



A New Technique of Percutaneous Needle Placement Using Computed Tomography for Injection and Aspiration of the Canine Lumbar Intervertebral Disc

Saeed Farzad-Mohajeri^{1,2}, **Mohammad Mehdi Dehghan**^{1,2}, Davod Sharifi¹, Mohammad Molazem¹, Roshanak Mokhtari¹, Sarang Sorouri¹, Abbas Tavasoli³

¹Department of Surgery and Radiology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

²Institute of Biomedical Research, University of Tehran, Tehran, Iran

³Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

 [10.22059/jvr.2019.262925.2831](https://doi.org/10.22059/jvr.2019.262925.2831)

J Vet Res, 74(4), 520-526

Abstract

BACKGROUND: Minimally invasive methods are desirable and important for therapeutic purposes and animal modeling of intervertebral disc disease. Most therapeutics and models are delivered and induced invasively rather than minimally invasively. Application of minimally invasive approaches in intervertebral disc, which is closed to critical structures, would be advantageous.

OBJECTIVES: The objective of this study is to introduce and evaluate a new approach for percutaneous needle placement using computed tomography for injection and aspiration of the canine lumbar intervertebral disc.

METHODS: This study was performed on eighteen healthy dogs in two different intervals. In each interval, three intervertebral discs were chosen and a spinal needle with suitable gauge were inserted at the center of the disc through the annulus fibrosus into the nucleus pulposus using computed tomography.

RESULTS: Accuracy and agility of needle placement showed better results with progression of study. The number of needle placement in proper position was one time minimally and three times maximally. Only in 10.2% of cases was minor hemorrhage observed in needle puncture site. The average time for placement of every needle was 141 s. No unexpected complication was observed.

CONCLUSIONS: Needle placement into the canine intervertebral disc could be applied in a simple and fast procedure for therapeutic and research purposes without any complication.

Keywords: Intervertebral disc, Minimally invasive, Intradiscal needle placement, Computed tomography, Dog

Copyright © 2019. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: mdehghan@ut.ac.ir Tel/Fax: 021-66577491, 66913104

How to cite this article:

Farzad-Mohajeri, S., Dehghan, M.M., Sharifi, D., Molazem, M., Mokhtari, R., Sorouri, S., Tavasoli, A. (2019). A New Technique of Percutaneous Needle Placement Using Computed Tomography for Injection and Aspiration of the Canine Lumbar Intervertebral Disc. *J Vet Res, 74(4), 520-526.* [https://10.22059/jvr.2019.262925.2831](https://doi.org/10.22059/jvr.2019.262925.2831)

Figure Legends and Table Captions

Figure 1. Accurate estimation of entrance point and angle of needle.

Figure 2. Spinal needle is placed in estimated position.

Figure 3. Confirmation of correct needle placement in the center of the disc.

Graph 1. Needle placement in center of the disc based on project progression.

Graph 2. Number of needle placements with minor revisions for placement into the center of the disc.

Graph 3. Number of cases (%) with minor bleeding from injection site.



معرفی روش جدید برای کارگذاری سوزن هدایت شده از طریق پوست جهت تزریق و آسپیراسیون با استفاده از توموگرافی کامپیوتری در دیسک بین مهره‌ای کمری سگ

سعید فرزاد مهاجری^{۱،۲}، محمدمهدی دهقان^{۱،۲}، داود شریفی^۱، محمد ملازم^۱،
روشنک مختاری^۱، سارنگ سروری^۱، عباس توسلی^۳

^۱گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۲پژوهشکده تحقیقات زیست پزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران
^۳گروه پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

doi: [10.22059/jvr.2019.262925.2831](https://doi.org/10.22059/jvr.2019.262925.2831)

تاریخ دریافت: ۱۵ مرداد ماه ۱۳۹۸ - تاریخ پذیرش: ۱۷ مهر ماه ۱۳۹۸ - تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ آذرماه ۱۳۹۸

چکیده

زمینه مطالعه: روش‌های کم‌تهاجمی برای کاربردهای درمانی و مدل‌سازی در دیسک بین‌مهره‌ای از اهمیت بالایی برخوردار هستند. بیشتر روش‌های درمانی و مدل‌سازی‌ها دارای رهیافت تهاجمی هستند. استفاده از رهیافت‌های کم‌تهاجمی در ارتباط با دیسک بین‌مهره‌ای که در مجاورت ساختارهای حساس قرار گرفته است، مزایای بسیاری به دنبال دارد.

هدف: هدف این مطالعه، معرفی و بررسی روشی برای کارگذاری سوزن از طریق پوست جهت تزریق و آسپیراسیون با استفاده از توموگرافی کامپیوتری در دیسک بین مهره‌ای کمری سگ است.

روش کار: در این مطالعه ۱۸ قلاده سگ سالم انتخاب شده و هر سگ در دو بازه زمانی مجزا مورد آزمون قرار گرفت. در هر بازه زمانی، سه دیسک بین مهره‌ای انتخاب شده و بر اساس رهیافت تعیین شده با سوزن اسپینال گیج مناسب و به کمک دستگاه سی‌تی‌اسکن آسپیراسیون یا تزریق در مرکز دیسک و در داخل بافت نوکلئوس پالپوسوس انجام می‌گرفت.

نتایج: دقت و سرعت کارگذاری سوزن به مرور زمان و با تکرار پروسه نتایج بهتری را نشان داد. تعداد دفعات کارگذاری سوزن برای قرارگیری در محل درست حداقل یک بار و حداکثر سه بار بود. تنها در ۱۰/۲ درصد موارد، خونریزی خفیف از محل خروج سوزن وجود داشت. مدت زمان کارگذاری سوزن در داخل دیسک به طور میانگین برای هر دیسک ۱۴۱ ثانیه محاسبه گردید. هیچ عوارض ناخواسته‌ای مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری نهایی: استفاده از سی تی اسکن برای کارگذاری سوزن در داخل دیسک بین‌مهره‌ای کمری در سگ در زمان نسبتاً کوتاه بدون بروز عوارض خاص و قابل توجه برای کاربردهای پژوهشی و درمانی امکان‌پذیر است.

کلمات کلیدی: دیسک بین‌مهره‌ای، کم‌تهاجمی، کارگذاری سوزن در داخل دیسک، سی‌تی‌اسکن، سگ

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

نویسنده مسئول: محمدمهدی دهقان، گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

پست الکترونیکی: mdehghan@ut.ac.ir

مقدمه

مشکل است (۱۲). در حقیقت، با توجه به تبعات هنگفت اقتصادی-اجتماعی این بیماری، درک روند آن و تلاش برای دستیابی به بهترین شیوه‌های پیشگیری و درمانی از اهمیت زیادی برخوردار بوده تا از وقوع و اثرات این بیماری جلوگیری شود (۱،۳).

بیماری‌های دیسک بین مهره‌ای یکی از عوامل اصلی و شایع درد ناحیه کمری، خصوصاً در سنین میان‌سالی است که باعث به چالش کشیده شدن دانشمندان و کلینیسیست‌ها در زمینه پزشکی و دامپزشکی شده است (۱،۱۶،۱۷). سالانه در حدود ۱۰۰ میلیون مورد بیمار با شکایت درد در ناحیه کمر در ایالات متحده مورد درمان قرار می‌گیرند که در بسیاری از آن‌ها بیماری دیسک بین‌مهره‌ای عامل اصلی بروز

تکنولوژی توموگرافی کامپیوتری (سی‌تی‌اسکن) در دیسک بین‌مهره‌ای کم‌ری در سگ می‌باشد.

مواد و روش کار

این مطالعه بر روی ۱۸ قلاده سگ نر سالم با نژاد مخلوط صورت گرفت. قبل از شروع مطالعه، حیوانات مورد نظر از نظر سلامت کلی و ستون فقرات بررسی شدند و حیوانات دچار مشکل یا بیماری با حیوان سالم جایگزین شدند. سن سگ‌ها در محدوده ۱/۵ تا ۴ سال و وزن آن‌ها ۱۸ تا ۳۱ کیلوگرم بود.

سگ‌ها از ۱۰ ساعت قبل از انجام پروسه بیهوشی ناشتا بوده اما تا یک ساعت قبل از آن، آب در اختیار آن‌ها قرار داشت. بیهوشی به وسیله کتامین به میزان ۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Ketamine 10%) و دیازپام ۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Zepadic, Alfasan, Holland) و دیازپام ۰/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Caspian Tamin Pharmaceutical, Iran) با تزریق وریدی القاء شده و پس از کارگذاری لوله داخل‌نایی، به وسیله دستگاه بیهوشی استنشاقی و گاز ایزوفلوران ادامه یافت. سپس به وسیله ماشین موزن موهای ناحیه کم‌ری (از پشت دنده سیزدهم تا قدام استخوان ایلئوم) زدوده شده و به روش آسپتیک آماده شد.

تمامی ۱۸ سگ در دو بازه ی زمانی و به دو صورت مورد مطالعه قرار گرفتند:

- ۱- حالت گماری جانبی به پهلو راست جهت کارگذاری سوزن اسپینال گیج شماره ۱۸ و اسپیراسیون نوکلئوس پالپوسوس
 - ۲- حالت گماری جانبی به پهلو چپ جهت کارگذاری سوزن اسپینال گیج شماره ۲۳ و تزریق در داخل نوکلئوس پالپوسوس
- در هر سگ و در هر بازه زمانی سه فضای بین‌مهره‌ای مورد آزمایش قرار گرفتند. تمامی تصاویر سی‌تی‌اسکن اخذ شده توسط یک دستگاه سی‌تی‌اسکن هلیکال دو اسلایس (Somatom spirit CT scanner, Siemens AG, Berlin, Germany) اخذ شد.

پس از حالت‌گماری و آماده‌سازی موضع، ابتدا توسط دستگاه سی‌تی‌اسکن یک تصویر نمای scout (توپوگرافی) از ناحیه مهره‌های کم‌ری و خلفی سینه‌ای جهت ارزیابی اولیه محدوده مورد نظر اخذ شد. سپس با تعیین دقیق فضای بین‌مهره‌ای مورد نظر از روی تصاویر توپوگرافی اخذ شده، اقدام به تصویربرداری مقطعی عرضی گردید و بعد از ارزیابی آن‌ها، بهترین مقطع جهت تعیین محل و زاویه ورود سوزن، به طور دقیق مشخص می‌گردید (تصویر ۱). همزمان اشعه لیزر دستگاه، بر روی ناحیه آناتومیکی که تصویر آن مورد ارزیابی قرار گرفته بود، نمایش داده شده و علامت‌گذاری انجام می‌شد. با استفاده

اگرچه در گذشته مطالعات وسیعی انجام شده است اما اتیولوژی و پاتوژنز بیماری دیسک بین‌مهره‌ای به طور کامل شناخته نشده است (۱،۱۷). به منظور مطالعه مکانیسم‌های دخیل در این بیماری و واکنش‌های بیولوژیک و سیستمیک مرتبط با بیماری مدل‌های حیوانی تجربی مختلفی ایجاد شده‌اند تا تغییرات پاتوفیزیولوژیک موجود در بیماران مبتلا به این بیماری شبیه‌سازی شود. تاکنون برای ایجاد بیماری دیسک بین‌مهره‌ای مدل‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی از جمله تخریب به وسیله آسیب جراحی، آسیب به وسیله برش و برداشت و استفاده از آنزیم‌های شیمیایی معرفی شده است (۱۰،۱۷). آسیب جراحی یکی از پر استفاده‌ترین مدل‌ها جهت ایجاد ارزیابی پایدار در طول وجود عارضه است چرا که دژنراسیون ملایم‌تر آن نسبت به باقی روش‌ها، برای ارزیابی درمان‌های بیولوژیک مناسب‌تر است. برخلاف استفاده گسترده و ارتباط بالینی در زمینه تحقیقات دیسک بین‌مهره‌ای، نگرانی اصلی در مورد مدل آسیب جراحی، اختلالات عملکرد فیزیولوژیک در بافت‌های اطراف دیسک است (۱۷). در مطالعات گذشته، انواع متفاوتی از آسیب جراحی معرفی شده که در اکثر آن‌ها استفاده از روش جراحی از رهیافت پشتی - جانبی برای دستیابی به مهره‌های مورد نظر استفاده شده است (۵،۷،۱۱،۱۷). بدین منظور، برای کاهش دادن تاثیرات نامطلوب آسیب جراحی، استفاده از یک روش کم‌تهاجمی با کمک سی‌تی‌اسکن می‌تواند به عنوان یک گزینه جدید برای مطالعه دژنراسیون دیسک بین‌مهره‌ای مد نظر قرار بگیرد.

از سوی دیگر، امروزه روش‌های کم‌تهاجمی برای القاء عوامل دارویی تزریقی جهت درمان بیماری دیسک بین‌مهره‌ای مورد مطالعه و تحقیق می‌باشند. موارد دارویی قابل تزریق از قبیل کیموپاین، ازون و اتانول سابقاً جهت درمان بیماری دیسک بین‌مهره‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۶،۸). کارگذاری سوزن به طور دقیق جهت اثر بهینه مواد درمانی و کاهش خطرات اثرات جانبی بالقوه از جمله نشت ساختارهای بیرونی به داخل فضای دیسک لازم و ضروری است (۸).

به علاوه رهیافت‌های هدایت شده از طریق پوست به کمک تصویربرداری تشخیصی برای موارد دیگری همچون اخذ نمونه‌های بافتی جهت کشت میکروبیولوژی، سیتولوژی و هیستوپاتولوژی نیز توسط محققین ارائه شده است (۲،۴،۸).

هدف از این مطالعه معرفی یک روش جدید و کم‌تهاجمی، جهت کارگذاری سوزن به طور هدایت شده از طریق پوست جهت کاربرد در ایجاد ضایعه با روش اسپیراسیون، نمونه‌گیری و یا درمان سگ‌های مبتلا به بیماری‌های دیسک بین‌مهره‌ای با استفاده از

نتایج

در مجموع ۵۴ دیسک بین‌مهراهی از طریق رهیافت معرفی شده، مورد آزمون قرار گرفتند و در نتیجه ۱۰۸ بار کارگذاری سوزن در مرکز دیسک بین‌مهراهی توسط یک اپراتور (یکی از نویسندگان) انجام پذیرفت. دقت و سرعت کارگذاری سوزن به مرور زمان و با تکرار پروسه نتایج بهتری را نشان داد (نمودار ۱). به علاوه، میزان رضایت فرد اپراتور از نحوه انجام کار به طور موفق، با افزایش تجربه رابطه مستقیم داشت. تعداد دفعات کارگذاری سوزن برای قرارگیری در محل درست حداقل یک بار و حداکثر سه بار و میانه آن ۱ بود. همچنین داده‌ها تعداد دفعات تغییر جزئی در عمق سوزن و تنظیمات آن برای قرارگیری در مرکز فضای بین‌مهراهی در حالت حداقل صفر و در حالت حداکثر سه بار، و با میانه ۱ را نشان دادند (نمودار ۲). حین کارگذاری سوزن در ۸۹/۸ درصد موارد خونریزی مشاهده نشد و در ۱۰/۲ درصد موارد خونریزی خفیف از محل خروج سوزن وجود داشت (نمودار ۳).

میانگین و انحراف از معیار وزن بافت نوکلئوس پالپوسوس آسپیره شده از هر دیسک $21/42 \pm 7/70$ میلی‌گرم محاسبه گردید. همچنین محدوده حجم تزریق شده ما بین ۰/۱ تا ۰/۳۵ میلی‌لیتر و با میانه ۰/۲ میلی‌لیتر بود.

مدت زمان کارگذاری سوزن در داخل دیسک به طور میانگین برای هر دیسک ۱۴۱ ثانیه محاسبه گردید که میانه آن ۱۱۰ ثانیه بوده است.

وضعیت نورولوژیک و وزن‌گیری حیوان بر روی اندام‌های خلفی در روزهای اول، سوم و هفتم بعد از تزریق هیچ عارضه‌ای را نشان نمی‌داد. همچنین هیچ نشانه‌ای از عفونت، تورم و سایر عوارض ناخواسته در محل تزریق مشاهده نشد.



تصویر ۲. کارگذاری سوزن اسپینال در محل مشخص شده.

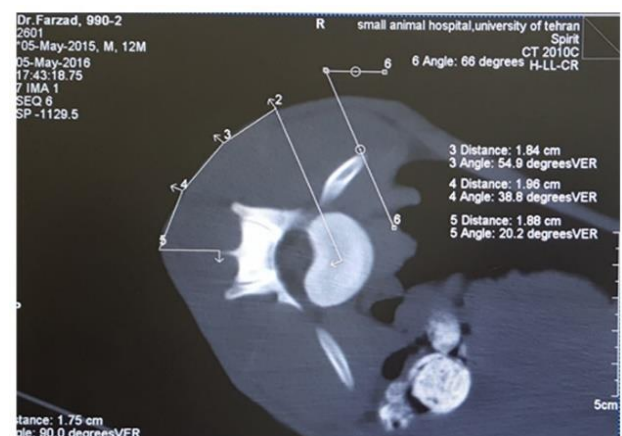
از زوایا و اندازه‌های استخراج شده از تصویر، محل ورود و زاویه ورود سوزن بر روی بدن حیوان مشخص شده و بر طبق آن توسط فرد اپراتور وارد موضع می‌گردید (تصویر ۲). پس از ورود سوزن به بافت‌های نرم و قبل از ورود آن به داخل نوکلئوس پالپوسوس، مجدداً از مقطع مورد نظر یک تصویر عرضی تهیه شده تا درستی محل ورود و زاویه سوزن تایید گردد.

پس از آن، درستی کارگذاری سوزن ابتدا از طریق حس ایجاد شده در هنگام جلو راندن سوزن حین عبور از آنولوس فایبروزوس و تغییر ناگهانی مقاومت در هنگام ورود به نوکلئوس پالپوسوس مورد ارزیابی قرار گرفته و نهایتاً با اخذ تصویر عرضی از ناحیه مورد نظر تایید می‌شد (تصویر ۳).

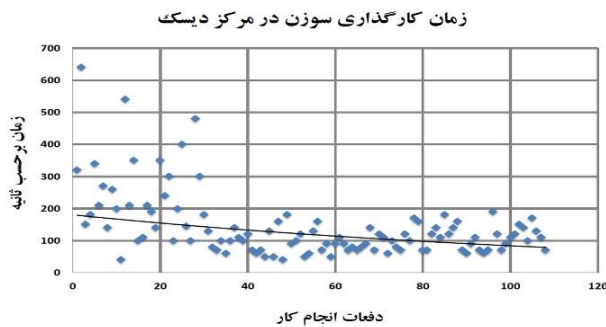
سپس بر اساس گروه‌بندی ذکر شده آسپیراسیون یا تزریق در داخل بافت نوکلئوس پالپوسوس انجام می‌گرفت.

در مورد هر دیسک بین‌مهراهی انتخاب شده داده‌های زیر ثبت می‌شدند:

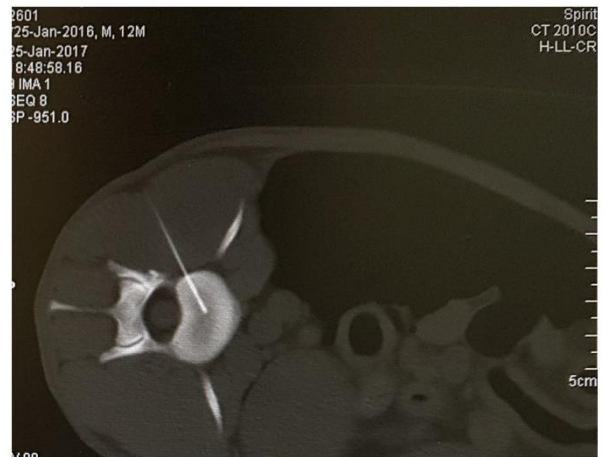
- تعداد دفعات کارگذاری سوزن برای قرارگیری در محل درست
 - تعداد دفعات تغییر جزئی در عمق سوزن برای قرارگیری در مرکز فضای بین‌مهراهی
 - وجود یا عدم وجود خونریزی
 - وزن بافت آسپیره شده از داخل نوکلئوس پالپوسوس
 - حجم مایع تزریق شده به داخل دیسک
 - مدت زمان کارگذاری سوزن (از زمان ورود سوزن به داخل پوست تا تأیید قرارگیری در مرکز دیسک توسط تصویر سی‌تی‌اسکن)
- همچنین وضعیت نورولوژیک و وزن‌گیری حیوان بر روی اندام‌های خلفی در روزهای اول، سوم و هفتم بعد از تزریق بررسی گردید.



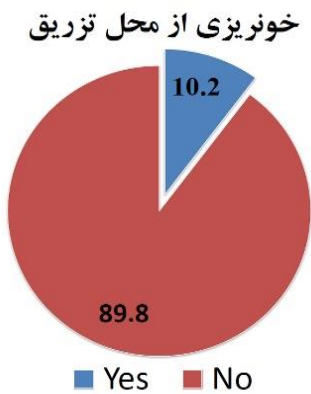
تصویر ۱. تعیین محل و زاویه ورود سوزن، به طور دقیق.



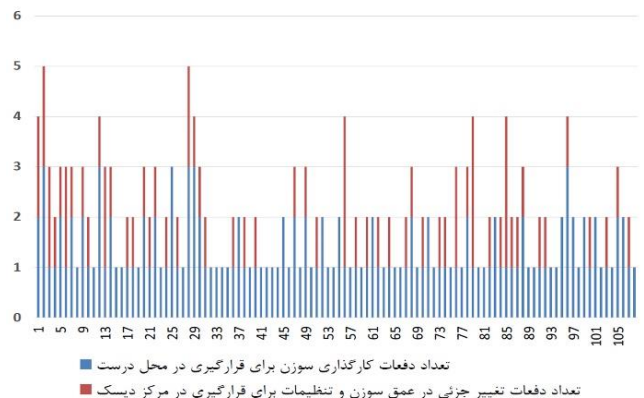
نمودار ۱. مدت زمان کارگذاری سوزن در مرکز دیسک با توجه به پیشرفت کار.



تصویر ۳. تأیید درستی کارگذاری سوزن در مرکز دیسک.



نمودار ۳. درصد موارد خونریزی از محل تزریق.



نمودار ۲. تعداد دفعات کارگذاری سوزن همراه با تغییرات جزئی برای کارگذاری آن در مرکز دیسک.

بحث

مراحل اولیه بیماری ضروری است تا از این طریق از القاء آسیب بیشتر به بافت‌های اطراف دیسک و خود آن به واسطه جراحی و روش‌های تهاجمی جلوگیری شود. بسیاری از بیماران مبتلا به اختلال دیسک بین‌مهره‌ای به طور بالقوه کاندید درمان‌های بازساختی با رهیافت کم‌تهاجمی هستند (۱۲، ۱۴). Hiyama و همکاران در سال ۲۰۰۸ با تزریق سلول‌های بنیادی مزانشیمی به داخل دیسک مانع از پیشروی دژنراسیون دیسک بین‌مهره‌ای در سگ شدند. آن‌ها زمان تزریق برای فاکتورهای بیولوژیک را بسیار مهم ارزیابی کردند (۷).

استفاده از روش‌های کم‌تهاجمی در اسپیراسیون دیسک بین‌مهره‌ای در مقایسه با روش‌های جراحی باعث کاهش آسیب در بافت‌های اطراف از جمله عضلات و لیگامنت‌های کنار مهره‌ای، کاهش خونریزی و همچنین کاهش وقوع آسیب‌های ناخواسته به

این مطالعه به بررسی ابعاد مختلف یک روش جدید برای کارگذاری سوزن هدایت شده از طریق پوست با استفاده از توموگرافی کامپیوتری در دیسک بین‌مهره‌ای کم‌ریسک به منظور استفاده از آن جهت اسپیراسیون برای استفاده در مدل‌های تجربی ایجاد ضایعات دیسک بین‌مهره‌ای و همچنین تزریق مواد دارویی و بیولوژیک برای درمان سگ‌های مبتلا به بیماری دیسک بین‌مهره‌ای می‌پردازد.

زمانی که روندهای دژنراتیو در دیسک بین‌مهره‌ای آغاز می‌شوند، محدود کردن یا متوقف کردن آن با تکنیک‌های جاری و دردسترس امکان‌پذیر نیست. اما درمان‌هایی نظیر انتقال مستقیم فاکتورهای رشد اختصاصی، پارتیکل‌های آدنوویروسی و سلول‌های اتولوگ به داخل دیسک می‌توانند باعث توقف و حتی بهبودی در روند دژنراسیون شوند (۸، ۱۷). بنابراین معرفی و استفاده از روش‌های کم‌تهاجمی برای کاربرد گزینه‌های درمانی جدید در

از ده سگ مبتلا به دیسکواسپوندیلیت با کارگذاری سوزن هدایت شده از طریق پوست به کمک فلوروسکوپی نمونه جهت کشت میکروبی تهیه کردند (۴). همچنین Chew و Kline در سال ۲۰۰۱ از این روش به کمک سی‌تی‌اسکن در تشخیص بیماری التهاب دیسک عفونی در ۹۲ فرد بیمار استفاده کردند. اگرچه آن‌ها استفاده از این روش را محدود به بیماران مشکوک به عفونت باکتریایی کرده و استفاده از آن را در بیماران با عفونت قارچی دارای ارزش تشخیصی بالایی نمی‌دانند (۲).

در این مطالعه نشان داده شد که استفاده از سی‌تی‌اسکن جهت حصول اهداف تعیین شده به طور دقیق (میانگین ۱/۳ بار کارگذاری سوزن و ۰/۶۳ اصلاح جزئی در وضعیت قرار گیری آن) و در زمان نسبتاً کوتاه (میانگین ۱۴۱ ثانیه) بدون بروز عوارض خاص و قابل توجه برای کاربردهای پژوهشی و درمانی امکان‌پذیر است.

سیاسگزاری

نویسندگان بدینوسیله مراتب قدردانی خود را از کارشناس محترم بخش رادیولوژی بیمارستان دام‌های کوچک دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، جناب آقای مهندس داود فسخودی به عمل می‌آورند.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

References

- Cheung, K. M. C., Samartzis, D., Karppinen, J., Mok, F. P. S., Ho, D. W. H., Fong, D. Y. T., Luk, K. D. K. (2010). Intervertebral disc degeneration: New insights based on "skipped" level disc pathology. *Arthritis Rheum*, 62, 2392–2400. <https://doi.org/10.1002/art.27523> PMID: 20506340
- Chew, F. S., Kline, M. J. (2001). Diagnostic yield of CT-guided percutaneous aspiration procedures in suspected spontaneous infectious diskitis. *Radiology*, 218, 211–214. <https://doi.org/10.1148/radiology.218.1.r01ja06211> PMID: 11152804
- Daly, C., Ghosh, P., Jenkin, G., Oehme, D., Goldschlager, T. (2016). A Review of Animal Models of Intervertebral Disc Degeneration: Pathophysiology, Regeneration, and Translation to the Clinic. *Biomed Res Int*, 2016, 1–14. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/5952165> PMID: 27314030
- Fischer, A., Mahaffey, M. B., Oliver, J. E. (1997). Fluoroscopically guided percutaneous disk aspiration in 10 dogs with diskospondylitis. *J Vet Intern Med*, 11, 284–287. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.1997.tb00466.x> PMID: 9348495
- Ganey, T., Libera, J., Moos, V., Alasevic, O., Fritsch, K. G., Meisel, H. J., Hutton, W. C. (2003). Disc Chondrocyte Transplantation in a Canine Model: A Treatment for Degenerated or Damaged Intervertebral Disc. *Spine (Phila Pa 1976)*, 28, 2609–2620. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000097891.63063.78> PMID: 14652478
- Han, H.-J., Kim, J.-Y., Jang, H.-Y., Lee, B., Yoon, J.-H., Jang, S.-K., Choi, S. H., Jeong, S.-W. (2007). Fluoroscopic-guided intradiscal oxygen-ozone injection therapy for thoracolumbar intervertebral disc herniations in dogs. *In Vivo*, 21, 609–13. PMID: 17708354
- Hiyama, A., Mochida, J., Iwashina, T., Omi, H., Watanabe, T., Serigano, K., Tamura, F., Sakai, D. (2008). Transplantation of mesenchymal stem cells in a canine disc degeneration model. *J Orthop Res*, 26, 589–600. <https://doi.org/10.1002/jor.20584> PMID: 18203202
- Kelekis, A. D., Filippidis, D. K., Martin, J. B., Brontzos, E. (2010). Standards of practice: Quality assurance guidelines for percutaneous treatments of intervertebral discs. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 33, 909–913. <https://doi.org/10.1007/s00270-010-9952-5> PMID: 20676639
- Kim, C. W. (2010). Scientific basis of minimally invasive spine surgery: Prevention of multifidus muscle injury during posterior lumbar surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*, 35, 281–286.

- <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182022d32> PMID: 21160391
10. Kim, K. S., Yoon, S. T., Li, J., Park, J. S., Hutton, W. C. (2005). Disc degeneration in the rabbit: a biochemical and radiological comparison between four disc injury models. *Spine (Phila Pa 1976)*, 30, 33–37. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000149191.02304.9b> PMID: 15626978
11. Masuda, K., Aota, Y., Muehleman, C., Imai, Y., Okuma, M., Thonar, E. J., Andersson, G. B., An, H. S. (2005). A Novel Rabbit Model of Mild, Reproducible Disc Degeneration by an Anulus Needle Puncture: Correlation Between the Degree of Disc Injury and Radiological and Histological Appearances of Disc Degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*, 30, 5–14. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000148152.04401.20> PMID: 15626974
12. Masuda, K., Lotz, J. C. (2010). New Challenges for Intervertebral Disc Treatment Using Regenerative Medicine. *Tissue Eng Part B Rev*, 16, 147–158. <https://doi.org/10.1089/ten.TEB.2009.0451> PMID: 19903086
13. Oppenheimer, J. H., DeCastro, I., McDonnell, D. E. (2009). Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. *Neurosurg Focus*, 27, E9. <https://doi.org/10.3171/2009.7.FOCUS09121> PMID: 19722824
14. Serigano, K., Sakai, D., Hiyama, A., Tamura, F., Tanaka, M., Mochida, J. (2010). Effect of cell number on mesenchymal stem cell transplantation in a canine disc degeneration model. *J Orthop Res*, 28, 1267–1275. <https://doi.org/10.1002/jor.21147> PMID: 20839317
15. Shi, Z.-Y., Gu, T., Zhang, C., Wang, D.-L., He, Q., Ruan, D.-K. (2016). Computed tomography-guided nucleus pulposus biopsy for canine intervertebral disc degeneration preparation: a radiology and histology study. *Spine J*, 16, 252–258. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.11.061> PMID: 24845965
16. Teraguchi, M., Yoshimura, N., Hashizume, H., Muraki, S., Yamada, H., Minamide, A., Oka, H., Ishimoto, Y., Nagata, K., Kagotani, R., Takiguchi, N., Akune, T., Kawaguchi, H., Nakamura, K., Yoshida, M. (2014). Prevalence and distribution of intervertebral disc degeneration over the entire spine in a population-based cohort: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthr Cartil*, 22, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2013.10.019> PMID: 27698619
17. Zhou, R. P., Zhang, Z. M., Wang, L., Huang, M. J., Zheng, X. C., Cui, Y. N., Yin, M., Wang, X. K., Yao, N. Z., Chen, T. Y., Chen, J., Bai, X. C., Jin, D. Di. (2013). Establishing a disc degeneration model using computed tomography-guided percutaneous puncture technique in the rabbit. *J Surg Res*, 181, e65–e74. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.07.027> PMID: 22878152