التیام، دوره ۸، شماره ۱: ۲۶-۱۸، ۱۴۰۰ Eltiam, 8 (1): 18-26, 2021

التیام

eltiam.ivsa@gmail.com

معرفی رهیافت ساده و کم تهاجمی برای دسترسی به فضای اپیدورال در مدل حیوانی گربه

اسما اسدیان[1*]، محمدمهدی دهقان[2]، مجید مسعودی فرد[3]، آتنا سلیمی[4]

۱ . متخصص جراحی و بیهوشی دامپزشکی، گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

۲ . متخصص جراحی و بیهوشی دامپزشکی، استاد، گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران/ پژوهشکده زیست پزشکی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

۳ . متخصص جراحی و بیهوشی دامپزشکی، دانشیار، گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

۴. بورد تخصصی جراحی و بیهوشی دامپزشکی، گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

[*]a.asadian@ut.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعه: اگرچه مطالعات بسیاری برای بهبود راهکارهای مداخله در آسیب‌های نخاعی صورت گرفته است، همچنان درمان قطعی در دسترس نمی‌باشد. ایجاد یک مدل حیوانی برای دستیابی به درمان کارآمد ضروری می‌باشد.

هدف: مطالعه حاضر برای معرفی یک رهیافت ساده و کم تهاجم جهت دسترسی به فضای اپیدورال در مدل حیوانی گربه‌صورت گرفته است.

روش کار: در این مطالعه برای ورود به کانال نخاعی با استفاده از کانولای استیل زنگ نزن از رهیافت پوست در ناحیه کمری-خاجی استفاده‌شده است. سی‌تی‌اسکن، ام‌آرآی، تراکتوگرافی و ارزیابی رفتاری برای تأیید قرارگیری کانولا در محل صحیح و عدم ایجاد آسیب عصبی استفاده شد.

نتایج: نتایج ام‌آرآی تغییر معنی‌داری درشدت سیگنال ساختارهای عصبی در ناحیه کمری-خاجی متعاقب ورود سوزن نشان نداد. نتایج حاصل از تراکتوگرافی و ارزیابی رفتاری نیز تأییدکننده این مسئله بودند.

نتیجه‌گیری نهایی: بر اساس نتایج مطالعه حاضر، رهیافت پوستی در ناحیه کمری-خاجی یک رهیافت ساده و کاربردی است که عوارضی به همراه ندارد و ایجاد آرتیفکت در نتایج ام‌آرآی نمی‌نماید.

کلمات کلیدی: آسیب طناب نخاعی، رهیافت پوست، اتصال کمری-خاجی، گربه، کم تهاجم

مقدمه

آسیب‌های طناب نخاعی ازجمله جراحت‌های جدی در سیستم اعصاب مرکزی می‌باشند که می‌توانند منجر به ناتوانی‌های قابل‌ملاحظه عصبی و کاهش در کیفیت زندگی با از دست دادن عملکرد حسی و حرکتی شوند (۱). تلاش برای

افزایش دانسته‌ها در رابطه با مکانیسم‌های پاتولوژی آسیب‌های نخاعی و کارایی راهکارهای درمانی، وابسته به استفاده از مدل‌های حیوانی می‌باشد. انتخاب مدل حیوانی مناسب در تأیید یافته‌های حاصل از پژوهش‌ها بسیار حیاتی است(۲) . از سال ۱۹۱۱ تاکنون که اولین مدل آسیب نخاعی توسط آلن معرفی شد، پیشرفت‌های شایانی در این زمینه به وجود آمده است(۳). اغلب اطلاعات در دسترس مرتبط با پاتوفیزیولوژی آسیب‌های نخاعی و مداخلات مرتبط با آن، یافته‌های حاصل از مطالعات حیوانی می‌باشد. بااین‌حال ذات هتروژن آسیب‌های نخاعی به‌صورت یک سد در مقابل تبدیل این یافته‌ها متناسب با شرایط این آسیب‌ها در انسان عمل می‌کند (۴).

اغلب مدل‌های حیوانی پیشین آسیب نخاعی نیازمند به لمینکتومی و در معرض قرار دادن طناب نخاعی بودند تا بتوان به‌صورت مستقیم ایجاد آسیب کرد و این در حالی بود که آرتیفکت ناشی از جراحی و نتیجه حاصل از خود جراحت هم‌زمان در تصویربرداری قابل‌مشاهده بود (۵). لمینکتومی خود به‌عنوان یک روش درمانی برای کاهش آسیب ثانویه در آسیب‌های نخاعی مورداستفاده قرار می‌گیرد. بافت نرم آسیب‌دیده طی فرایند لمینکتومی، محیط رژنراتیو اطراف که حیاتی برای رژنره شدن طناب نخاعی می‌باشد را تغییر داده و منجر به ایجاد اثرات غیرقابل‌انکار در نتایج تحقیقات می‌شود. لمینوتومی نیز از دیگر رهیافت‌های مورداستفاده برای دسترسی به کانال نخاعی بوده است که وسعت کمتری نسبت به لمینکتومی دارا می‌باشد. این روش نیز ایجاد آسیب به مهره کرده و مداخله جراحی در آن ضروری می‌باشد. بنابراین این رهیافت نیز معایبی همچون آسیب به بافت نرم و ریسک بروز عفونت را با خود به همراه دارد(۶).

در مطالعه حاضر رهیافت مناسب برای دسترسی به فضای اپیدورال در مدل حیوانی گربه معرفی می‌گردد. با توجه به بسته بودن رهیافت و دسترسی از طریق پوست در ناحیه کمری-خاجی دارای ریسک پایین عفونت بوده و به دلیل عدم حضور عروق و اعصاب اصلی در این ناحیه، امکان آسیب به حداقل می‌رسد. بهبود بخشیدن به نتایج حاصل از تصویربرداری MRI نیز از دیگر مزایای این رهیافت می‌باشد. علاوه براین برخلاف روش‌های پیشین ساده بوده و بدون نیاز به امکاناتی همچون فلوروسکوپی قابل انجام می‌باشد.

مواد و روش کار

مدل حیوانی

تمامی مراحل پروژه تحقیقاتی حاضر بر مبنای اصول علمی و اخلاقی تأییدشده در کتاب راهنمای نگهداری و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی (۱) و تأیید کمیته اخلاق کار با حیوانات (کد: ۳۲۸۸۸۶.۷۶) صورت گرفته است.

به‌منظور معرفی رهیافت ساده و بدون عوارض در این مطالعه از ۱۵ قلاده گربه نر بالغ در محدوده وزنی ۳ تا ۵ کیلوگرم و نژاد گربه اهلی مو کوتاه استفاده شد. تمام حیوانات موردبررسی به مدت یک هفته پیش از شروع مطالعه قرنطینه شدند و مواردی همچون درمان ضدانگل، بررسی فاکتورهای خونی جهت سلامت کلی، تصویربرداری رادیولوژی از ستون مهره‌ها و معاینه عصبی بر روی آن‌ها صورت گرفت.

نحوه کارگذاری کانولا

برای ورود با حداقل تهاجم به کانال نخاعی و دسترسی به فضای اپیدورال، ناحیه بین آخرین مهره کمری و مهره خاجی انتخاب شد. پیش بیهوشی با تزریق عضلانی ترکیب کتامین ۱۰درصد (میلی‌گرم/کیلوگرم ۵) و مدتومیدین (۱۰تا ۴۰ میکروگرم/کیلوگرم) صورت گرفت. همچنین تزریق عضلانی ترامادول (میلی‌گرم/کیلوگرم ۲) به‌منظور ایجاد بی‌دردی صورت گرفت. محدوده ناحیه کمری-خاجی برای ورود کانولا از موها زدوده شد و به روش استاندارد مورد اسکراب جراحی قرار گرفت. به دلیل کم تهاجمی بودن فرایند و نداشتن برش بارز روی بافت نیازی به انجام مراحل در اتاق جراحی نبود و تمام فرایند بر روی تخت دستگاه سی‌تی‌اسکن انجام شد. برای تصویربرداری سی‌تی‌اسکن از دستگاه Siemens (somatoma, Germany) استفاده شد. برای ورود به فضای اپیدورال کانولای استیل زنگ نزن با قطر داخلی ۳ میلی‌متر و طول ۸ سانتیمتر که دارای یک ماندرن با سر تیز است که برای ورود آسان کانولا به داخل کانال نخاعی ضروری است طراحی شد (شکل ۱). القای بیهوشی با تزریق وریدی

ترکیب کتامین ۱۰درصد (میلی‌گرم/کیلوگرم ۵) و دیازپام (میلی‌گرم/کیلوگرم ۰/۲۸) صورت گرفت و به‌منظور حفظ بیهوشی از گاز ایزوفلوران استفاده شد. ناحیه اتصال مهره هفتم کمری به استخوان خاجی با در نظر گرفتن محدوده بال استخوان ایلیوم و ملامسه و همچنین شمارش مهره‌ها مشخص شد (شکل ۲a). برش دو میلی‌متری روی پوست با تیغ جراحی ایجاد شد تا ورود کانولا را تسهیل کند و از وارد آمدن آسیب به پوست در ناحیه ورود جلوگیری به‌عمل‌آورد. کانولا و ماندرن با زاویه حدود ۶۰ درجه نسبت به محور طولی ستون مهره وارد کانال نخاعی شده و ماندرن خارج می‌شود (شکل ۲b). به هنگام ورود سر کانولا به فضای داخل کانال مهره عبور از لیگامنت‌های سطح پشتی برای فرد انجام دهنده ملموس می‌باشد. برای تأیید قرارگیری صحیح کانولا از یک وایر استیل زنگ نزن با سر کند که به این منظور طراحی‌شده بود استفاده شد (شکل ۲c). سپس توپوگرام و به دنبال آن تصویربرداری سی‌تی‌اسکن تهیه شد تا قرارگیری صحیح کانولا و وایر رادیواوپک در کانال را تأیید کند (شکل ۲d).

ارزیابی بالینی

پس از گذشت ۲۴ ساعت، ۷ و ۲۸ روز پس از قرارگیری کانولا در فضای بین مهره‌های کمری و خاجی و ورود به فضای اپیدورال همه موارد موردمطالعه ازنظر نورولوژی مورد ارزیابی قرار گرفتند و فاکتورهای زیر بررسی و ثبت گردیدند:

۱. توانایی ایستادن با تعادل بر روی اندام‌های خلفی/ عدم توانایی وزن‌گیری بر روی اندام‌های خلفی
۲. توانایی گام برداشتن به‌صورت نرمال/ عدم تعادل و توانایی گام برداشتن
۳. توانایی تخلیه ارادی ادرار/ احتباس ادرار
۴. پاسخ مثبت انقباضی به تحریک مقعد/ پاسخ منفی به تحریک مقعد

تصویربرداری MRI

تصویربرداری MRI و DTI در روزهای ۷ و ۲۸ پس از قرار دهی کانولا توسط دستگاه MRI (Simens Magnetum Prisma 3T, Germany) دارای ۳۲ کانال و با استفاده از کویل اسپاین صورت گرفت. همه گربه‌ها تحت بیهوشی عمیق (تزریق عضلانی ترکیب کتامین ۱۰درصد (میلی‌گرم/کیلوگرم ۵) و مدتومیدین (۱۰تا ۴۰ میکروگرم/کیلوگرم)) به پشت خوابانده شدند. برای دقیق‌تر بودن قرار دهی گربه‌ها و نبود انحراف در ستون مهره دستگاهی طراحی شد که امکان قرارگیری در فضای مغناطیسی دستگاه MRI را داشته باشد و خواباندن گربه بیهوش را در حالت خوابیده به پشت تسهیل کند. در همه گربه‌ها جهت تصویربرداری MRI و DTI محدوده ناحیه کمری-خاجی درنظرگرفته‌شد. تصویربرداری با سکانس‌های T1W و T2W (در نماهای ساجیتال و عرضی)، STIR و همچنین تصویربرداری DTI با استفاده از پارامترهای ثبت‌شده در جدول ۱ صورت گرفت. از روی سکانس‌های T2-weighted و STIR در محل ضایعه با استفاده از نرم‌افزار e film (workstation 3.4, 2010) ایندکس شدت سیگنال (Signal Intensity Index) برای تعیین شدت جراحت احتمالی محاسبه شد. داده‌های خام DTI از دستگاه دریافت شد و توسط نرم‌افزارهای مخصوص پردازش داده‌های دی‌تی‌آی (Explore DTI V4.8.6) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. سپس تصاویر ترکتوگرافی (Tractography) استخراج شد تا با کمک این تصاویر تغییرات ماکروسکوپی در ترکت‌های عصبی مشاهده شود. این ابزار وسیله‌ای مناسب برای بررسی تغییرات پاتولوژیک ترکت‌های عصبی به‌صورت سه‌بعدی پس از ورود کانولا می‌باشد.

نتایج

مشاهدات کلی

تمامی مراحل بیهوشی و قرار دهی کانولا در همه موارد موردمطالعه با موفقیت صورت گرفت. قرارگیری صحیح در همه موارد با ورود بدون مقاومت وایر و انجام سی‌تی‌اسکن به تأیید رسید. هیچ‌گونه اثری از خونریزی فعال در محل ورود مشاهده نشد. تصاویر سی‌تی‌اسکن پس از قرارگیری کانولا علائمی از آسیب به استخوان در محل مهره‌ها نشان نداد. در طول مدت مطالعه محل قرارگیری کانولا فاقد هرگونه ترشحات و علائم نشان‌دهنده عفونت در همه موارد موردمطالعه بوده است.

ارزیابی بالینی

پس از ریکاوری کامل در همه موارد موردمطالعه امکان حرکت نرمال روی هر چهار لندام و گام برداشتن طبیعی با تعادل کامل وجود داشت. همچنین در هیچ‌یک از موارد موردمطالعه علائمی که نشان‌دهنده آسیب اعصاب ناحیه cauda equina باشد مانند احتباس ادرار، افتادگی دم، نبود رفلکس مقعدی و غیره مشاهده نشد. نتایج ارزیابی بالینی در همه موارد موردمطالعه در روزهای ۷ و ۲۸ پس از شروع مطالعه نیز مشابه ۲۴ ساعت اول بوده است.

نتایج تصویربرداری MRI

نتایج ارزیابی تصویربرداری MRI هفت روز بعد از قرار دهی کانولا در همه سکانس‌ها، تغییر معنی‌داری در شدت سیگنال در اعصاب نخاعی ناحیه کمری-خاجی نشان نداد و تنها واکنش بافتی در بافت نرم اطراف محل ورود قابل‌مشاهده بود (شکل ۳b). تصاویر MRI تهیه‌شده در ۲۸ روز بعد از قرار دهی کانولا نیز تأیید مجددی بر یافته‌های تصویربرداری اولیه بودند. علاوه بر این هرگونه تغییر غیرطبیعی در cauda equina و شاخه‌های عصبی در محل ورود توسط تراکتوگرافی رد شد. شکل ۳a تراکتوگرافی از اعصاب نخاعی ناحیه کمری-خاجی را با تداوم طبیعی نشان‌می‌دهد.

بحث

تاکنون مطالعات بسیاری برای دستیابی به یک مدل آسیب نخاعی استاندارد با مشابهت به آسیب‌های نخاعی انسان صورت گرفته است تا بتوان از آن در یافتن درمان مناسب استفاده کرد. در این مطالعه تلاش بر این بوده است تا رهیافت مناسبی جهت دسترسی به کانال نخاعی و فضای اپیدورال در مدل حیوانی گربه معرفی شود که ساده باشد، حداقل تغییرات پاتوفیزیولوژیک را ایجاد کند و خطر بروز عوارضی همچون خونریزی و عفونت را نداشته باشد. از این رهیافت می‌توان در مدل‌سازی‌های کم‌تهاجمی آسیب نخاعی مانند مدل فشاری با استفاده از کاتتر بالون‌دار استفاده‌کرد.

در روش لمینکتومی بخشی از مهره برداشته می‌شود که برای درمان آسیب‌های نخاعی و کاهش آسیب ثانویه صورت‌می‌گیرد. لمینکتومی همچنین اثرات نامطلوبی نیز در بافت‌های اطراف مثل عروق و عضلات ایجاد کرده و منجر به ایجاد بافت اسکار و چسبندگی فیبری در محل جراحت می‌شود. علاوه بر این موارد، در معرض قرار گرفتن نخاع با عوارض جدی مثل عفونت و جابه‌جایی نخاع همراه خواهد بود (۷).

با گذشت زمان محققین به معرفی رهیافت‌هایی بدون نیاز به لمینکتومی برای ایجاد مدل‌های آسیب نخاعی پرداختند. از این جمله Lim و همکاران در سال ۲۰۰۷ و Kuchner و همکاران در سال ۲۰۰۰ را می‌توان نام برد. در این مطالعات کاتتر بالون‌دار از طریق سوراخی که با استفاده از دریل در قوس مهره‌ای مدل حیوانی سگ ایجادشده بود وارد فضای اپیدورال شد (۸، ۹). این روش همچنین توسط Yang و همکاران در سال ۲۰۱۷ در مدل حیوانی خرگوش مورداستفاده قرار گرفت تا با استفاده از این رهیافت کوچک این امکان فراهم شود که آسیب‌های نخاعی در چند ناحیه مختلف نخاع و به‌صورت هم‌زمان موردبررسی قرار گیرد (۱۰). اگرچه در این روش لمینکتومی صورت نگرفته، اما آسیب ایجادشده در عضله و استخوان به دنبال جراحی برای در معرض قرار گرفتن قوس مهره‌ای اجتناب‌ناپذیر است.

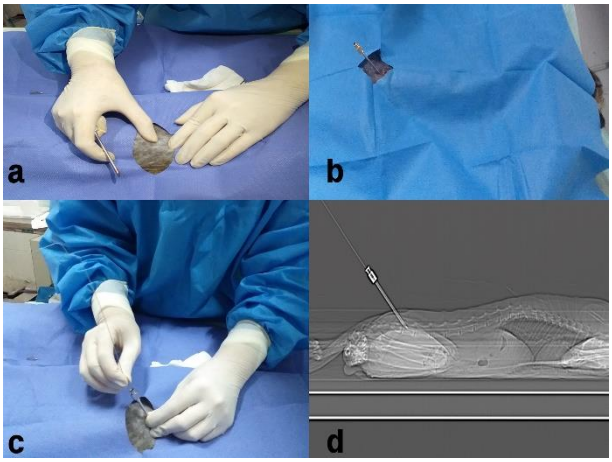
Fukuda و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ از رهیافت سوراخ جانبی بین مهره‌ای در سگ برای ورود به کانال نخاعی استفاده کردند، اما باید توجه داشت در این مطالعه برای دسترسی به سوراخ جانبی بین مهره‌ای نیز فرایند جراحی و جداسازی عضلات و لیگامنت‌ها صورت می‌گیرد (۱۱). به‌منظور رفع این مشکل Purdy و همکاران در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ روشی را معرفی کردند که در آن برای دسترسی به سوراخ جانبی بین مهره‌ای از هدایت فلوروسکوپی استفاده‌شده. به‌این‌ترتیب ریسک عفونت نیز کاهش یافت اما همچنان ریسک آسیب به شاخه‌های نخاعی سرخرگ و سیاهرگ بین مهره‌ای و ریشه اعصاب نخاعی که از سوراخ‌های جانبی عبور می‌کنند باقی می‌ماند که اغلب با خون‌ریزی شدید همراه است(۵، ۱۲) .

ازآنجایی‌که در مطالعه حاضر همچون مطالعه Lee و همکاران در سال ۲۰۰۸ از رهیافت پوست بدون برش جراحی

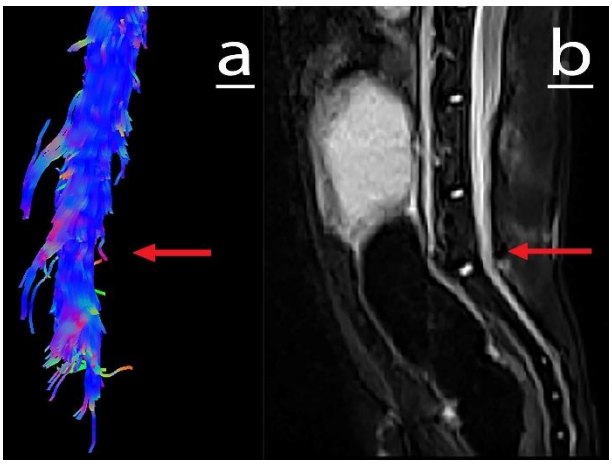
قابل‌توجه استفاده‌شده، ریسک بروز عفونت به حداقل می‌رسد. همچنین احتمال آسیب عروقی و عصبی نیز کمتر از روش Purdy و همکاران در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ می‌باشد. استفاده از رهیافت پوست در ناحیه کمری-خاجی در سال‌های اخیر در مطالعات بسیاری ازجمله مطالعات Yoon و همکاران در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ استفاده شد و با توجه به استفاده از این رهیافت و ایجاد یک آسیب نخاعی بسته به بررسی دقیق تغییرات هیستوپاتولوژی و مقایسه آن با تغییرات یافته‌های DTI پرداخته شد(۱۳, ۱۴). Lee و همکاران در سال ۲۰۰۸ از هدایت فلوروسکوپی برای قرار دهی صحیح سوزن نخاعی و کاتتر استفاده کردند (۶). باید توجه داشت که امکان استفاده از فلوروسکوپی برای هدایت کانولا در حیوانات با سایز کوچک، حتی سگ‌های کوچک دشوار می‌باشد. به همین دلیل در مطالعه Purdy و همکاران در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ از سگ‌های ۱۸ تا ۳۶ کیلوگرمی استفاده شد (۵, ۱۲). طی سه دهه گذشته، استفاده از گربه در مدل‌های آسیب نخاعی پیشتاز در توسعه درمان در این زمینه بوده است. سیستم لوکوموتور پیشرفته‌تر نسبت به جوندگان، سایز طناب نخاعی متناسب‌تر با انسان و امکان نگهداری از گربه‌ها با آسیب نخاعی در شرایط بهتر و طولانی‌تر نسبت به مدل میمون از مزایای استفاده از این مدل حیوانی می‌باشد(۱۵). با توجه به دشوار بودن استفاده از فلوروسکوپی در حیوانات با حجم بدنی کمتر و کوچک‌تر، امکان استفاده از مدل‌های حیوانی مثل گربه با محدودیت مواجه خواهد بود. در روشی که در مطالعه حاضر استفاده‌شده است این محدودیت برطرف شده و امکان استفاده از گربه با توجه به مزیت‌های اشاره شده را به عنوان مدل حیوانی در بررسی آسیب‌های نخاعی فراهم می‌کند.

مطالعه حاضر رهیافتی ساده و کاربردی برای ورود به کانال نخاعی و دسترسی به فضای اپیدورال را معرفی کرده است. باید توجه داشت که کانولای مورداستفاده در این مطالعه دارای قطر داخلی ۳ میلی‌متر بوده که دسترسی مناسبی را به داخل کانال نخاعی و فضای اپیدورال به‌منظور ایجاد مداخله‌های موردنظر فراهم می‌سازد. این رهیافت از طریق پوست در فضای بین مهره‌ای کمری_خاجی و بدون نیاز به فلوروسکوپی است و درعین‌حال ریسکی به جهت آسیب به اعصاب نخاعی و عروق خونی را ندارد. این روش با داشتن حداقل تهاجم از ایجاد آرتیفکت جراحی در تصویربرداری MRI و ایجاد خطا در ارزیابی مطالعه جلوگیری به عمل می‌آورد و همچنین هیچ صدمه ناخواسته‌ای در طول طناب نخاعی ایجاد نمی‌شود. همچنین ریسک بروز عفونت به حداقل می‌رسد و مشابهت شرایط به آسیب‌های نخاعی در انسان را به سطح بالاتری می‌رساند. بنابراین می‌توان بررسی تغییرات پاتوفیزیولوژیک پس از ایجاد آسیب نخاعی و درمان آن را در سطح دقت بالاتری به انجام رساند.

شکل ۱: کانولا استیل زنگ نزن



شکل۲: نحوه واردکردن کانولا. به ترتیب در قسمتa لمس محدوده و شناسایی ناحیه کمری-خاجی، قسمت b قرار دهی کانولا با زاویه ۶۰ درجه نسبت به محور طولی ستون مهره، قسمت c واردکردن وایر رادیواپک با سر بلانت برای تائید قرارگیری صحیح کانولا در کانال مهره و قسمت d شکل توپوگرام برای تائید نهایی قرارگیری صحیح در کانال مهره قابل‌مشاهده است.



شکل ۳: a) تراکتوگرافی از قسمت انتهایی طناب نخاعی. محل ورود کانولا با پیکان قرمز مشخص‌شده است. b) شکل ساجیتال از سکانس T2 weighted از قسمت انتهایی ستون مهره. محل ورود کانولا در ناحیه کمری-خاجی با پیکان قرمز مشخص‌شده است.

جدول ۱: پارامترهای مورداستفاده در تصویربرداری MRI در سکانس‌های STIR و T1-weightedو T2 و همچنین تصویربرداری DTI

پارامتر	T2Wسکانس	T1Wسکانس	STIRسکانس	دی‌تی‌آی
فاکتور توربو	۲۳	۴	-	۲۴۰
ماتریکس	-	-	-	۱۲۸×۱۲۴
(FOV)میدان دید	۲۲۰ میلیمتر	۲۲۰ میلیمتر	۲۲۰ میلیمتر	-
اسلایدها	۹	۹	۳۲	۱۲
ضخامت اسلاید	۳ میلیمتر	۳ میلیمتر	۲ میلیمتر	۲ میلیمتر

پارامتر	T2Wسکانس	T1Wسکانس	STIRسکانس	دی‌تی‌آی
سایز وکسل	میلیمتر ۳× ۰/۷× ۰/۷ مکعب	میلیمتر ۳× ۰/۷× ۰/۷ مکعب	میلیمتر ۳ ×۰/۴× ۰/۴ مکعب	۲ × ۱/۹ × ۱/۹ میلیمترمکعب
زمان تکرار(TR)	۳۱۹۰/۳ میلی‌ثانیه	۶۴۷۰/۰ میلی‌ثانیه	۳۱۷۰ میلی‌ثانیه	۱۰۰۰۰میلی‌ثانیه
زمان اکو(TE)	۱۰۱/۰ میلی‌ثانیه	۹/۸ میلی‌ثانیه	۴۷ میلی‌ثانیه	۹۰/۰ میلی‌ثانیه
زاویه فلیپ	۱۵۰ درجه	۱۵۰درجه	۱۵۰ درجه	
مقدار b (b-value)	-	-	-	۰ و ۸۰۰ ثانیه/ میلیمترمکعب
جهت فاز (phase-encoding direction)	قدامی-خلفی	قدامی-خلفی	چپ به راست	شکمی-پشتی

منابع

1. Hayta E, Elden H. Acute spinal cord injury: A review of pathophysiology and potential of non-steroidal anti-inflammatory drugs for pharmacological intervention. Journal of chemical neuroanatomy. 2018; 87:25-31.
2. Nardone R, Florea C, Höller Y, Brigo F , Versace V, Lochner P, et al. Rodent, large animal and non-human primate models of spinal cord injury. Zoology (Jena, Germany). 2017; 123:101-14.
3. Mattucci S, Speidel J, Liu J, Kwon BK, Tetzlaff W, Oxland TR. Basic biomechanics of spinal cord injury - How injuries happen in people and how animal models have informed our understanding. Clinical biomechanics (Bristol, Avon). 2019; 64:58-68.
4. Sharif-Alhoseini M, Khormali M, Rezaei M, Safdarian M, Hajighadery A, Khalatbari MM, et al. Animal models of spinal cord injury: a systematic review. Spinal Cord. 2017;55(8):714-21.
5. Purdy PD, Duong RT, White CL, 3rd, Baer DL, Reichard RR, Pride GL, Jr., et al. Percutaneous translumbar spinal cord compression injury in a dog model that uses angioplasty balloons: MR imaging and histopathologic findings. AJNR American journal of neuroradiology. 2003;24(2):177-84.
6. Chung WH, Lee JH, Chung DJ, Yang WJ, Lee AJ, Choi CB, et al. Improved rat spinal cord injury model using spinal cord compression by percutaneous method. Journal of veterinary science. 2013;14(3):329-35.
7. Lee JH, Choi CB, Chung DJ, Kang EH, Chang HS, Hwang SH, et al. Development of an improved canine model of percutaneous spinal cord compression injury by balloon catheter. Journal of neuroscience methods2008;167(2):6-310.
8. Kuchner EF, Hansebout RR, Pappius HM. Effects of dexamethasone and of local hypothermia on early and late tissue electrolyte changes in experimental spinal cord injury. Journal of spinal disorders. 2000;13(5):391-8.

9. Lim JH, Jung CS, Byeon YE, Kim WH, Yoon JH, Kang KS, et al. Establishment of a canine spinal cord injury model induced by epidural balloon compression. Journal of veterinary science. 2007;8(1):89-94.
10. Yang C, Yu B, Ma F, Lu H, Huang J, You Q, et al. What is the optimal sequence of decompression for multilevel noncontinuous spinal cord compression injuries in rabbits? BMC Neurology. 2017;17(1):44.
11. Fukuda S, Nakamura T, Kishigami Y, Endo K, Azuma T, Fujikawa T, et al. New canine spinal cord injury model free from laminectomy. Brain research Brain research protocols. 2005;14(3):171-80.
12. Purdy PD, White CL, 3rd, Baer DL, Frawley WH, Reichard RR, Pride GL, Jr., et al. Percutaneous translumbar spinal cord compression injury in dogs from an angioplasty balloon: MR and histopathologic changes with balloon sizes and compression times. AJNR American journal of neuroradiology. 2004;25(8):1435-42.
13. Yoon H, Kim J, Moon WJ, Nahm SS, Zhao J, Kim HM, et al. Characterization of Chronic Axonal Degeneration Using Diffusion Tensor Imaging in Canine Spinal Cord Injury: A Quantitative Analysis of Diffusion Tensor Imaging Parameters According to Histopathological Differences. Journal of neurotrauma. 2017;34(21):3041-50.
14. Yoon H, Moon WJ, Nahm SS, Kim J, Eom K. Diffusion Tensor Imaging of Scarring, Necrosis, and Cavitation Based on Histopathological Findings in Dogs with Chronic Spinal Cord Injury: Evaluation of Multiple Diffusion Parameters and Their Correlations with Histopathological Findings. Journal of neurotrauma. 2018.35(12);97-1387.
15. Shkorbatova PY, Lyakhovetskii VA, Merkulyeva NS, Veshchitskii AA, Bazhenova EY, Laurens J, et al. Prediction Algorithm of the Cat Spinal Segments Lengths and Positions in Relation to the Vertebrae. Anat Rec (Hoboken). 2019;302(9):1628-37.

Abstract in English

Introduce of a Simple and Minimally Invasive Approach for Access to Epidural Space

Asma Asadian[1], Mohamad mehdi Dehghan[2], Majid Masoudifard[3], Athena.salimi[4]

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

2. Department of Surgery and Radiology, Faculty of Veterinary medicine, University of Tehran, Tehran, Iran/ Institute of Biomedical Research, University of Tehran, Tehran, Iran.

3. Department of Surgery and Radiology, Faculty of Veterinary medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

4. Department of Surgery and Radiology, Faculty of Veterinary medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

*a.asadian@ut.ac.ir

Background: Although various researches have been conducted to improve therapeutic strategies in resolving spinal cord injuries, robust clinical treatment is not yet available. Developing a standard animal model is essential before treatment.

Objectives: The present study was performed to introduce a simple, applicable, and minimally invasive approach for access to epidural space in cat.

Methods: We used per-cutaneous approach from lumbosacral junction for stainless steel cannula insertion to the epidural space. CT-scan, conventional Magnetic Resonance Imaging, tractography, and behavioral evaluation were used to assess the correct position of cannula and neurological condition of the patient.

Results: MRI results showed no significant change in signal intensity index of neural structures under lumbosacral junction. These observations were further supported by tractography, and also behavioral examination during study.

Conclusions: We found that per-cutaneous approach from lumbosacral junction is a simple and applicable approach which has no side effects and artifact formation in MRI evaluation.

.

Keywords: Spinal cord injury, Per-cutaneous approach, Lumbosacral junction, Cat, minimally invasive