت ۲۰ دقیقه نگه می‌داریم. کلنی‌ها از نظر وجود رنگ آبی تیره پس از رنگ‌آمیزی بررسی می‌شوند.

آنالیز آماری

آنالیز آماری با استفاده از آنالیز Repeated Measure در نرم‌افزار SPSS (SPSS Inc, USA, Il, Chicago) ویرایش ۱۶ انجام گرفت.

درجه انکوبه شد تا کاملاً سفت شود. در خاتمه این میکروول‌های آماده شده را برش زده و به کمک الکل ۷۰ درجه استریل کرده و سپس سلول را بر روی آن کشت می‌دهیم.

کشت بر روی محیط کشت سه بعدی و دو بعدی

سلول‌ها جهت کشت در محیط دو بعدی به پلیت ۲۴ خانه‌ای انتقال داده شد. سپس جهت تکثیر این سلول‌ها از محیط کشت (Stem cell technologies, Vancouver, BC, Canada) Stem Span (Canada, BC, Vancouver, Canada) شامل رشد شامل (cell Stem technologies, Vancouver) ۱۰۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر FLT-3 ligand، ۱۰۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر ترومبوپوئین (TPO) (Thrombopoietin) و ۱۰۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر فاکتور رشد سلول بنیادی Cell Stem (SCF, Factor) استفاده گردید.

جهت کشت سلول‌ها در محیط سه بعدی نیز از محیط مشابه شرایط کشت دو بعدی استفاده گردید. محیط‌ها هر ۲-۳ روز یک‌بار تعویض گردید. تعداد ۵۰۰۰۰ سلول‌های بر روی میکروول آماده شده سه بعدی از جنس PDMS پوشیده شده با کلاژن کشت داده شد. محیط میکروول‌ها در روز بعد تعویض گردید. سلول‌ها به مدت ۱۴ در شرایط دو بعدی و سه بعدی نگهداری شدند.

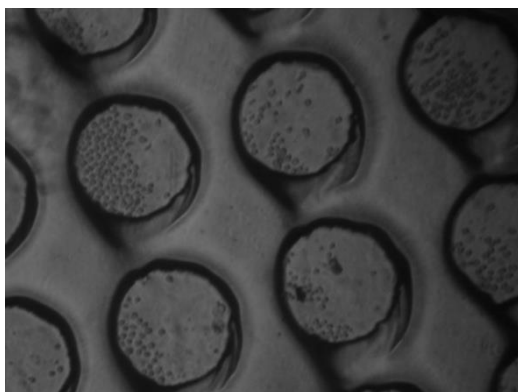
بررسی میکروسکوپی تکثیر سلول‌های CD133+ مشتق

از خون بندناف در محیط دو بعدی و سه بعدی

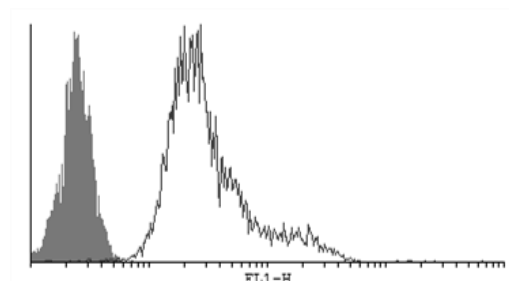
بررسی میکروسکوپی سلول‌های کشت شده در محیط دو بعدی و سه بعدی در روزهای ۷ و ۱۴ انجام گرفت. سلول‌های کشت داده شده بر روی میکروول سه بعدی از نظر افزایش تعداد سلول بررسی گردید و با محیط دو بعدی مقایسه گردید. شمارش سلول‌ها با

یافته‌ها

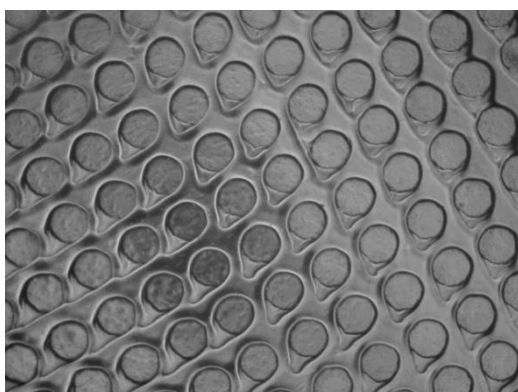
سلول‌های CD133+ از سلول‌های هسته‌دار خون بندناف با کمک تکنیک MACS جدا گردیدند. جهت تأیید این سلول‌ها از فلوسایتومتری استفاده گردید. نتایج حاصل خلوص ۹۸ درصد را نشان دادند. در شکل ۱ نتیجه حاصل از فلوسایتومتری در روز بعد از جداسازی آورده شده است.



الف



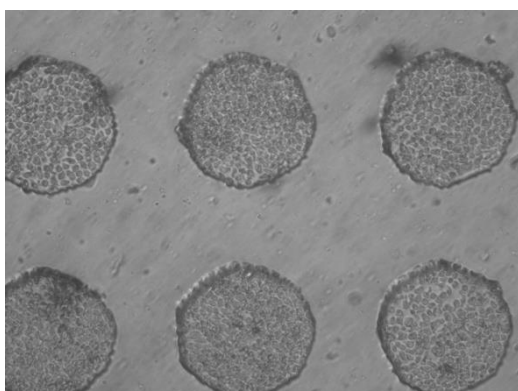
شکل ۱) نتیجه حاصل از بررسی میزان خلوص سلول‌های CD133+ در روز بعد از جداسازی



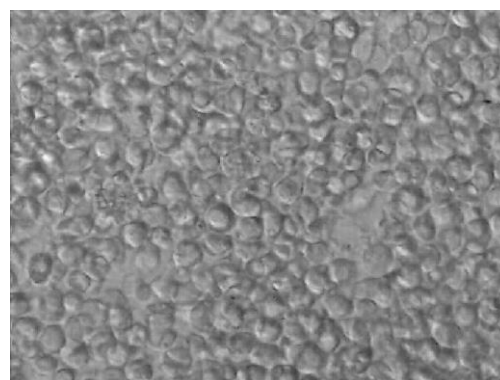
ب

تکثیر سلول‌های CD133+ در محیط دو بعدی و سه بعدی

نتایج حاصل از تکثیر سلول‌های CD133+ جدا شده و تکثیر یافته از خون بندناف نشان‌دهنده قدرت تکثیری بالاتری از سلول‌های کشت داده شده در میکروول‌ها در مقایسه با سلول‌های CD133+ کشت شده در محیط دو بعدی بود. شکل ۲ نمایی از سلول‌های موجود در شرایط کشت دو بعدی را نشان می‌دهد.



ج

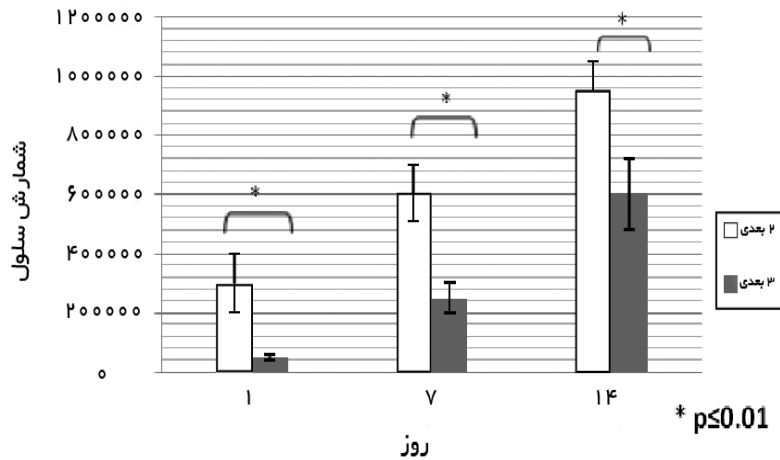


شکل ۲) سلول‌های CD133+ تکثیر یافته در محیط کشت دو بعدی با بزرگنمایی

شکل ۳) الف) نمای کلی از محیط سه بعدی مورد استفاده در روز اول، ب) تکثیر سلول‌های کشت داده شده در روز ۷، ج) نمایی از تکثیر سلول‌ها در روز ۱۴ بعد از کشت سلول‌ها

تعداد سلول‌های شمارش شده در محیط دو بعدی و سه بعدی در روزهای مختلف در جدول ۱ آورده شده است. همچنین آنالیز آماری حاصل از شمارش نتایج معنی‌داری ($P < 0.005$) را نشان داد (شکل ۴).

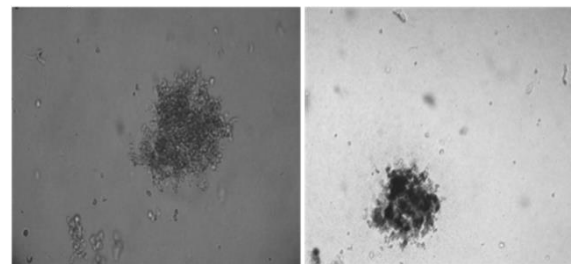
در شکل ۳ نمایی از سلول‌های تکثیر شده در محیط سه بعدی در روز ۷ (شکل ۳-ب) و روز ۱۴ (شکل ۳-ج) آورده شده است. در این تصویر نشان داده شده است که بعد از گذشت ۱۴ روز از زمان کشت تعداد سلول‌ها در مقایسه با روز اول افزایش یافته است.



شکل ۴) نتایج حاصل از آنالیز شمارش سلولی همراه با $P < 0.005$ معنی‌دار می‌باشد.

نتایج حاصل سنجش کلنی

سلول‌های کشت شده بر روی میکروول‌ها از درون میکروول‌ها خارج گردید و در محیط methocult کشت داده شد. شکل ۵-الف، کلونی حاصل را نشان می‌دهد. جهت تأیید کلون‌های اریترئیدی رنگ‌آمیزی بنزیدین انجام گرفت. توده‌های سلولی با بیش از ۵۰ عدد سلول به‌عنوان کلنی تعریف می‌گردند. کلنی‌هایی که به رنگ قهوه‌ای تا آبی تیره بودند به‌عنوان کلنی‌های مثبت در نظر گرفته شدند (شکل ۵-ب).



شکل ۵) الف) کلنی حاصل از سلول CD133 کشت داده شده در محیط سه بعدی؛ ب) رنگ‌آمیزی بنزیدین

جدول ۱) تعداد سلول‌های شمارش شده در روزهای مختلف

Cell Count	Day
۳۰۰۰۰۰	Day ۰ (۲D)
۵۰۰۰۰	Day ۰ (۳D)
۶۰۰۰۰۰	Day ۷ (۲D)
۲۵۰۰۰۰	Day ۷ (۳D)
۹۵۰۰۰۰	Day ۱۴ (۲D)
۶۰۰۰۰۰	Day ۱۴ (۳D)

بحث

در مطالعه حاضر از سیستم کشت سه بعدی پوشانده شده با کلاژنی استفاده گردید، که قادر به تکثیر سلول‌های CD133+ مشتق از خون بندناف در مقایسه با محیط دو بعدی بود. دو دهه قبل وجود پیش‌سازهای خونی در گردش خون نوزادان ارزیابی گردید و در حدود یک دهه پیش اولین پیوند موفقیت‌آمیز خون بندناف گزارش شد.

بیماران پیوندی طی درمان متحمل دوز بالای شیمی درمانی می‌شوند و از یک دوره زمانی سیتوپنی در ارتباط با بیماری عفونی، حوادث خون‌ریزی دهنده، و دیگر عوارض پیوندی رنج می‌برند. استفاده از سلول‌های پیش‌ساز خون محیطی که به واسطه دارو و سایتوکاین G-CSF وارد خون محیطی شده‌اند، به‌طور مشخص دوره سیتوپنی را کوتاه می‌کند ولی قادر به حذف کامل آن نیست. یک منبع توانا از سلول‌های خون‌ساز نابالغ، سلول‌های CD133+ هستند. این سلول‌ها پیش‌سازهای رده‌های خونی هستند که می‌توانند از منابع مختلفی جدا شده و در مسیرهای تمایزی متفاوتی ازدیاد پیدا کنند. مواردی از استفاده بالینی کشت سلول‌های CD133+ اولیه وجود دارد که شامل افزایش تعداد سلول‌های بنیادی در مواقعی است که میزان کافی سلول با جمع‌آوری از مغز استخوان و خون فراهم نمی‌شود. در بیمارانی که جابه‌جایی سلول‌ها در آن‌ها ناکافی بوده یا جمع‌آوری سلول به دلیل فیروتیک بودن مغز استخوان یا آسیب آن در اثر شیمی درمانی یا اشعه درمانی مشکل است، کشت سلول‌ها می‌تواند کمک کننده باشد.

علاوه بر این، ازدیاد سلول‌های بنیادی در بیمارانی که به دلیل رد پیوند یا شیمی درمانی مکرر، نیاز به پیوند چندانگانه دارند، سودمند است. مدارک موجود نشان داده است که زمان قبول پیوند از سلول‌های تزاید یافته، با سلول‌های تازه جدا شده، مشابه است. این سلول‌ها پس از پیوند قادر به خون‌سازی کوتاه مدت می‌باشند، ولی پیوند طولانی مدت در استفاده از سلول‌های کشت شده، هنوز زیر سوال است. کاربرد دیگر کشت و ازدیاد سلول‌های بنیادی در ژن درمانی است. جهت انتقال ژن ویروسی نیاز به سلولی است که در فاز تقسیم سلولی باشد. کاربرد دیگر، تکثیر سلول‌های بنیادی، استفاده آن در پیوند خون بندناف است. پیوند خون بندناف به سرعت در حال پیشرفت است و با تأسیس بانک خون بندناف و مدارک موجود از پیوند موفقیت‌آمیز افزایش می‌یابد (۱۱). این منبع جهت بیمارانی کاربرد دارد که به دلایل مختلف، دهنده مناسب مغز استخوان، در اختیار ندارند.

یک مسئله مهم در پیوند خون بندناف این است که تنها یک شانس برای جمع‌آوری نمونه در دست بوده و همین امر سبب محدودیت حجم و تعداد سلول می‌شود. در نتیجه پیوند موفقیت‌آمیز محدود به کودکان و بیماران کم وزن می‌گردد (۱۲). توازن ازدیاد جمعیت سلول‌های بنیادی برای رسیدن به یک دوز درمانی مناسب پیوند بالغین سودمند بوده و احتمال استفاده از این منبع را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، استفاده از خون بندناف به دلیل وجود بانک خون بندناف آسان‌تر می‌شود. در مقایسه با پیوند مغز استخوان، شانس موفقیت خون بندناف بیشتر است. پتانسیل تکثیر سلول‌های خون‌ساز نیز در خون بندناف بالاتر از مغز استخوان می‌شود (قابلیت تکثیر به مدت ۳۰ هفته در برابر ۱۰ هفته در مغز استخوان). حداقل دوز سلول‌های هسته‌دار مورد نیاز برای یک فرد بالغ ۲×۱۰^۷ به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن است. در حالی که تعداد کل سلول‌های شمارش شده در نمونه خون بندناف به‌طور متوسط ۱۱×۱۰^۸ است. لذا برای پیوند سلول‌های خون‌ساز بندناف به بیماران بالغ لازم است که این سلول‌ها در محیط *In vitro* توسط سایتوکاین‌های مختلف و در شرایط کشت تکثیر پیدا کنند، بدون این‌که قابلیت پیوند و چند قوه‌ای بودن آن‌ها تغییر پیدا کند و یا به رده‌های دیگر تمایز پیدا کنند.

در این مطالعه ما با استفاده از محیط کشت سه بعدی زیست سازگار نشان دادیم که تکثیر سلول‌های CD133

بیماران پیوندی طی درمان متحمل دوز بالای شیمی درمانی می‌شوند و از یک دوره زمانی سیتوپنی در ارتباط با بیماری عفونی، حوادث خون‌ریزی دهنده، و دیگر عوارض پیوندی رنج می‌برند. استفاده از سلول‌های پیش‌ساز خون محیطی که به واسطه دارو و سایتوکاین G-CSF وارد خون محیطی شده‌اند، به‌طور مشخص دوره سیتوپنی را کوتاه می‌کند ولی قادر به حذف کامل آن نیست. یک منبع توانا از سلول‌های خون‌ساز نابالغ، سلول‌های CD133+ هستند. این سلول‌ها پیش‌سازهای رده‌های خونی هستند که می‌توانند از منابع مختلفی جدا شده و در مسیرهای تمایزی متفاوتی ازدیاد پیدا کنند. مواردی از استفاده بالینی کشت سلول‌های CD133+ اولیه وجود دارد که شامل افزایش تعداد سلول‌های بنیادی در مواقعی است که میزان کافی سلول با جمع‌آوری از مغز استخوان و خون فراهم نمی‌شود. در بیمارانی که جابه‌جایی سلول‌ها در آن‌ها ناکافی بوده یا جمع‌آوری سلول به دلیل فیروتیک بودن مغز استخوان یا آسیب آن در اثر شیمی درمانی یا اشعه درمانی مشکل است، کشت سلول‌ها می‌تواند کمک کننده باشد.

علاوه بر این، ازدیاد سلول‌های بنیادی در بیمارانی که به دلیل رد پیوند یا شیمی درمانی مکرر، نیاز به پیوند چندانگانه دارند، سودمند است. مدارک موجود نشان داده است که زمان قبول پیوند از سلول‌های تزاید یافته، با سلول‌های تازه جدا شده، مشابه است. این سلول‌ها پس از پیوند قادر به خون‌سازی کوتاه مدت می‌باشند، ولی پیوند طولانی مدت در استفاده از سلول‌های کشت شده، هنوز زیر سوال است. کاربرد دیگر کشت و ازدیاد سلول‌های بنیادی در ژن درمانی است. جهت انتقال ژن ویروسی نیاز به سلولی است که در فاز تقسیم سلولی باشد. کاربرد دیگر، تکثیر

تمایز سلول‌ها اثرگذار باشد. ریز معماری Niche سلول‌های بنیادی در شرایط بدن می‌تواند گرادیان غلظت فاکتورهای رشد را حفظ نموده و چسبندگی سلول به سلول دیگر را تنظیم نماید. همچنین این ساختار می‌تواند مجاورت با غشای پایه یا عروقی را مشخص کند (۱۵).

مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از محیط سه بعدی طراحی شده مدور می‌تواند سبب تکثیر بیشتر سلول‌های یاد شده در مقایسه با محیط دو بعدی گردد. در سال ۲۰۰۳ اهرینگ (Ehring) و همکاران سلول‌های بنیادی خون‌ساز بندناف را در یک محیط بدون سرم و سایتوکاین روی یک داربست سه بعدی با ماتریکس کربنی (Cytomatrix) که فیبرونکتین به آن متصل شده بود، کشت دادند. آن‌ها موفق شدند این سلول‌ها را بیشتر از محیط‌های معمولی تکثیر کنند (۱۶). به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها به علت نزدیکی فضای سلول در محیط سه بعدی به محیط موجود زنده می‌باشد. در این راستا لئو (Liu) و همکاران نشان داده‌اند که کشت سلول‌های بنیادی جنینی موش در بستر سه بعدی از جنس تانتالیوم با منافذ فراوان، تمایز را به سلول‌های خون ساز نسبت به شرایط کشت دو بعدی تشدید می‌کند (۱۷).

در مطالعه حاضر با استفاده از میکروولی که کلاژن به آن متصل شده بود، موفق به تکثیر بیشتر سلول‌های CD133 در مقایسه با محیط‌های معمولی کشت شدیم ($P < 0.005$). این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از محیط‌های کشت سه بعدی در تکثیر سلول‌های CD133 همراه با حفظ قدرت کلنی‌زایی موثر می‌باشد.

جدا شده از خون بندناف در مقایسه با سلول‌های کشت شده در شرایط رایج کشت در آزمایشگاه تکثیر بالاتری را نشان می‌دهد ($P < 0.005$).

علاوه بر بیماری‌های خونی و بدخیمی‌ها، امروزه استفاده از سلول‌های بنیادی خون‌ساز در درمان بیماری‌های قلبی-عروقی، کبدی، عصبی و دیابت در سطح وسیعی در حال تحقیق می‌باشد. هدف از کشت سه بعدی تقلید شرایط فیزیکی شیمیایی، سلولی و ریز محیط موجود در بدن بوده، که مسیر را به سوی ایجاد مهندسی بافت باز می‌کند. مهندسی بافت شامل مواردی همچون طراحی محیط کشت و محیط‌های فاقد سرم، طراحی فلاسک و بیوراکتورهای کشت جهت اتوماسیون کشت، سنسورها و ابزارهای حساس و پیش‌گویانه جهت بررسی کینتیک کشت، داربست و تکثیر Ex vivo در ساختار سه بعدی، تبادل کننده‌های اکسیژن و سیستم تهویه و هوادهی جدید، سیستم پرفیوژن و ایجاد کننده استرس شار (Shear) می‌باشد. کشت سلول‌ها به‌طور مرسوم در آزمایشگاه در ظروف کشت سلول انجام می‌گیرد. در این حالت سلول‌ها در کف ظرف به‌صورت دو بعدی تکثیر می‌یابند.

اخیراً دانشمندان دریافته‌اند که کشت فیبروبلاست‌ها در محیط سه بعدی تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در ساختار و عملکرد آن‌ها به وجود می‌آورد. دانشمندان نشان دادند که فیبروبلاست‌های کشت داده شده به‌صورت سه بعدی در مقایسه با کشت دو بعدی سریع‌تر تکثیر شده و مهاجرت می‌کنند (۱۳ و ۱۴).

علاوه بر تأثیر محیط سه بعدی بر رفتار سلول، فضای هندسی که در آن سلول قرار دارد، می‌تواند بر تکثیر و

References:

1. Broxmeyer HE, Kurtzberg J, Gluckman E, et al. Umbilical cord blood hematopoietic stem and repopulating cells in human clinical transplantation. *Blood Cells* 1991; 17: 313-29.
2. Gluckman E, Broxmeyer HA, Auerbach AD, et al. Hematopoietic reconstitution in a patient with

- Fanconi's anemia by means of umbilical-cord blood from an HLA-identical sibling. *N Engl J Med* 1989; 321: 1174-8.
3. Miraglia S, Godfrey W, Yin AH, et al. A novel five-transmembrane hematopoietic stem cell antigen: isolation, characterization, and molecular cloning. *Blood* 1997; 90: 5013-21.
4. Horn PA, Tesch H, Staib P, et al. Expression of AC133, a novel hematopoietic precursor antigen, on acute myeloid leukemia cells. *Blood* 1999; 93: 1435-7.
5. Corbeil D, Roper K, Weigmann A, et al. AC133 hematopoietic stem cell antigen: human homologue of mouse kidney prominin or distinct member of a novel protein family?. *Blood* 1998; 91: 2625-6.
6. Jaatinen T, Hemmoranta H, Hautaniemi S, et al. Global gene expression profile of human cord blood-derived CD133+ cells. *Stem Cells* 2006; 24: 631-41.
7. de Wynter EA, Buck D, Hart C, et al. CD34+AC133+ cells isolated from cord blood are highly enriched in long-term culture-initiating cells, NOD/SCID-repopulating cells and dendritic cell progenitors. *Stem Cells* 1998; 16: 387-96.
8. Koh CJ, Atala A. Tissue engineering, stem cells, and cloning: opportunities for regenerative medicine. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 1113-25.
9. Koh CJ, Atala A. Therapeutic cloning and tissue engineering. *Curr Top Dev Biol* 2004; 60: 1-15.
10. McDonald JC, Duffy DC, Anderson JR, et al. Fabrication of microfluidic systems in poly(dimethylsiloxane). *Electrophoresis* 2000; 21: 27-40.
11. Arien-Zakay H, Lazarovici P, Nagler A. Tissue regeneration potential in human umbilical cord blood. *Best Pract Res Clin Haematol* 2010; 23: 291-303.
12. Kogler G, Critser P, Trapp T, et al. Future of cord blood for non-oncology uses. *Bone Marrow Transplant* 2009; 44: 683-97.
13. Cukierman E. Cell migration analyses within fibroblast-derived 3-D matrices. *Methods Mol Biol* 2005; 294: 79-93.
14. Cukierman E, Pankov R, Stevens DR, et al. Taking cell-matrix adhesions to the third dimension. *Science* 2001; 294: 1708-12.
15. Fisher OZ, Khademhosseini A, Langer R, et al. Bioinspired materials for controlling stem cell fate. *Acc Chem Res* 2010; 43: 419-28.
16. Ehring B, Biber K, Upton TM, et al. Expansion of HPCs from cord blood in a novel 3D matrix. *Cytotherapy* 2003; 5: 490-9.
17. Liu H, Roy K. Biomimetic three-dimensional cultures significantly increase hematopoietic differentiation efficacy of embryonic stem cells. *Tissue Eng* 2005; 11: 319-30.

Original Article

Evaluation of the expansion of umbilical cord blood derived from CD133+ cells on biocompatible microwells

*M. Soufizomorrod*¹, *M. Soleimani*^{1*}, *S. Abroun*¹,
*M. Mossahebi Mohammadi*¹, *GH. Khamisipour*², *N. Mobarra*³,
*S. Babashah*⁴

¹Department of Hematology, School of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

²Department of Allied Medicine, School of Para Medicine, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

³Department of Biochemistry, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴Department of Genetics, School of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received 20 Jan, 2012 Accepted 11 Mar, 2012)

Abstract

Background: Hematopoietic stem cell transplantation (HSCT) is a therapeutic approach for treatment of hematological malignancies and incompatibility of Bone marrow. Umbilical cord blood (UCB) has known as an alternative for hematopoietic stem/progenitor cells (HPSC) in allogeneic transplantation. The low volume of collected samples is the main hindrance in application of HPSC derived from umbilical cord blood. So, ex vivo expansion of HPSCs is the useful approach to overcome this restriction. The goal of using this system is to produce appropriate amount of hematopoietic stem cells, which have the ability of transplantation and long term haematopoiesis.

Material & Methods: In current study CD133+ cells were isolated from cord blood (CB). Isolated cells were seeded on microwells. Then expanded cells proliferation rate and ability in colony formation were assessed and finally were compared with 2 Dimensional (2D) culture systems.

Results: Our findings demonstrated that CD133+ cells derived from UCB which were cultivated on microwells had significantly higher rate of proliferation in compared with routine cell culture systems.

Conclusion: In Current study, it was shown that CD133+ cells' proliferations which were seeded on PDMS microwells coated with collagen significantly increased. We hope that 3 dimensional (3D) microenvironment which mimics the 3D structure of bone marrow can solve the problem of using UCB as an alternative source of bone marrow.

Key words: Umbilical Cord Blood, CD133+ cells, 3 Dimensional microenvironment, PDMS

*Address for correspondence: Department of Hematology, School of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, IRAN;
E-mail: soleim_m@modares.ac.ir