

## اثر سلول‌درمانی در مقایسه با داروی بلوکه‌کننده سیستم رنین-آنژیوتانسین-آلدسترون در بیماری مزمن کلیوی در مدل حیوانی گربه

### چکیده

دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵ آنلاین: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱

ناهید عسکری<sup>۱\*</sup>، علی شفیعی پور<sup>۲</sup>،  
سوده خانامانی فلاحتی پور<sup>۳</sup>

۱- گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.  
۲- گروه دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.  
۳- مرکز تحقیقات سلامت پسته، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران.

**زمینه و هدف:** پیوند سلول‌های بنیادی مزانشیمی برای بهبود آسیب‌های کلیوی نویدبخش بوده، لذا در این پژوهش پتانسیل سلول‌های بنیادی مزانشیمی مغز استخوان گربه (fMSCs) در مقایسه با داروی تلمیزارتان در بیماری مزمن کلیوی بررسی شد.

**روش بررسی:** در ۳۵ گربه نژاد پرشین، مارکرهای سلول‌های بنیادی (CD44, CD90, CD105) با استفاده از Real time-PCR در fMSC در دریک مطالعه بالینی مداخله‌ای از ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۸ در کرمان، بررسی شد. متغیرهای مستقل سن، وزن و سابقه بیماری‌های کلیوی و متغیر وابسته وجود یا عدم وجود CKD بود. گروه اول، تزریق اتولوگ fMSCs، گروه دوم تلمیزارتان به‌عنوان مسدودکننده رنین-آنژیوتانسین (RAB) استفاده و نتایج با گربه‌های سالم و بدون درمان، با معاینه فیزیکی حیوانات، اندازه‌گیری میزان فیلتراسیون گلومرولی (Glomerular filtration rate, GFR)، نیتروژن اوره خون (Blood urea nitrogen, BUN)، کراتینین و اوره سرم، آلانین ترانس آمیناز (Alanine transaminase, ALT) و وزن مخصوص (Specific gravity, SG) ادرار برای روزهای ۱، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ مقایسه شد. بررسی داده‌ها با استفاده از SPSS software, version 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) و آنالیز دو طرفه ANOVA و آزمون توکی انجام و  $P < 0/05$  معنادار در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** fMSCs باعث کاهش BUN، SCr، و اوره سرم و بهبود GFR و کاهش التهاب، نکروز و فیبروز در بافت کلیه و افزایش بقای سلول‌های کلیوی شد. همچنین fMSCs با تاثیر بر روی ژن‌های CD44، CD90، CD105، مارکرهای بنیادی را در سلول‌های کلیوی تنظیم کرده، به‌طوری‌که fMSCs بهتر از تلمیزارتان عمل کرد که فقط باعث کاهش فشار خون و پروتئینوری در گربه‌ها شد.

**نتیجه‌گیری:** سلول‌های بنیادی مزانشیمی می‌توانند به‌عنوان یک کاندید بالقوه برای مطالعات بیشتر در بهبود عملکرد و کاهش آسیب کلیوی در بیماران CKD باشد.

**کلمات کلیدی:** گربه، عملکرد کلیه، سیستم گیرنده آنژیوتانسین، سلول‌های بنیادی.

\* نویسنده مسئول: کرمان، انتهای اتوبان هفت باغ علوی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.  
تلفن: ۰۳۴-۳۲۷۶۶۱۱  
E-mail: nahidaskari@gmail.com

### مقدمه

در بیشتر موارد، بیماری مزمن کلیه درمان ندارد. درمان معمولاً شامل اقداماتی برای کمک به کنترل علائم و نشانه‌ها، کاهش عوارض و جلوگیری از پیشرفت بیماری است. درعین‌حال، سیستم رنین-آنژیوتانسین-آلدوسترون (Renin-angiotensin-aldosterone system)

درمان اختلالات کلیوی مزمن اغلب یک درمان علامتی است. تاکنون هیچ درمان قطعی برای بیماری مزمن کلیوی گزارش نشده و در

کلیوی را بهبود می‌بخشند، ولی درمورد اینکه آیا سلول‌های بنیادی مزانشیمی می‌توانند به دنبال آسیب ناشی از مسمومیت، ایسکمیک و نارسایی مزمن کلیوی، به بهبود روند بیماری کمک‌کنند و یا پیشرفت بیماری کلیوی را به تاخیر اندازند، مطالعات دقیق و کاملی انجام نشده است.<sup>۴</sup> هدف اصلی این پژوهش بررسی تاثیر سلول درمانی با سلول بنیادی مغز استخوان گربه (fMSCs) در بهبود عملکرد کلیه و کاهش آسیب بافتی در گربه‌های نژاد پرشین با بیماری مزمن کلیوی (CKD) است. این پژوهش نوآورانه است، زیرا تاکنون هیچ مطالعه‌ای در این زمینه انجام نشده و از سلول‌های بنیادی اتولوگ گربه استفاده شده است که عارضه‌های احتمالی سلول درمانی را کاهش می‌دهند. همچنین، این پژوهش نتایج fMSCs را با تلمیزاتان که یک داروی رایج در درمان CKD است، مقایسه می‌کند. این پژوهش می‌تواند منجر به انجام مطالعات بالینی جامع‌تر در این زمینه شود و روش‌های درمانی جدید و بهبود عملکرد کلیه در بیماران با CKD را فراهم کند.

## روش بررسی

پژوهش حاضر از نوع تجربی مداخله‌گر-آزمایشگاهی می‌باشد که در کلینک دامپزشکی مهرگان کرمان در سال ۱۴۰۰ انجام شده است. بیماری مزمن کلیه در گربه‌های مسن به‌ویژه در نژادهای خاصی مانند پرشین، شایع‌تر است ولیکن به‌منظور تایید بیماری مزمن کلیوی در گربه‌ها، معاینه فیزیکی دقیق توسط دامپزشک انجام شد. علائم بیماری شامل ازدست‌دادن اشتها، ازدست‌دادن آب بدن، کاهش وزن، اسهال و استفراغ و بی‌حالی بررسی شد (جدول ۱). علاوه‌براین، کراتینین سرم و غلظت BUN, ALP و وزن مخصوص ادرار (SG) برای تایید بیماری مزمن کلیوی در گربه‌ها پس از تکمیل رضایت‌نامه توسط صاحب حیوان، اندازه‌گیری شد. دستورالعمل‌های اخلاقی آزمایش‌های حیوانی در این پروژه توسط کمیته اخلاق حیوانات دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید باهنر کرمان تایید و همه آزمایش‌ها با دستورالعمل‌های مراقبت از حیوانات آزمایشگاهی در تحقیقات (کد اخلاق IR.UK.VETMED.REC.1400.002) انجام شد.

حیوانات شامل ۳۵ گربه پرشین مراجعه کننده به کلینک‌های دامپزشکی شهر کرمان، با سن تقریبی ۶-۵ سال در چهار گروه گرفته شدند. گروه اول fMSC (N=۱۰) تزریق ۱۰۶×۲ سلول در روزهای ۱

RAAS یک سیستم هورمونی است که فشار خون را تنظیم می‌کند، آب و مایعات بدن را متعادل می‌کند و تولید آنژیوتانسین (AT-II) را در بیماری‌های مزمن کلیوی افزایش می‌دهد تا میزان فیلتراسیون گلومرولی (GFR) را حفظ کند.<sup>۱</sup> آنتاگونیست‌های گیرنده آنژیوتانسین II داروهایی هستند که سیستم رنین-آنژیوتانسین-آلدوسترون را تنظیم می‌کنند. مهار سیستم رنین-آنژیوتانسین سرعت پیشرفت نارسایی کلیه و پروتئینوری را کاهش می‌دهد.<sup>۲</sup>

از سوی دیگر، استفاده از سلول‌های بنیادی یک واقعیت علمی غیرقابل‌انکار در درمان بیماری‌های مختلف است. سلول‌های بنیادی مزانشیمی سلول‌های خود تجدیدشونده و چندتوان هستند که در بافت‌های مختلف وجود دارند و توانایی ترمیم بافت را دارند.<sup>۳</sup> مکانیسم‌های پیچیده‌ای در ترمیم بافت توسط سلول‌های بنیادی مزانشیمی، به‌ویژه از طریق تعدیل سیستم ایمنی و یا از طریق عوامل پاراکرین و رها شدن میکرووزیکول‌ها عمل می‌کنند.<sup>۴</sup>

مغز استخوان فراوان‌ترین منبع برای سلول‌های بنیادی مزانشیمی است، اگرچه این سلول‌ها از منابع دیگر نیز جدا شده است.<sup>۵-۷</sup> در گربه‌ها، ۰/۰۱-۰/۰۰۱ سلول‌های تک‌هسته‌ای مغز استخوان از سلول‌های بنیادی مزانشیمی تشکیل شده‌اند که می‌تواند کلونی‌های سلول‌های فیروبلست‌مانند چسبنده را در شرایط آزمایشگاهی تشکیل دهند. این سلول‌ها نشانگرهای CD44, CD90 و نشانگرهای سطح سلول‌های استرومایی خاص مانند CD105, SH-2, SH-3, SH-4 و گیرنده‌های سیتوکین مانند گیرنده ایتروکین ۱ (IL-1-R) و گیرنده TNF را بیان می‌کنند.<sup>۸</sup>

از آنجاکه، نتایج حاصل از آزمایشات روی حیوانات را می‌توان پیش از آزمایش در مطالعات انسانی انجام داد و بیماری مزمن کلیه در گربه‌ها بسیار شایع است، در این مطالعه از مدل بیماری گربه به‌عنوان مدل حیوانی استفاده شده است که می‌تواند به‌عنوان مدلی در مطالعه CKD در انسان باشد. به‌طورکلی، مهم‌ترین هدف درمانی در نفرولوژی کاهش آسیب، تاخیر در پیشرفت بیماری و درنهایت، درمان با استفاده از پیوند کلیه است.<sup>۳</sup>

بسیاری از مطالعات حیوانی و انسانی نقش سلول‌های بنیادی را در ترمیم و بازسازی کلیه نشان داده‌اند. مشخص شده است که سلول‌های بنیادی مزانشیمی (MSCs) در مدل‌های حیوانی آسیب حاد

CinnaGen، تهران، ایران) استفاده شد. کمیت و کیفیت RNA ها به ترتیب با استفاده از اسپکتروفتومتری و ژل الکتروفورز اندازه‌گیری، cDNA سنتز و برای تعیین کمیت نسبی نشانگرهای سطح در سطح رونوشت، RT-qPCR با استفاده از آغازگرها انجام شد (جدول ۲). واکنش‌ها با استفاده از کیت (SYBR Green Yektatajhez, Azma, Tehran, Iran) در واکنش حجم نهایی ۱۵ میکرولیتر در دستگاه روتور ژن ۳۰۰۰ (کوربت، استرالیا) تکثیر شدند CT ها محاسبه و با استفاده از روش  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  تجزیه و تحلیل شدند. غلظت اولیه هر نمونه با غلظت ژن کنترل داخلی GAPDH نرمال شد.<sup>۸</sup>

پیش از تزریق سلول (رسیدن سلول‌ها به پاساژ چهارم و پنجم) ۵ مایع‌درمانی داخل وریدی و غذاهایی با محتوای پروتیین کم و همچنین سطوح فسفات پایین و نمک کم استفاده می‌شد.

پس از بیهوشی عمومی، شناسایی محل کلیه با استفاده از سونوگرافی (شکل ۱)  $10 \times 2 \times 2$  سلول به ۳ ml PBS اضافه و در روزهای ۱ و ۱۴ تزریق سلولی به کلیه حیوانات گروه اول انجام شد.<sup>۱۰،۹</sup> داروی تلمیزارتان (۰/۵ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن) به مدت دو ماه استفاده شد که در مقایسه با سایر داروهای سیستم RAB برای گربه‌ها پیشنهاد می‌شود.

و ۱۴، گروه دوم ۰/۵ mg/kg (Telmisartan) (N=۱۰) هر ۲۴ ساعت به مدت دو ماه به صورت خوراکی، گروه سوم کنترل منفی (N=۱۰) حیوانات بیمار که تیماری دریافت نکردند و گروه چهارم کنترل مثبت (N=۵) حیوانات سالم بود.

برای تهیه نمونه، مقدار ۱۰ mg/kg ۱۰ کتامین به صورت عضلانی تزریق و سپس القای بیهوشی با داروی هالوتان (۴/۵٪) و اکسیژن (۴ Lit/min) استفاده شد. پس از بیهوشی عمومی، از سوزن جمشیدی (گیج ۱۱) برای اسپیراسیون مغز استخوان (از قسمت ابتدایی استخوان ران) استفاده شد. پس از آن، ۱۰ ml (MEM $\alpha$ ) به نمونه اضافه و پنج دقیقه در ۱۲۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (مدل ۱۴، سیگما، آلمان) و رسوب سلول‌ها در ۱ ml (MEM $\alpha$ ) تازه معلق و به ظرف کشت سلولی منتقل شدند. سپس، ۵ ml (MEM $\alpha$ ) (pH=۷/۲) حاوی ۱۰٪ سرم جنین گاو (FBS)، پنی‌سیلین (۱۰۰ واحد در میلی‌لیتر)، استرپتومایسین (۱۰۰  $\mu$ g/ml) و آمفوتریسین B (۱  $\mu$ g/ml) به نمونه اضافه و در انکوباتور (CO2 (BINDER GmbH, Germany) (۵٪) و در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد قرار داده شد. برای بررسی بیان ژن‌های نشانگر سلول بنیادی، پیش و پس از انجماد سلول‌ها از Real time-qPCR استفاده شد. برای استخراج RNA از محلول (RNX-plus

جدول ۱: نحوه تعیین درصد دهیدراتاسیون

درصد دهیدراتاسیون	علامت بالینی
کمتر از ۵	محسوس نیست
۵-۶	از دست دادن اندک الاستیسیته پوست
۶-۸	از دست دادن آشکار الاستیسیته پوست و گودافتادگی مختصر چشم‌ها و طولانی شدن مختصر زمان پرشدن مجدد مویرگی (CRT)
۹-۱۲	تشدید علامت مرحله قبل
بیش از ۱۲	شوک و متعاقب آن احتمال کلپس و مرگ

جدول ۲: پرایمرهای مورد استفاده در پژوهش

نام ژن	توالی رفت (۵'>۳')	توالی برگشت (۵'>۳')	اندازه محصول (bp)	اندازه محصول (C)
<b>GAPDH</b>	ACGATGACATCAAGAAGGTG	CATACCAGGAAATGAGCTTG	۱۸۰	۵۷
<b>CD44</b>	TGGGTGTGTTGGCATCCAGTGC	CGTTTTCTTCAGTTGGTCCCAGCC	۱۰۰	۵۷
<b>CD90</b>	TGAGAAGAAGAAGCACGTGA	ACGTGGAGTTCACATGTGTA	۱۵۶	۵۸
<b>CD105</b>	TATGCGTCTGAACATCGTCA	GTGTGCGAGTAGATGTACCA	۱۳۵	۵۷

گروه کنترل هیچ درمانی دریافت نکردند. گروه نرمال نیز در بیمارستان دامپزشکی برای معاینات معمول مراجعه می کردند. برای همه حیوانات، معاینه فیزیکی حیوانات، آزمایش اندازه گیری BUN، اوره، کراتینین سرم و ALT در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ انجام شد. برای ارزیابی عملکرد کلیه از وزن مخصوص ادرار (SG) استفاده شد که مقدار کمتر از ۱/۰۳۵ در گربه ها نشان دهنده مشکلات کلیوی است. داده ها با استفاده از تحلیل واریانس دو طرفه (ANOVA) برای مقایسه های چندگانه با استفاده از SPSS software, version 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) و آزمون توکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطوح  $P < 0.05$  از نظر آماری معنادار در نظر گرفته شد.

### یافته ها

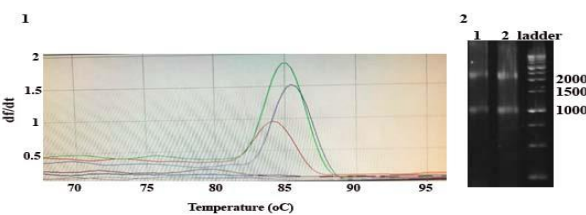
چند ساعت پس از کشت سلول های حاصل از مغز استخوان، سلول های شناور حذف و با اطمینان بیشتری از این سلول ها (دوکی شکل و فیرو بلاست مانند پس از ۱۰-۷ روز چسبیده به کف فلاسک) برای سلول درمانی استفاده شد کیفیت و کمیت RNA ارزیابی شد. علاوه بر این، منحنی ذوب تغییرات محصولات Realtime RT PCR برای ژن کنترل داخلی GAPDH و همچنین ژن های CD44، CD90، CD105 وجود یک قله برای هر محصول نشان داد، به این مفهوم که فقط یک محصول تشکیل شده و قطعات برای هر ژن اختصاصی همان ژن می باشد (شکل ۲).

میزان بیان ژن های CD44، CD90 و CD105 به ترتیب  $0.09 \pm 0.21$ ،  $0.07 \pm 0.27$  و  $0.05 \pm 0.24$  برابر در سلول های fMSC کشت شده پس از فریز شدن نسبت به پیش از فریز شدن بود (شکل ۳).

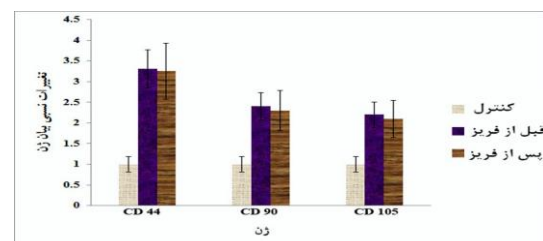
پیوند سلول های بنیادی مزانشیمی به صورت اتولوگ انجام شد. در روز اول آزمایش اوره  $42/8 <$ ، کراتینین  $2/1 <$  و  $BUN > 32$  و  $ALT > 100$  در همه حیوانات به جز گروه کنترل (حیوانات سالم) مشاهده شد. در روز ۳۰، مقدار BUN و SCR در حیوانات در همه گروه های آزمایشی به جز حیوانات سالم کاهش کمی داشت، اما از نظر آماری معنادار نبود که می تواند به دلیل مایع درمانی و تنظیم رژیم غذایی باشد. اندازه گیری کراتینین در بررسی بیماری های کلیوی اهمیت دارد، مقدار نرمال آن  $1/5 - 0/5$  میلی گرم در دسی لیتر خون



شکل ۱: تعیین محل کلیه با استفاده از سونوگرافی برای دو مرحله تزریق سلول در روزهای ۱ و ۱۴. (A) آماده کردن حیوان برای سونوگرافی و قراردادن آن در موقعیت مناسب. (B) پیدا کردن محل دقیق کلیه با استفاده از سونوگرافی. (C) تصویر کلیه گربه در دستگاه سونوگرافی مورد استفاده در این پژوهش (دستگاه سونوگرافی EMP ساخت کشور چین). (D) تعیین وضعیت دقیق کلیه حیوان مبتلا به بیماری مزمن کلیه با استفاده از امواج سونوگرافی. (E) تعیین محل دقیق تزریق سلول به کلیه که با خط سفید رنگ در تصویر نشان داده شده است.



شکل ۲: منحنی ذوب محصولات و بررسی کیفیت RNA توسط الکتروفورز ژل آگارز. (۱) منحنی ذوب تغییرات محصولات Realtime RT PCR برای ژن های GAPDH (رنگ قرمز)، CD44 (بنفش)، CD90 (سبز). وجود یک قله برای هر محصول نشان می دهد که فقط یک محصول تشکیل شده و قطعات برای هر ژن اختصاصی همان ژن می باشند. (۲) الکتروفورز ژل آگارز RNA کامل استخراج شده از سلول های بنیادی مزانشیمی مغز استخوان گربه.



شکل ۳: نتایج بررسی بیان ژن های CD44، CD90 و CD105 در سلول ها و میزان بیان این مارکرها پیش و پس از فریز شدن که در سطح  $P < 0.05$  معنادار نبود (داده ها به صورت انحراف معیار بیانگین گزارش شده است).

معناداری بین دو گروه تزریق سلول و گروه تلمیزارتان وجود نداشت. در گروه تزریق سلول و گروه تلمیزارتان بهبود مطلوبی در مقایسه با گروه کنترل منفی نشان دادند ( $P < 0/05$ ). در روز ۱۲۰ گروه سلول‌درمانی سطح قابل‌قبولی از BUN، SCr، اوره و ALT داشتند که البته تفاوت معناداری وجود نداشت. در گروه تلمیزارتان بهبود فرآیند متوقف و افزایش کمی در سطح اوره و کراتینین در گروه تلمیزارتان مشاهده شد. این افزایش در مقایسه با گروه دریافت‌کننده سلول بنیادی مزانشیمی از نظر آماری معنادار بود BUN، SCr، اوره و ALT در گروه تزریق سلول و گروه تلمیزارتان نسبت به گروه کنترل منفی که تیماری دریافت نکرده بودند در سطح مطلوبی قرار داشتند که از نظر آماری معنادار بود (جدول ۳).

وزن مخصوص ادرار حیوان نشان‌دهنده ایزوستنوریا بود. غلظت ادرار در گروه دریافت‌کننده سلول بنیادی در روزهای ۶۰ و ۹۰ معنادار بود. در گروه تلمیزارتان، تغییر غلظت ادرار معنادار بود ( $P < 0/05$ ) (جدول ۳). به‌علت احتمال برخی اثرات جانبی از روش نشان‌دارکردن سلول‌ها (Radiolabeling of MSC) استفاده نشد.

## بحث

به‌طورکلی مشخص شده است که اگرچه روش‌های درمانی متفاوتی در نارسایی مزمن کلیه استفاده شده است ولیکن، درمان در بعضی از بیماران به‌علت عدم‌پاسخ به درمان‌های موجود امکان‌پذیر نیست، در این شرایط نارسایی مزمن کلیه اجتناب‌ناپذیر است و در این شرایط بایستی به‌دنبال استفاده از روش‌های درمانی جدید و بررسی میزان پاسخ به درمان آنها بود.<sup>۱۳-۱۱</sup> نتایج نشان داد که تزریق سلول‌های بنیادی مزانشیمی مغز استخوان گربه به کلیه تأثیر به‌سزایی در بهبود CDK و افزایش میزان بقای حیوان دارد.

اگرچه استفاده از RAB می‌تواند برای بهبود عملکرد کلیه مفید باشد، نتیجه نهایی (روز ۱۲۰) تفاوت بین گروه تزریق سلول و گروه تلمیزارتان را در مقایسه با گروه کنترل منفی نشان می‌دهد. در اغلب مواردی که SG پایین دارند و به ایزوتایمی مبتلا هستند، علت، نارسایی کلیوی تشخیص داده می‌شود.<sup>۱۴</sup> براساس پژوهش حاضر نیز این تأثیر در افزایش میزان SG مشخص بود و حیوانات در پایان دوره آزمایش ادرار غلیظ‌تری داشتند.

گربه است. کراتینین بالای خون که در (روز اول) مشاهده شد، نشان‌دهنده ازوتیمی بود. بالابودن BUN و SCr نیز نشان‌دهنده بیماری کلیوی در حیوانات بود (روز اول) ALT آنزیمی است که بیشتر در یاخته‌های کبد و کلیه یافت می‌شود، در گربه‌های سالم، سطح ALT در خون پایین (۱۰۰-۳۰ واحد در لیتر) است. زمان بروز آسیب، در مقادیر بالا دیده می‌شود. در بیماری‌های مزمن کلیوی و عدم‌کارایی توپولها ایزوستنوریا (Isosthenuria) مشاهده می‌شود. با نارسایی مزمن کلیوی، توانایی کلیه در تنظیم غلظت ادرار از بین می‌رود که در گربه‌های موردآزمایش نیز ایزوستنوریا مشاهده شد (روز اول).

در تحقیق حاضر، برای درمان بیماری‌های مزمن کلیه در گربه از پیوند اتولوگ سلول‌های بنیادی مزانشیمی مغز استخوان استفاده شد که می‌تواند برای بررسی سلول درمانی مناسب باشد. زیرا با انجام بیوپسی، مقدار کمی از نمونه مغز استخوان قابل‌تهیه است که این میزان برای کشت و تکثیر MSCs برای مقاصد پیوند سلولی کافی است. این روش با موفقیت در تمام حیوانات بدون اثرات جانبی انجام شد ولی در دو تا از حیوانات پس از شروع مصرف تلمیزارتان در گروه دوم حالت تهوع شدید مشاهده شد.

هرچندکه، اثر تزریق MSC بر سلامت کلیه‌ها در طول زمان مشخص نیست و ممکن است نتایج ضد و نقیضی در طول زمان حاصل شود که این امر نیازمند بررسی نمونه‌ها در مدت زمان طولانی‌تر است.

دوتا از حیوانات گروه اول پاسخ به درمان بسیار چشمگیری داشتند که تقریباً به سطح نرمال رسیدند ولی چون در محاسبات مقدار میانگین در نظر گرفته می‌شد این مقادیر جداگانه عنوان نشد.

در روز ۶۰ در گروه تزریق سلول و گروه تلمیزارتان پیشرفت معناداری در بهبود وضعیت حیوان، کاهش BUN، SCr و اوره در مقایسه با گروه کنترل در سطح ۵٪ معنادار بود. در روز ۶۰، گروه تزریق سلول مزانشیمی و گروه مصرف‌کننده تلمیزارتان کاهش معناداری در BUN، SCr، اوره نشان دادند. نتایج نشان داد که گروه تزریق سلول نسبت به گروه تلمیزارتان مطلوب‌تر بوده و از نظر آماری تفاوت معناداری در پارامترهای گروه تزریق سلول و کنترل منفی وجود دارد. اما میزان کاهش در گروه تلمیزارتان نسبت به گروه تزریق سلول کمتر بود. در روز ۹۰، سطوح BUN، SCr، اوره و ALT در گروه تزریق سلول و گروه تلمیزارتان کاهش یافت، اما تفاوت آماری

جدول ۳: خلاصه تجزیه و تحلیل آماری ANOVA برای اندازه گیری تفاوت میانگین و انحراف معیار ALT, urea, SCr, BUN

گروه	روز				
	۱	۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰
BUN (میلی گرم/دسی لیتر)	۱	۴۹±۰/۹۷	۴۴±۱/۰۳*	۳۷±۱/۰۵*	۴۱±۰/۹۵*
	۲	۵۶±۱/۰۴	۴۳±۱/۹۵*	۳۶±۱/۰۹*	۳۷±۱/۰۴*
	۳	۴۸±۰/۹۵	۴۸±۰/۹۸	۵۲±۲/۰۲	۴۹±۱/۰۹
	۴	۵۱±۰/۸۶	۵۳±۱/۰۵	۴۳±۱/۱۹*	۳۴±۱/۲۶*
SCr (میلی گرم/دسی لیتر)	۱	۲/۸±۱/۰۸	۲/۹±۱/۲۹*	۲/۴±۰/۸۱*	۲/۵±۰/۹۸*
	۲	۳/۵±۱/۰۲	۳/۵±۱/۰۲	۳/۲±۱/۳۶*	۲/۸±۱/۰۹*
	۳	۳/۳±۰/۸۹	۳/۶±۱/۰۸	۳/۴۵±۱/۵۶	۳/۸±۱/۰۲
	۴	۳/۳±۱/۰۹	۳/۳±۰/۸۳	۳/۲۵±۱/۸۷*	۲/۸±۱/۱۳*
Urea (میلی مول/لیتر)	۱	۶۶±۱/۲۷	۶۷±۰/۹۸	۵۲±۱/۲۵*	۴۵±۱/۸۴*
	۲	۵۶±۱/۲۱	۵۵±۱/۲۷	۵۳±۱/۸۶*	۴۷±۰/۹۸*
	۳	۵۸±۰/۹۱	۵۷±۰/۹۶	۵۸±۱/۶۶	۴۵±۱/۳۵
	۴	۶۱±۱/۰۳	۶۱±۱/۵۹	۵۴±۲/۲۳*	۴۷±۱/۲۷*
ALT (واحد/لیتر)	۱	۱۳۶±۰/۸۶	۱۳۱±۰/۹۲	۱۲۸±۱/۲۴*	۱۱۳±۱/۲۹*
	۲	۱۳۱±۱/۲۹	۱۳۱±۱/۹۴	۱۲۵±۱/۸۸*	۱۱۷±۱/۲۱*
	۳	۱۳۶±۱/۰۶	۱۳۴±۱/۰۹	۱۳۶±۱/۷۹	۱۵۶±۱/۰۸
	۴	۱۴۳±۰/۹۱	۱۴۵±۰/۹۷	۱۲۳±۱/۰۱*	۱۰۸±۱/۰۷*
SG	۱	۱/۰۱۶±۱/۱۲	۱/۰۱۷±۱/۰۵	۱/۰۱۸±۰/۹۸*	۱/۰۱۷±۱/۵۳
	۲	۱/۰۱۷±۰/۹۸	۱/۰۱۸±۱/۲۱	۱/۰۱۹±۱/۲۳*	۱/۰۱۷±۱/۶۴
	۳	۱/۰۱۸±۱/۰۹	۱/۰۱۷±۲/۰۹	۱/۰۱۸±۰/۹۸	۱/۰۱۷±۲/۰۵
	۴	۱/۰۱۸±۱/۱۸	۱/۰۱۸±۱۰/۰۲	۱/۰۱۹±۲/۰۴*	۱/۰۲±۱/۵۳

\* P&lt;۰/۰۵ معنادار در نظر گرفته شد.

هستند، در انجام این پژوهش سعی شد که گروه تحقیقاتی بروی توسعه مدل‌هایی از بیماری نارسایی کلیه که به‌طور طبیعی در گونه‌های حیوانی مانند گربه به‌فراوانی دیده می‌شود، متمرکز شود که ممکن است مکمل مدل‌های حیوانی ناشی از بیماری‌های انسانی باشد. این مدل‌های بیماری و بررسی و مقایسه شیوه‌های درمانی متفاوت در آنها، ممکن است به‌عنوان بستری برای بررسی درمان‌های جدید پزشکی بازساختی مبتنی بر MSC عمل کنند.

بر اساس نتایج حاصل مشخص شد که تنوع در مقادیر USG و SCr در مقایسه با مقادیر BUN, ALT area کمتر بود، بنابراین اندازه‌گیری مقادیر USG و SCr در مقایسه با مقادیر BUN, urea, ALT در بیماری‌های مزمن کلیه (با آزمایش خون و ادرار) می‌تواند دقیق‌تر باشد و بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

بیشترین مقدار افزایش SG در بین روزهای ۶۰ تا ۹۰ بود ولی پس از روز ۹۰ تغییری در SG مشاهده نشد در طول دهه گذشته، سلول‌های بنیادی مزانشیمی به موضوع مورد توجه در رشته‌های مختلف علم پزشکی تبدیل شده‌اند، زیرا این سلول‌ها به‌عنوان ابزاری بالقوه در پزشکی بازساختی و سلول‌درمانی هستند. آنها را می‌توان هم از اهداکنندگان سالم و هم از بیماران استخراج کرد و به‌راحتی در شرایط آزمایشگاهی به حجم درمانی مورد نیاز به‌میزان قابل توجهی افزایش داد. از این میان، سلول‌های بنیادی مزانشیمی نه تنها به‌عنوان عوامل بازسازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.<sup>۱۲</sup> بلکه می‌توانند پاسخ‌های ایمنی را در ریز محیط‌های التهابی مختلف نیز تعدیل کنند.

مدل‌های حیوانی نقش مهمی در مطالعات ایمنی و اثربخشی پیش‌بالینی ایفا می‌کنند. اگرچه مدل‌های حیوانی ناشی از بیماری مهم

توبولار کلیوی تمایز یافتند که یکپارچگی ساختاری بافت و بازیابی بافت را القا کرد.<sup>۲۵</sup> علاوه بر این، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مزایای تزریق MSC به توانایی سلول‌های بنیادی مزانشیمی برای ترشح چندین سیتوکین، کموکاین و فاکتورهای رشد مربوط می‌شود که این عوامل بافت کلیه را در برابر آپوپتوز سلول‌های مجاور محافظت می‌کنند و تکثیر سلولی را القا می‌کنند و همچنین بازسازی بافت آسیب‌دیده کلیوی را تقویت می‌کنند.<sup>۲۶</sup> یکی از عوارض اصلی CKD کاهش ظرفیت بازسازی کلیه است. چندین مطالعه نشان داده‌اند که سلول‌های بنیادی مزانشیمی اثرات ترمیمی را در مدل‌های CKD حیوانی القا می‌کنند که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.<sup>۲۷</sup> سلول‌های بنیادی مزانشیمی در همراه با ترکیبات مختلف دیگر در درمان نارسایی مزمن کلیه استفاده شده است، به‌عنوان مثال، در موش مدل آسیب کلیه (IRI)، تحت درمان با دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) که یک اسید چرب ضروری امگا ۳ همراه با سلول‌های بنیادی مزانشیمی، کاهش آپوپتوز و بهبود عملکرد کلیه مشاهده شد.<sup>۲۸</sup> مطالعه دیگری نشان داد که (S-nitroso N-acetyl penicillamine, SNP)، مرتبط با اثرات محافظتی سلولی و بافتی، عملکرد MSC را با افزایش تکثیر سلولی و پیش‌رگ‌زایی را در بافت ایسکمیک در مدل ایسکمی کلیوی بهبود می‌بخشد.<sup>۲۹</sup>

(Darbepoetin- $\alpha$ , DPO) یک عامل اریتروپویتیک است که اثرات محافظتی و خون‌سازی نشان می‌دهد و آسیب کلیه را در مدل حیوانی IRI کلیه کاهش می‌دهد.<sup>۳۰</sup> سلول‌های بنیادی مزانشیمی همراه با درمان با DPO نیز عملکرد کلیوی و ساختار کلیه را در مدل بیماری ایسکمیک کلیوی بهبود می‌بخشد. آتورواستاتین (Ator) دارای فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی از جمله اثرات ضدآپوپتوز، آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی است.<sup>۳۱</sup> سلول‌های بنیادی مزانشیمی همراه با درمان با Ator اثرات محافظتی، بهبود عملکرد کلیه و افزایش بقای سلول‌های بنیادی مزانشیمی پیوند شده در کلیه‌های آسیب‌دیده در مدل IRI را القا کردند. ملاتونین، یک هورمون ترشحی غده اپیفیز، که با تنظیم ریتم شبانه‌روزی و هموستاز مرتبط است، عملکرد سلول‌های بنیادی مزانشیمی را نیز از طریق چندین فعالیت بیولوژیکی تقویت می‌کند.<sup>۳۲</sup> پیش‌درمان با ملاتونین به‌طور قابل‌توجهی بقای سلول‌های بنیادی مزانشیمی تزریق‌شده در محل‌های آسیب‌دیده را افزایش می‌دهد و سلول‌های بنیادی مزانشیمی زنده مانده رگ‌زایی، افزایش

در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۸ نیز مقادیر SCr با تنوع کمتری را در مقایسه با دیگر فاکتورهای مورد بررسی در بیماری‌های کلیوی گزارش کردند.<sup>۱۵</sup> تزریق سلول در محل کلیه می‌تواند در جهت تمایز این سلول‌ها موثر باشد، زیرا سلول‌های اطراف سیگنال‌های القایی خاصی را برای تمایز MSC فراهم می‌کند که می‌تواند در روند تمایز موثر باشد و با انتشار فاکتورهای ترشحی پاراکرین، از جمله وزیکول‌های خارج سلولی، متشکل از میکرووزیکول‌ها و اگزوزوم‌ها (حاوی مواد ژنتیکی و پروتئینی) همراه است که پس از انتقال به سلول‌های گیرنده می‌تواند چندین مکانیسم ترمیم را فعال کند.<sup>۳۳</sup> مطالعات اخیر نشان داده است که درمان با وزیکول‌های خارج سلولی مشتق‌شده از MSC در چند مدل حیوانی، بیماری حاد و مزمن کلیوی را بهبود می‌بخشد که در پژوهش حاضر نیز این امکان وجود دارد که این وزیکول‌ها مشتق‌شده از MSC در محل کلیه به روند بهبودی در حیوان کمک کرده باشند.<sup>۱۷،۱۶</sup> در پیوند اتولوگ مشکل پس‌زدن یا رد پیوند به‌وجود نمی‌آید.<sup>۱۸</sup> تحقیقات در این زمینه دانش ما را درباره چگونگی رشد و تکوین یک اندام از یک سلول منفرد را افزایش می‌دهد.<sup>۱۹</sup>

در پژوهشی استفاده از سلول‌های بنیادی مایع آمنیوتیک تزریق‌شده به کلیه آسیب‌دیده در مدل جانوری، منجر به بهبودی عملکرد کلیوی و گلو‌مرول‌ها شد.<sup>۲۰</sup> پیوند اتولوگ نگرانی‌های اخلاقی مربوط به منابع سلولی مانند سلول‌های بنیادی جنینی را نیز به‌همراه ندارد.<sup>۲۲،۲۱</sup>

به‌دلیل نقش مهم میزان پروتئینوری روی پیشرفت بیماری‌های کلیوی توصیه کرده‌اند که دوز این دارو در موارد پروتئینوری شدید تا حد تحمل افزایش یابد، که این مشکل در سلول‌درمانی وجود ندارد.<sup>۳۳</sup> در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰، گزارش کردند که سلول‌های بنیادی مزانشیمی از آپوپتوز و آسیب پودوسیت ناشی از هیپرگلیسمی جلوگیری می‌کنند، علاوه بر این، در مدل‌های حیوانی نفروپاتی، سلول‌های بنیادی مزانشیمی گلو‌مرولواسکلروز و استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهند. در مطالعه دیگری در یک مدل حیوانی پرفشاری خون عروقی در کلیه، نشان دادند که سلول‌های بنیادی مزانشیمی آسیب میوکارد ناشی از پرفشاری خون عروقی را کاهش و آسیب کلیوی را کاهش داد.<sup>۳۴</sup>

در مطالعه‌ای، در یک مدل موش از آسیب ایسکمی یا آسیب خون‌رسانی کلیه، سلول‌های بنیادی مزانشیمی تجویز شده به اپیتلیوم

بنیادی مزانشیمی، همودینامیک و التهاب و کاهش عملکرد کلیه را باز یابی می‌کند.<sup>۳۵</sup> در این مطالعه نیز تزریق داخل کلیوی سلول انجام شد که باعث بهبود عملکرد کلیه در مقایسه با گروه مصرف‌کننده تلمیزارتان شد. بنابراین، استفاده از سلول‌های بنیادی مزانشیمی می‌تواند به‌عنوان یک کاندید بالقوه برای مطالعات بیشتر در بهبود عملکرد و کاهش آسیب کلیوی در بیماران CKD مفید باشد. البته جهت بررسی دقیق‌تر اثر سلول‌درمانی با استفاده از سلول‌های بنیادی اتولوگ، انجام تست‌های تکمیلی و آزمایشات دقیق‌تر و در دوره زمانی طولانی‌تر بایستی انجام گیرد تا اثربخشی و ایمنی این روش در بیماری‌های مزمن به‌طور دقیق بررسی شود.

سپاسگزاری: این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی تحت عنوان "استفاده از سلول‌های بنیادی مغز استخوان در درمان نارسایی مزمن کلیه" مصوب دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان در سال ۱۳۹۷ به شماره ۷/۹۷/۲۷۹۶ می‌باشد که با حمایت کلینیک دامپزشکی مهرگان کرمان اجرا شده است.

## References

- Aoki T, Ohashi N, Isobe S, Ishigaki S, Matsuyama T, Sato T, Fujikura T, Kato A, Miyajima H, Yasuda H. Chronotherapy with a renin-angiotensin system inhibitor ameliorates renal damage by suppressing intrarenal renin-angiotensin system activation. *Internal Medicine* 2020;59(18):2237-44.
- Kukida M, Mogi M, Kan-No H, Tsukuda K, Bai HY, Shan BS, Yamauchi T, Higaki A, Min LJ, Iwanami J, Okura T. AT2 receptor stimulation inhibits phosphate-induced vascular calcification. *Kidney international* 2019;95(1):138-48.
- Andrzejewska A, Lukomska B, Janowski M. Concise review: mesenchymal stem cells: from roots to boost. *Stem cells* 2019;37(7):855-64.
- Park SG, An JH, Li Q, Chae HK, Park SM, Lee JH, Ahn JO, Song WJ, Youn HY. Feline adipose tissue-derived mesenchymal stem cells pretreated with IFN- $\gamma$  enhance immunomodulatory effects through the PGE2 pathway. *Journal of Veterinary Science* 2021;22(2).
- Zhu W, Xu W, Jiang R, Qian H, Chen M, Hu J, Cao W, Han C, Chen Y. Mesenchymal stem cells derived from bone marrow favor tumor cell growth in vivo. *Experimental and molecular pathology* 2006;80(3):267-74.
- Voga M, Kovač V, Majdic G. Comparison of canine and feline adipose-derived mesenchymal stem cells/medicinal signaling cells with regard to cell surface marker expression, viability, proliferation, and differentiation potential. *Frontiers in veterinary science* 2021;7:610240.
- Li H, Tian Y, Xie L, Liu X, Huang Z, Su W. Mesenchymal stem cells in allergic diseases: Current status. *Allergology International* 2020;69(1):35-45.
- Borkowska P, Zielińska A, Paul-Samojedny M, Stojko R, Kowalski J. Evaluation of reference genes for quantitative real-time PCR in Wharton's Jelly-derived mesenchymal stem cells after lentiviral transduction and differentiation. *Molecular Biology Reports* 2020;47(2):1107-15.
- Stančin P, Song MS, Alajbeg I, Mitrečić D. Human oral mucosa stem cells increase survival of neurons affected by in vitro anoxia and improve recovery of mice affected by stroke through time-limited secretion of miR-514a-3p. *Cellular and Molecular Neurobiology* 2023;43(5):1975-88.
- Jeon EJ, Kim DY, Lee NH, Choi HE, Cheon HG. Telmisartan induces browning of fully differentiated white adipocytes via M2 macrophage polarization. *Scientific Reports* 2019;9(1):1236.
- Chauhan P, Sharma H, Kumar U, Mayachari A, Sangli G, Singh S. Protective effects of Glycyrrhiza glabra supplementation against methotrexate-induced hepato-renal damage in rats: An experimental approach. *Journal of Ethnopharmacology* 2020;263:113209.
- Huang A, Guo G, Yu Y, Yao L. The roles of collagen in chronic kidney disease and vascular calcification. *Journal of Molecular Medicine* 2021;99:75-92.
- New L, Goodridge D, Kappel J, Lawson J, Dobson R, Penz E, Groot G, Gjever j. Improving hospital safety for patients with chronic kidney disease: a mixed method study. *BMC Nephrology* 2021;22(1):1-2.
- Brown CA, Rissi DR, Dickerson VM, Davis AM, Brown SA, Schmiedt CW. Chronic renal changes after a single ischemic event in an experimental model of feline chronic kidney disease. *Veterinary pathology* 2019;56(4):536-43.
- Finch NC, Syme HM, Elliott J. Repeated measurements of renal function in evaluating its decline in cats. *Journal of feline medicine and surgery* 2018;20(12):1144-8.
- Aghajani Nargesi A, Lerman LO, Eirin A. Mesenchymal stem cell-derived extracellular vesicles for kidney repair: current status and looming challenges. *Stem cell research & therapy* 2017;8(1):1-2.
- van de Vyver M. Intrinsic mesenchymal stem cell dysfunction in diabetes mellitus: implications for autologous cell therapy. *Stem cells and development* 2017;26(14):1042-53.



18. Villanueva S, González F, Lorca E, Tapia A, López GV, Strodthoff R, et al. Adipose tissue-derived mesenchymal stromal cells for treating chronic kidney disease: a pilot study assessing safety and clinical feasibility. *Kidney Res Clin Pract* 2019;38(2):176.
19. Barakat B, Franke K, Schakaki S, Hijazi S, Hasselhof V, Vögeli TA. Stem cell applications in regenerative medicine for stress urinary incontinence: A review of effectiveness based on clinical trials. *Arab Journal of Urology* 2020;18(3):194-205.
20. Pang SH, D'Rozario J, Mendonca S, Bhuvan T, Payne NL, Zheng D, Hisana A, Wallis G, Barugahare A, Powell D, Rautela J. Mesenchymal stromal cell apoptosis is required for their therapeutic function. *Nature communications* 2021;12(1):6495.
21. Naji A, Eitoku M, Favier B, Deschaseaux F, Rouas-Freiss N, Suganuma N. Biological functions of mesenchymal stem cells and clinical implications. *Cellular and Molecular Life Sciences* 2019;1(76):3323-48.
22. Franceschini N, Verbruggen B, Tryfonidou MA, Kruijselbrink AB, Baelde H, de Visser KE, Szuhai K, Cleton-Jansen AM, Bovée JV. Transformed canine and murine mesenchymal stem cells as a model for sarcoma with complex genomics. *Cancers* 2021;13(5):1126.
23. Thomson AL, Berent AC, Weisse C, Langston CE. Intra-arterial renal infusion of autologous mesenchymal stem cells for treatment of chronic kidney disease in cats: phase I clinical trial. *Journal of veterinary internal medicine* 2019;33(3):1353-61.
24. Hu G, Xu L, Ma Y, Kohzuki M, Ito O. Chronic exercise provides renal-protective effects with upregulation of fatty acid oxidation in the kidney of high fructose-fed rats. *American Journal of Physiology-Renal Physiology* 2020;318(3):F826-34.
25. Fang Y, Tian X, Bai S, Fan J, Hou W, Tong H, Li D. Autologous transplantation of adipose-derived mesenchymal stem cells ameliorates streptozotocin-induced diabetic nephropathy in rats by inhibiting oxidative stress, pro-inflammatory cytokines and the p38 MAPK signaling pathway. *International Journal of Molecular Medicine* 2012;30(1):85-92.
26. Ezquer F, Giraud-Billoud M, Carpio D, Cabezas F, Conget P, Ezquer M. Proregenerative microenvironment triggered by donor mesenchymal stem cells preserves renal function and structure in mice with severe diabetes mellitus. *BioMed research international* 2015;2015.
27. Manning BD, Toker A. AKT/PKB signaling: navigating the network. *Cell* 2017;169(3):381-405.
28. Tian H, Lu Y, Shah SP, Wang Q, Hong S. 14 S, 21 R-dihydroxydocosahexaenoic Acid Treatment Enhances Mesenchymal Stem Cell Amelioration of Renal Ischemia/Reperfusion Injury. *Stem cells and development* 2012;21(7):1187-99.
29. Masoud MS, Anwar SS, Afzal MZ, Mehmood A, Khan SN, Riazuddin S. Pre-conditioned mesenchymal stem cells ameliorate renal ischemic injury in rats by augmented survival and engraftment. *Journal of translational medicine* 2012;10:1-1.
30. Altun B, Yilmaz R, Aki T, Akoglu H, Zeybek D, Piskinpas S, Uckan D, Purali N, Korkusuz P, Turgan C. Use of mesenchymal stem cells and darbepoetin improve ischemia-induced acute kidney injury outcomes. *American journal of nephrology* 2012;35(6):531-9.
31. Cai J, Yu X, Zhang B, Zhang H, Fang Y, Liu S, Liu T, Ding X. Atorvastatin improves survival of implanted stem cells in a rat model of renal ischemia-reperfusion injury. *American journal of nephrology* 2014;39(6):466-75.
32. Fernández A, Ordóñez R, Reiter RJ, González-Gallego J, Mauriz JL. Melatonin and endoplasmic reticulum stress: relation to autophagy and apoptosis. *Journal of pineal research* 2015;59(3):292-307.
33. Mias C, Trouche E, Seguelas MH, Calcagno F, Dignat-George F, Sabatier F, Piercecchi-Marti MD, Daniel L, Bianchi P, Calise D, Bourin P. Ex vivo pretreatment with melatonin improves survival, proangiogenic/mitogenic activity, and efficiency of mesenchymal stem cells injected into ischemic kidney. *Stem cells* 2008;26(7):1749-57.
34. Zhou T, Yuan Z, Weng J, Pei D, Du X, He C, Lai P. Challenges and advances in clinical applications of mesenchymal stromal cells. *Journal of hematology & oncology* 2021;14(1):1-24.
35. Sávio-Silva C, Soinski-Sousa PE, Simplício-Filho A, Bastos RM, Beyerstedt S, Rangel ÉB. Therapeutic potential of mesenchymal stem cells in a pre-clinical model of diabetic kidney disease and obesity. *International Journal of Molecular Sciences* 2021;22(4):1546.

## Effect of cell therapy compared to renin-angiotensin-aldosterone system blocking agent in chronic kidney disease in cat-animal model

Nahid Askari Ph.D.<sup>1\*</sup>  
Ali Shafieipour D.V.M.<sup>2</sup>  
Soudeh Khanamani Falahati-  
pour Ph.D.<sup>3</sup>

1- Department of Biotechnology,  
Institute of Sciences and High  
Technology and Environmental  
Sciences, Graduate University of  
Advanced Technology, Kerman,  
Iran.

2- Department of Veterinary  
Medicine, Faculty of Veterinary  
Medicine, Shahid Bahonar  
University of Kerman, Kerman,  
Iran.

3- Pistachio Safety Research  
Center, Rafsanjan University of  
Medical Sciences, Rafsanjan, Iran.

\* Corresponding author: Department of  
Biotechnology, Institute of Sciences and  
High Technology and Environmental  
Sciences, Graduate University of  
Advanced Technology, End of Haft  
Bagh-e-Alavi Highway, Kerman, Iran  
Tel: +98-34-33776611  
E-mail: n.askari@kgut.ac.ir

### Abstract

Received: 17 June, 2023 Revised: 22 June, 2023 Accepted: 16 July, 2023 Available online: 23 July, 2023

**Background:** Mesenchymal stem cell (MSC) transplantation is a promising therapy for kidney repair. This study compared the regenerative effects of feline MSCs (fMSCs) and telmisartan, a renin-angiotensin blocker (RAB), in a feline model of chronic kidney disease (CKD).


**Methods:** The fMSCs were obtained from 35 Persian cats with CKD and characterized by CD44, CD90, and CD105 markers by using real-time RT-qPCR. The cats were randomly allocated to four groups, fMSCs injection (first group), telmisartan administration (second group), no treatment (third group), and healthy controls (fourth group). The study was conducted in Kerman province from December 2018 to December 2019. The factors that may affect the risk of CKD, such as age, weight, and history of kidney diseases, were considered as independent variables. The presence or absence of CKD was the dependent variable. The cats were followed up for 120 days and evaluated by physical examination, glomerular filtration rate (GFR), blood urea nitrogen (BUN), serum creatinine (SCr), serum urea, alanine transaminase (ALT), urine specific gravity (SG), and kidney histopathology. Statistical analysis was performed using SPSS software (version 20) with two-way ANOVA and Tukey test.  $P < 0.05$  was considered statistically significant.

**Results:** The fMSCs group showed significant improvement in GFR, BUN, SCr, serum urea, SG, and kidney histology compared to the other groups. The fMSCs group also showed increased expression of CD44, CD90, and CD105 genes in the kidney tissue, indicating enhanced stem cell activity. The telmisartan group showed modest improvement in blood pressure and proteinuria, but no significant effect on other parameters. fMSCs transplantation can restore the kidney function and structure in cats with CKD by modulating the apoptosis and proliferation of renal cells. The telmisartan patients benefited from the anti-hypertensive and anti-proteinuric effects of the drug, but not from its anti-fibrotic or anti-inflammatory effects.

**Conclusion:** fMSCs transplantation was more effective than telmisartan in improving kidney function and reducing kidney damage in cats with CKD. fMSCs may be a potential therapeutic option for CKD patients.

**Keywords:** cat, kidney function, renin-angiotensin system, stem cells.

Copyright © 2023 Askari et al. Published by Tehran University of Medical Sciences.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Tehran Univ Med J (TUMJ) 2023 August;81(5):378-87

<http://tumj.tums.ac.ir>