



مقاله مروری

پیشرفت‌ها و روش‌های نوین در درمان مشکلات ستون مهره‌ها در حیوانات کوچک

میر سپهر یدرام^{۱،۲*}، مهیار محبی^۱

۱. گروه جراحی و تصویربرداری تشخیصی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. پژوهشکده زیست پزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

*mpedram@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۴

doi <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.6>

کپی‌رایت © مجله التیام: دسترسی آزاد، کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است، © نویسندگان. ناشر: انجمن جراحی دامپزشکی ایران.

چکیده

زمینه و نوع مطالعه: اختلالات ستون مهره از مشکلات شایع در حیوانات کوچک (به‌ویژه سگ‌ها و گربه‌ها) محسوب می‌شوند که با تأثیر بر تحرک و کیفیت زندگی، نیازمند مدیریت بالینی مؤثر و در برخی موارد فوری هستند. این مقاله یک مقاله مروری است.

هدف: بررسی روش‌های نوین در تشخیص و درمان اختلالات ستون مهره‌ها در حیوانات کوچک.

روش کار: در این مرور، روش‌های نوین تشخیصی و درمانی بر اساس شواهد و مطالعات منتشرشده گردآوری و تحلیل شده است. **نتایج:** روش‌های جراحی سنتی مانند لامینکتومی و همی‌لامینکتومی اگرچه در کاهش علائم نورولوژیک مؤثرند، اما با معایب قابل توجهی از جمله تهاجم وسیع به بافت نرم، خطر عفونت، خونریزی، آسیب عصبی ثانویه، دوره نقاهت طولانی و هزینه‌های بالا همراه بوده‌اند. پیشرفت‌های نوین تشخیصی مانند تصویربرداری سی‌تی‌اسکن (با دقت بالا در آسیب‌های استخوانی) و ام‌آر‌آی (برتر در ارزیابی بافت‌های نرم و نخاع) امکان ارزیابی دقیق‌تر و برنامه‌ریزی درمانی هدفمند مشکلات ستون مهره را فراهم کرده‌اند. در حوزه درمان، جراحی کم‌تهاجمی ستون مهره با بهره‌گیری از برش‌های کوچک و ابزارهای اندوسکوپی، مزایایی شامل کاهش آسیب بافتی، خونریزی کمتر، درد پس از عمل محدودتر و نقاهت کوتاه‌تر را فراهم می‌آورد. فناوری چاپ سه‌بعدی، دقت جایگذاری پروتزها را افزایش داده و کارگذاری دیسک مصنوعی به‌عنوان جایگزینی برای فیوژن سنتی، با حفظ حرکت سگمنتال و پیشگیری از دژنراسیون مهره‌های مجاور، نتایج عملکردی بهتری در نژادهای مستعد ایجاد می‌کند. درمان‌های بازسازی‌کننده نظیر استفاده از سلول‌های بنیادی و پلاسمای غنی از پلاکت، همراه با روش‌های مکمل مانند فیزیوتراپی و آوزون‌درمانی، رویکردی جامع‌تر را شکل می‌دهند.

نتیجه‌گیری نهایی: روش‌های نوین، گزینه‌های درمانی مؤثرتر و کم‌تهاجم‌تری را فراهم می‌کنند. با این حال، چالش‌هایی شامل هزینه بالای تجهیزات، نیاز به آموزش تخصصی و لزوم استانداردهای پروتکل‌ها نیازمند توجه آینده است. **واژگان کلیدی:** اختلالات ستون مهره‌ها، حیوانات کوچک، جراحی کم‌تهاجمی، جراحی سنتی، چاپ سه‌بعدی

مقدمه

اختلالات ستون مهره‌ها یکی از دغدغه‌های مهم در دامپزشکی حیوانات کوچک، به‌ویژه سگ‌ها و گربه‌ها به‌شمار می‌آیند که به‌طور چشمگیری بر رفاه، تحرک و کیفیت زندگی آن‌ها تأثیر می‌گذارد (۱). این اختلالات شامل مجموعه‌ای از بیماری‌ها با علل متنوع هستند که از جمله می‌توان به بیماری دیسک بین‌مهره‌ای، شکستگی‌های ستون مهره، میلوپاتی دژنراتیو، عفونت‌ها، آسیب‌های تروماتیک و تومورها اشاره کرد (۲). در این میان، بیماری دیسک بین‌مهره‌ای یکی از شایع‌ترین اختلالات تشخیص داده‌شده در کلینیک‌های دامپزشکی است و شیوع آن به‌خوبی در منابع علمی مستند شده است (۳). همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که بیماری‌های عصبی-عضلانی، که بسیاری از آن‌ها منشأ ستون مهره دارند، حدود ۴٪ از کل موارد مراجعه در کلینیک‌های حیوانات کوچک را شامل می‌شوند (۴).

شیوع این بیماری‌ها تحت تأثیر عواملی همچون استعداد نژادی و افزایش سن حیوانات خانگی قرار دارد و انتظار می‌رود که در سال‌های آینده افزایش یابد. همچنین، آسیب‌های ستون مهره ممکن است منجر به ناتوانی‌های عملکردی قابل توجه و تحمیل هزینه‌های عاطفی و مالی بر صاحبان حیوانات شود که اهمیت بالینی و اجتماعی این اختلالات را دوچندان می‌کند (۵).

مدیریت اختلالات ستون مهره‌ها در حیوانات کوچک به‌طور سنتی ترکیبی از روش‌های محافظه‌کارانه و جراحی را شامل می‌شود. رویکردهای محافظه‌کارانه شامل استراحت، استفاده از داروهای ضد درد و ضد التهاب، و توان‌بخشی فیزیکی بوده‌اند. اگرچه این روش‌ها در کنترل علائم و بهبود عملکرد مؤثر بوده‌اند، اما در موارد شدید اثربخشی محدودی دارند (۳، ۴). در نتیجه، روش‌های تهاجمی‌تری نظیر همی‌لامینکتومی و تثبیت ستون مهره به‌منظور کاهش فشار از روی نخاع و بازیابی ثبات مکانیکی ستون مهره توسعه یافته‌اند (۳).

با وجود پیشرفت‌های حاصل‌شده در روش‌های جراحی، این اقدامات همچنان با خطراتی همراه هستند، از جمله عفونت، نقص‌های عصبی، و دوره‌های طولانی نقاهت (۲). افزون بر این، بسیاری از درمان‌های فعلی بیشتر بر کنترل علائم تمرکز دارند تا رفع ریشه‌های پاتوفیزیولوژیک بیماری، که منجر به نتایج درمانی متغیر و گاه ناکافی می‌شود.

چالش‌های دیگر شامل دسترسی محدود به ابزارهای تشخیصی پیشرفته، مانند سی‌تی‌اسکن (Computed Tomography) و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (Magnetic Resonance Imaging) با دقت بالا در برخی مناطق است که می‌تواند روند تشخیص دقیق و برنامه‌ریزی درمانی بهینه را دشوار کند (۶، ۷).

در سال‌های اخیر، حوزه سلامت ستون مهره در دامپزشکی شاهد پیشرفت‌های چشمگیری بوده است. فناوری‌های نوین تصویربرداری تشخیصی به دامپزشکان این امکان را داده‌اند تا ناهنجاری‌های ستون مهره را با دقت بیشتری شناسایی و ارزیابی کرده و تصمیم‌گیری‌های درمانی هدفمندتری داشته باشند (۸). در کنار این تحولات، ظهور جراحی‌های کم‌تهاجمی ستون مهره (Minimally Invasive Spinal Surgery) منجر به تغییر اساسی در رویکرد درمانی شده است، به‌طوری‌که هدف آن کاهش آسیب به بافت‌ها، کاهش عوارض پس از عمل و تسریع روند بهبودی می‌باشد (۹).

از سوی دیگر، درمان‌های بازسازی‌کننده، به‌ویژه درمان با سلول‌های بنیادی و ژن‌درمانی، به‌عنوان حوزه‌ای نوظهور مطرح شده که نویدبخش بهبود فرآیندهای ترمیمی نخاع و مقابله با التهاب به صورت مؤثر است. تلفیق این رویکردهای نوین همراه با تمرکز بین‌رشته‌ای و بهره‌گیری از درمان‌های مکمل، چشم‌اندازی نوین و جامع در مراقبت از حیوانات مبتلا به اختلالات ستون مهره را شکل داده است (۱۰).

هدف این مرور، ارائه یک بررسی جامع از پیشرفت‌ها و روش‌های نوین در درمان اختلالات ستون مهره در حیوانات کوچک است. این بررسی با ارزیابی انتقادی فناوری‌های تشخیصی و درمانی نوین، از جمله جراحی‌های کم‌تهاجمی، درمان‌های بازسازی‌کننده و ابزارهای پیشرفته تصویربرداری، تلاش می‌کند تا اطلاعات علمی ارزشمندی در اختیار دامپزشکان قرار دهد و به ارتقاء روندهای بالینی کمک کند. در نهایت، این مطالعه در پی بهبود نتایج درمانی، حمایت از رفاه حیوانات و ارتقاء استانداردهای مراقبتی در پزشکی دامپزشکی ستون مهره می‌باشد.

مواد و روش کار

مواد و روش کار این مطالعه مروری بر پایه جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر از جمله Google Scholar، Scopus و PubMed، Wiley، ScienceDirect انجام شد. کلیدواژه‌های جستجو شامل ترکیباتی از واژگان مانند

تصویربرداری رزونانس مغناطیسی معمولاً در مواردی که آسیب نخاعی یا اختلالات همراه با نقص عملکرد عصبی مطرح است، ترجیح داده می‌شود (۱۱).

کارایی روش‌های تصویربرداری پیشرفته در شناسایی علل اصلی اختلالات ستون مهره را نمی‌توان نادیده گرفت. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که استفاده از سی‌تی‌اسکن و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی نه تنها دقت تشخیصی را افزایش می‌دهد، بلکه به تدوین استراتژی‌های درمانی متناسب با شرایط هر حیوان کمک می‌کند. برای نمونه، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی با استفاده از تزریق دینامیک ماده حاجب توانایی بالایی در تفکیک بین سل و تومورهای نخاعی دارد، که در نتیجه منجر به انتخاب صحیح رویکرد درمانی می‌شود (۱۳). همچنین، تکنیک‌های نوینی نظیر تصویربرداری با استفاده از تنسور پراکندگی (Diffusion Tensor Imaging) در ارزیابی یکپارچگی طناب نخاعی و تغییرات میکروساختاری ناشی از بیماری نقش فزاینده‌ای یافته‌اند، که می‌توانند در تعیین روند پیشرفت بیماری و هدایت برنامه‌های توانبخشی مورد استفاده قرار گیرند (۱۴).

در مجموع، به‌کارگیری روش‌های نوین تصویربرداری، امکان تحلیل دقیق‌تر علائم بالینی را فراهم کرده و راه را برای مداخلات درمانی هدفمند هموار می‌سازد. این مداخلات هدفمند برای پیشگیری از درمان‌های ناکارآمد یا نادرست که ممکن است وضعیت بیمار را بدتر کنند، بسیار حیاتی هستند (۱۱). بنابراین، ادغام این فناوری‌ها در فرآیندهای تشخیص و درمان روتین دامپزشکی، نقش مهمی در ارتقای کیفیت مراقبت از حیوانات مبتلا به بیماری‌های ستون مهره ایفا خواهد کرد.

ب- رویکردهای درمان محافظه‌کارانه:

دارو درمانی:

درمان سنتی اختلالات ستون مهره در حیوانات کوچک سال‌هاست که بر استفاده از داروهای مختلف برای کنترل درد، کاهش التهاب و بهبود کیفیت زندگی تمرکز دارد. مهم‌ترین داروهای مورد استفاده شامل داروهای ضد التهاب غیراستروئیدی مانند کارپروفن و ملوکسیکام، و همچنین کورتیکواستروئیدهایی نظیر دگزامتازون و پردنیزولون می‌باشند که به‌ویژه در موارد التهاب حاد نخاعی یا فشردگی دیسک بین‌مهره‌ای کاربرد دارند. داروهای ضد التهاب غیراستروئیدی با مهار آنزیم سیکلواکسیژناز و در نتیجه

"Spinal disorders in small animals" "3D", "Minimally invasive spinal surgery" "Artificial .printing in veterinary surgery" Regenerative " "disc replacement Stem Cell therapies in spinal " و "therapies disorders" بود. محدوده زمانی مقالات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفتند. معیارهای انتخاب شامل مطالعات مرتبط با اختلالات ستون مهره در سگ‌ها و گربه‌ها، مقالاتی که به روش‌های نوین تشخیصی یا درمانی پرداخته‌اند و مطالعات بالینی، تجربی، یا مروری با کیفیت بالا بودند. مطالعاتی که داده‌های ناقص داشتند یا به زبان‌های غیرانگلیسی/فارسی بودند، حذف شدند. در نهایت ۴۸ مطالعه معیارهای ورود را دارا بودند و در این مرور مورد تحلیل قرار گرفتند. داده‌ها بر اساس موضوعات کلیدی (تشخیص، درمان‌های جراحی، درمان‌های بازسازی‌کننده) دسته‌بندی و نتایج به‌صورت توصیفی ارائه شدند.

نتایج

الف- پیشرفت‌های نوین تشخیصی:

پیشرفت‌های اخیر در فناوری تصویربرداری تحولی بنیادین در چشم‌انداز تشخیص اختلالات ستون مهره در حیوانات کوچک ایجاد کرده‌اند. تکنیک‌هایی مانند سی‌تی‌اسکن و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی اکنون به ابزارهای تشخیصی حیاتی بدل شده‌اند که امکان بررسی دقیق ساختارهای پیچیده ستون مهره و بافت‌های اطراف آن را برای دامپزشکان فراهم می‌سازند. سی‌تی‌اسکن، به‌ویژه در ترکیب با میلوگرافی، تصاویر با وضوح بالا از ساختارهای استخوانی ارائه می‌دهد و قادر به شناسایی تغییرات ناشی از بیماری‌های دژنراتیو یا آسیب‌های تروماتیک است (۲، ۱۱). توانایی این روش در تولید تصاویر مقطعی، ارزیابی دقیق‌تری از پیکربندی استخوانی و تبیین بهتر آسیب‌های پیچیده ستون مهره در مقایسه با رادیوگرافی سنتی ممکن می‌سازد (۱۲).

در مقابل، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) در تصویربرداری از بافت‌های نرم برتری دارد و می‌تواند به‌طور مؤثری در تحلیل دژنراسیون دیسک‌های بین‌مهره‌ای، فشار بر طناب نخاعی و فرآیندهای التهابی مورد استفاده قرار گیرد، آن هم بدون نیاز به اشعه یونیزان. از این رو،

هزینه‌های بالای مرتبط با جراحی‌های کلاسیک می‌تواند مالکان حیوانات را از انتخاب این گزینه‌ها منصرف کند (۱۹).

از این رو، تمرکز فزاینده‌ای بر توسعه و به‌کارگیری روش‌های کم‌تهاجمی‌تر به منظور کاهش معایب جراحی‌های سنتی، تسهیل بازتوانی سریع‌تر و بهبود نتایج کلی در حیوانات بیمار وجود دارد (۱). روش‌های نوین و نوآورانه اخیر بازتابی از این روند هستند که با کاهش زمان بهبودی و نرخ عوارض، می‌توانند موجب ارتقاء استانداردهای مراقبت در پزشکی دامپزشکی شوند (۲۰).

د- رویکردهای جراحی نوین:

۱- جراحی کم‌تهاجمی ستون مهره (Minimally Invasive Spinal Surgery)

جراحی کم‌تهاجمی نخاع به عنوان یک پیشرفت قابل توجه در مدیریت اختلالات ستون مهره در حیوانات کوچک مطرح شده است. این روش‌ها جایگزین مناسبی برای تکنیک‌های جراحی سنتی محسوب می‌شوند که اغلب با چالش‌های متعدد در دوره نقاهت همراه هستند.

جراحی کم‌تهاجمی نخاع عمدتاً شامل تکنیک‌هایی مانند جراحی اندوسکوپیک نخاع، جراحی با هدایت تصویری (fluoroscopy-guided)، تکنیک‌های پوستی (Percutaneous) و روش‌های لوله‌ای است که امکان دکمپرسن ساختارهای نخاعی را با حداقل آسیب به بافت‌های نرم فراهم می‌کنند. در مقایسه با جراحی‌های باز سنتی، این روش‌ها از برش‌های کوچکتر و ابزارهای تخصصی برای دسترسی به ستون مهره استفاده می‌کنند که منجر به کاهش خونریزی، درد کمتر پس از عمل و دوره نقاهت کوتاه‌تر می‌شود (۲۱).

کاربرد تکنیک‌های اندوسکوپیک دامنه جراحی‌های قابل انجام برای حیوانات کوچک را گسترش داده است. به عنوان مثال، جراحی اندوسکوپیک دیپورتال (Biportal) به جراحان این امکان را می‌دهد که اعمال جراحی ناحیه کمری را با دید بهتر و دسترسی مناسب‌تر انجام دهند. این تکنیک در عین حفظ نتایج بالینی مشابه از نظر تسکین درد و رضایت بیمار، امکان تحرک زودتر بیمار را نیز فراهم می‌کند (۲۱). بهبود دقت جراحی با استفاده از فناوری‌های نوین تصویربرداری مانند فلوروسکوپي حین عمل یا استفاده از C-Arm، به جراحان در هدایت ابزارها و افزایش دقت

کاهش تولید پروستاگلاندین‌ها، منجر به کاهش التهاب و درد می‌شوند؛ در حالی که کورتیکواستروئیدها از طریق مهار گسترده‌تر مسیرهای التهابی در برخی موارد شدیدتر اثربخشی بالاتری دارند. با این حال، مصرف طولانی‌مدت این داروها با عوارضی مانند زخم‌های گوارشی، نارسایی کلیوی، مهار محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال و وابستگی دارویی همراه است (۱۵).

مدیریت چندوجهی درد امروزه به‌عنوان یکی از ارکان اصلی درمان اختلالات ستون مهره در حیوانات کوچک شناخته می‌شود. این رویکرد با هدف قرار دادن مسیرهای مختلف انتقال درد از طریق استفاده هم‌زمان از داروهای ضد التهاب غیراستروئیدی، اپیوئیدها، داروهای کمکی مانند گاباپنتین، بی‌حس‌کننده‌های موضعی، و در موارد خاص کورتیکواستروئیدها، پوشش گسترده‌تری از دردهای حاد و مزمن را فراهم می‌سازد. شواهد علمی نشان می‌دهند که استفاده از ترکیب داروها در این شیوه می‌تواند اثربخشی درمان را افزایش داده، دوز مصرفی هر دارو را کاهش داده و احتمال بروز عوارض جانبی را به‌طور معناداری کاهش دهد (۱۵).

ج- رویکردهای جراحی‌های سنتی:

مداخلات جراحی کلاسیک همچنان یکی از ارکان اصلی در مدیریت اختلالات شدید ستون مهره محسوب می‌شوند، به‌ویژه در مواردی که دیسکوپاتی‌های پیشرفته، فتق دیسک بین‌مهره‌ای یا شکستگی‌های مهره‌ای وجود دارد. روش‌هایی نظیر لامینکتومی، همی‌لامینکتومی، کورپکتومی و فنستریشن به‌طور گسترده‌ای در حیوانات کوچک انجام می‌شوند و اثربخشی آن‌ها در کاهش علائم نورولوژیک به اثبات رسیده است (۱۶). در موارد بی‌ثباتی شدید مهره‌ای، از تکنیک‌های تثبیت ستون مهره نیز برای حفظ تراز و یکپارچگی مهره‌ها استفاده می‌شود که اغلب شامل روش‌هایی مانند فیکساسیون با پیچ پدیکولار است (۱۷).

با وجود اثربخشی بالینی، این رویکردهای جراحی اغلب با محدودیت‌هایی مانند تهاجم وسیع به بافت نرم، نیاز به بستری طولانی‌مدت و خطر بروز عوارض پس از عمل مانند عفونت محل جراحی، خونریزی یا آسیب ثانویه به نخاع همراه هستند (۱۸). برای مثال، جراحی‌های باز سنتی می‌توانند منجر به آسیب گسترده بافت‌های موضعی شوند که این امر ممکن است زمان بهبودی و میزان عوارض را نسبت به روش‌های کم‌تهاجمی افزایش دهد. افزون بر این،

جراحی‌های پیچیده را انجام دهند و دامنه تأثیرگذاری آن در عمل‌های دامپزشکی گسترش یابد (۲۴، ۲۶).

راهنماهای حفاری چاپ سه‌بعدی سفارشی بیمار: این راهنماها نقش حیاتی در جراحی‌های ستون مهره ایفا می‌کنند. با استفاده از تصویربرداری‌های پیشرفته پیش از عمل (عمدتاً سی‌تی‌اسکن و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی)، مدل‌های سه‌بعدی دقیقی از آناتومی بیمار ایجاد می‌شود (۲۷). این مدل‌ها سپس به راهنماهای حفاری تبدیل می‌شوند که مسیرهای جراحی مورد نظر را دقیقاً نشان می‌دهند. مطالعات نشان داده‌اند که دقت قرارگیری پیچ‌های پدیدکول با استفاده از این راهنماهای مخصوص بیمار به ۹۷.۵٪ می‌رسد، در حالی که این میزان در روش‌های سنتی حدود ۸۱.۳٪ است. این افزایش دقت نه تنها خطر عوارضی مانند آسیب عصبی را کاهش می‌دهد، بلکه روند جراحی را نیز کارآمدتر می‌کند (۲۸).

علاوه بر افزایش دقت جراحی، استفاده از راهنماهای حفاری چاپ سه‌بعدی به‌طور قابل توجهی زمان عمل جراحی را کاهش داده و ایمنی فرایندهای جراحی را ارتقاء می‌بخشد. این راهنماها با فراهم آوردن نقاط ارجاع آناتومیکی دقیق، امکان هدایت مطمئن در نواحی پیچیده ستون مهره را برای جراح فراهم می‌کنند. مطالعه‌ای اخیر نشان داده است که به‌کارگیری این راهنماها به‌طور معناداری موجب کاهش مدت زمان متوسط جراحی‌های دیسک گردنی شده و در نتیجه، نیاز به بیهوشی و خطرات مرتبط با آن را برای بیماران کاهش داده است. به‌طور کلی، ادغام راهنماهای حفاری مخصوص بیمار در عمل‌های جراحی، شیوه انجام جراحی‌های ستون مهره را متحول ساخته و رویکردی دقیق‌تر و بیمارمحورتر را ترویج می‌دهد (۲۹).

ایمپلنت‌های جراحی چاپ سه‌بعدی: ایمپلنت‌های چاپ سه‌بعدی سفارشی امکان یکپارچگی بهتر با بافت‌های اطراف و خواص مکانیکی بهبودیافته را فراهم می‌کنند. تحقیقات نشان داده‌اند که ایمپلنت‌های ساخته شده از مواد زیست‌سازگار مانند پلی‌اترکتون یا تیتانیوم، نتایج بهتری در زمینه ادغام استخوانی و ثبات کلی دارند (۳۰).

به‌طور کلی استفاده از این فناوری‌ها منجر به کاهش نرخ عوارض، زمان بهبودی کوتاه‌تر و اثربخشی کلی بهتر در مدیریت جراحی شده است. مطالعات نشان می‌دهند بیمارانی که این مداخلات را دریافت می‌کنند، توانبخشی سریع‌تر و سطح فعالیت بالاتری دارند. هزینه‌های اولیه

قرارگیری پیچ‌ها و مانورهای دکمپرسن کمک شایانی می‌کند. این دقت نه تنها آسیب به بافت‌های مجاور را به حداقل می‌رساند، بلکه به موفقیت کلی عمل جراحی نیز می‌افزاید (۲۱).

مطالعات نشان می‌دهند که زمان بهبود پس از عمل به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است، به طوری که بسیاری از حیوانات سطح درد کمتر و بازگشت سریع‌تر به فعالیت‌های طبیعی را در عرض چند هفته تجربه می‌کنند. همچنین خطر عوارضی مانند عفونت محل جراحی و آسیب عصبی در روش‌های کم‌تهاجمی به مراتب کمتر است (۲۲).

علیرغم مزایای واضح جراحی کم‌تهاجمی نخاع، چالش‌هایی همچنان وجود دارد. تسلط فنی و ارتقای مهارت جراحان بر این تکنیک‌ها برای دستیابی به نتایج مطلوب ضروری است که نیاز به آموزش مداوم جراحان دامپزشک را برجسته می‌سازد. همچنین هزینه‌های اولیه راه‌اندازی و نیاز به تجهیزات تخصصی می‌تواند برای برخی مراکز دامپزشکی مانع ایجاد کند (۲۳).

۲- راهنماهای حفاری (Patient-Specific 3D Printed Drill Guide) و ایمپلنت‌های اختصاصی با چاپ سه‌بعدی (Patient-Specific 3D Printed Implant)

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که فناوری چاپ سه‌بعدی نقش بسزایی در ساخت راهنماهای جراحی اختصاصی برای اعمال جراحی ستون مهره ایفا می‌کند. این راهنماها بر پایه ویژگی‌های آناتومیکی منحصر به فرد هر بیمار طراحی شده‌اند و موجب افزایش دقت در جای‌گذاری پیچ‌ها و بهبود نتایج نهایی جراحی می‌شوند. استفاده از این ابزارها امکان دسترسی مستقیم‌تر به نواحی درگیر را فراهم کرده، مدت زمان جراحی را کاهش داده و خطر بروز عوارض را به حداقل می‌رساند (۲۴، ۲۵).

افزون بر این، ادغام راهنماهای جراحی چاپ سه‌بعدی منجر به کاهش معنادار زمان عمل جراحی شده است. یک مرور سیستماتیک حاکی از آن است که استفاده از این ابزارها باعث کاهش مدت جراحی، کاهش خونریزی حین عمل و کاهش عوارض پس از عمل می‌شود و در نهایت ایمنی بیمار را افزایش می‌دهد. همچنین، این فناوری به جراحان کم‌تجربه‌تر اجازه می‌دهد که با اطمینان بیشتری

شده است. این شخصی سازی به بهبود تعامل دیسک مصنوعی با ساختارهای اطراف و نتایج بهتر پس از جراحی کمک می کند. مطالعات نشان داده اند که ارزیابی های دقیق پیش از عمل با استفاده از تصویربرداری پیشرفته، امکان طراحی ایمپلنت های دقیق تری را فراهم کرده اند (۳۸).

با وجود پتانسیل بالای جایگزینی دیسک مصنوعی، چالش هایی نیز همراه آن وجود دارد. عوارض احتمالی شامل جابجایی یا فرورفتگی ایمپلنت، عفونت مرتبط با وسیله و استخوان سازی نابجا است که می تواند منجر به سفتی و کاهش تحرک شود. انتخاب مناسب بیمار عامل کلیدی در موفقیت درمان است و عواملی مانند سن، سطح فعالیت و وضعیت سلامت عمومی سگ بر نتیجه نهایی تأثیر دارند (۳۴).

تحقیقات آینده باید بر انجام کارآزمایی های بالینی تمرکز کنند تا پروتکل های استاندارد برای استفاده از جایگزینی دیسک مصنوعی در حیوانات کوچک تدوین شود. با گسترش دانش دامپزشکی در زمینه اختلالات ستون مهره و درمان آن ها، راهنمایی های مبتنی بر شواهد، نقشی اساسی در پیاده سازی موفق فناوری های جایگزینی دیسک مصنوعی ایفا خواهند کرد.

۵- درمان های بازسازی کننده:

۱- سلول درمانی با استفاده از سلول های بنیادی

درمان های زیستی، به ویژه سلول درمانی با سلول های بنیادی مزانشیمی، یکی از نویدبخش ترین حوزه های نوین در درمان آسیب های نخاعی و بیماری های دژنراتیو دیسک بین مهره ای محسوب می شود. این سلول ها نه تنها قابلیت تمایز به سلول های عصبی و گلیال را دارند، بلکه از طریق ترشح فاکتورهای رشد و مولکول های ضد التهاب، محیط میکروسکوپی نخاع را برای بازسازی و ترمیم آماده می کنند و اثرات ایمنومدولاتوری، ضد التهابی و نوروپروتکتیو از خود نشان می دهند. این سلول ها با تعدیل پاسخ های التهابی و تحریک بازسازی آکسونی، نقش کلیدی در بهبود آسیب های نخاعی ایفا می کنند. همچنین، سلول های بنیادی با ارائه حمایت تروفیک می توانند فرآیندهای ثانویه آسیب مانند دمیلیناسیون و آپوپتوز را کاهش دهند. داده های حاصل از مطالعات حیوانی نشان می دهند که استفاده از سلول های بنیادی مزانشیمی، به ویژه در فازهای اولیه پس از آسیب، منجر به بهبود عملکرد حرکتی، کاهش واکنش التهابی، و بازسازی بخشی از نورون های آسیب دیده می گردد. این

تجهیزات چاپ سه بعدی و نیاز به نظارت تنظیمی از جمله چالش های پیش رو هستند. تحقیقات آینده باید بر روی تأثیرات بلندمدت استفاده از این فناوری ها متمرکز شود. با پیشرفت بیشتر این فناوری و ادغام آن در روش های بالینی، شاهد استانداردهای درمانی بالاتری خواهیم بود. همکاری مستمر بین متخصصان دامپزشکی و توسعه دهندگان فناوری، مسیر را برای نوآوری های آینده و بهبود مراقبت از بیماران هموار خواهد کرد (۳۱).

۳- جایگزینی دیسک بین مهره ای با دیسک مصنوعی (Artificial Disc Replacement)

در گذشته، فیوژن ستون مهره یک روش رایج برای درمان بیماری های دیسک دژنراتیو بود که با تثبیت ستون مهره موجب کاهش تحرک در ناحیه آسیب دیده می شد. این محدودیت حرکتی در بسیاری از موارد منجر به فشار بیشتر بر سگمنت های مجاور و تسریع تخریب آن ها می گردید. جایگزینی دیسک مصنوعی شامل کاشت یک وسیله پروتزی است و با هدف حفظ حرکت سگمنتال و در عین حال رفع آسیب دیسک، این محدودیت ها را کاهش می دهد. این وسیله برای حفظ حرکت در سگمنت آسیب دیده ستون مهره و در عین حال فراهم کردن حمایت و جذب ضربه طراحی شده است. هدف اصلی این روش، تسکین درد و بازگرداندن عملکرد حرکتی بدون محدودیت های ناشی از فیوژن، مانند دژنراسیون سگمنت های مجاور است (۳۲، ۳۳).

در دامپزشکی، جایگزینی دیسک مصنوعی به ویژه در موارد بیماری دیسک بین مهره ای که در نژادهای کندرودیستروفیک مانند داشهوند شایع است، موفقیت آمیز بوده است. این فرایند معمولاً شامل برداشت کامل یا نسبی دیسک آسیب دیده و کاشت دیسک مصنوعی طراحی شده برای مهره های گردنی یا کمری می باشد (۳۴، ۳۵).

طراحی دیسک های مصنوعی نقش اساسی در موفقیت این روش ایفا می کند. مواد پیشرفته ای همچون پلی اتیلن با چگالی بالا و تیتانیوم برای تقلید ویژگی های فیزیکی دیسک طبیعی به کار می روند. ساختار این وسایل به گونه ای طراحی شده است که امکان خم شدن، باز شدن، چرخش محوری، و جذب ضربه را فراهم کند تا عملکرد دیسک طبیعی را تقلید نماید (۳۶، ۳۷).

پیشرفت ها در طراحی بیومکانیکی منجر به توسعه ساختارهای قابل تنظیم براساس نیازهای خاص هر بیمار

دامنه حرکتی غیرفعال و درمان با توپ‌های تعادلی در برنامه‌های بازتوانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۴۴). این مداخلات نه تنها منجر به بازیابی تحرک و هماهنگی حرکتی می‌شوند، بلکه دارای اثرات چندگانه‌ای شامل پیشگیری از آتروفی عضلانی، کاهش درد مزمن، بهبود انعطاف‌پذیری، افزایش دامنه حرکتی مفاصل و تقویت ساختارهای عضلانی-اسکلتی هستند. شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که رویکردهای فیزیوتراپی به‌طور قابل توجهی در کاهش تنش عضلانی، ارتقای عملکرد عصبی و بهبود کلی عملکرد حرکتی مؤثر واقع می‌شوند (۴۵).

مطالعات بالینی و گزارش‌های موردی متعدد حاکی از آن است که ادغام فیزیوتراپی با سایر روش‌های درمانی مانند دارودرمانی یا جراحی، منجر به دستیابی به نتایج عملکردی بهتری می‌شود. این یافته‌ها باعث شده است که فیزیوتراپی به عنوان یک روش مکمل و مؤثر در درمان‌های متداول به‌طور گسترده مورد پذیرش جامعه دامپزشکی قرار گیرد، به‌طوری‌که بسیاری از کلینیسین‌ها آن را به عنوان بخشی از یک پروتکل درمانی جامع برای تسریع بهبودی بیماران خود به کار می‌گیرند (۴۵).

۲- اوزون درمانی

اوزون درمانی، به دلیل خواص ضدعفونی‌کننده، ضد التهابی و محرک بازسازی، در درمان اختلالات ستون مهره به‌ویژه در موارد درد مزمن یا التهابات خفیف تا متوسط استفاده می‌شود. مکانیسم اثر آن شامل افزایش اکسیژن‌رسانی، بهبود متابولیسم سلولی، و کاهش رادیکال‌های آزاد است که در مجموع به تسکین علائم و تحریک ترمیم بافتی منجر می‌شود (۴۶). استفاده موضعی یا تزریقی از اوزون در سگ‌های مبتلا به بیماری دیسک بین‌مهره‌ای با نتایج مثبت همراه بوده است (۴۷).

۳- لیزر درمانی با شدت پایین (Low-level Laser Therapy)

لیزر درمانی با شدت پایین یکی از روش‌های غیرتهاجمی و ایمن برای مدیریت درد و تسریع ترمیم در بافت‌های ستون مهره به‌شمار می‌رود. این روش از طریق تحریک فتوشیمیایی سلولی، افزایش تولید انرژی، و کاهش مدیاتورهای التهابی اثر می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که لیزر درمانی با شدت پایین می‌تواند موجب کاهش درد، افزایش دامنه حرکتی، و تسریع در بازتوانی پس از جراحی یا آسیب مزمن شود (۴۸).

روش در حال حاضر در مرحله آزمایشی قرار دارد و نیاز به مطالعات بالینی با نمونه‌های بزرگ‌تر برای بررسی اثربخشی، ایمنی و استانداردسازی دوز و روش تزریق وجود دارد (۳۹). در میان انواع سلول‌های بنیادی، سلول‌های بنیادی مزانشیمی به دلیل دسترسی آسان و توانایی تمایز به رده‌های مختلف سلولی بیشترین کاربرد را دارند. این سلول‌ها از منابع مختلفی مانند مغز استخوان، بافت چربی و خون بند ناف قابل جداسازی هستند (۴۰). مطالعات نشان داده‌اند که سلول‌های بنیادی مشتق از بافت چربی به وفور و سهولت استخراج، گزینه مناسبی برای کاربردهای بالینی محسوب می‌شوند. همچنین سلول‌های بنیادی عصبی به دلیل نقش مستقیم در ترمیم سیستم عصبی مرکزی، پتانسیل بالایی در درمان اختلالات نخاعی دارند (۴۱). با وجود نتایج مثبت، عواملی مانند سن، نژاد و وضعیت سلامت حیوان می‌تواند بر پاسخ به درمان تأثیر بگذارد. همچنین نیاز به استانداردسازی پروتکل‌های درمانی و انجام مطالعات بلندمدت برای ارزیابی اثرات پایدار درمان احساس می‌شود (۸).

۲- درمان با پلاسمای غنی از پلاکت (Platelet-Rich Plasma)

پلاسمای غنی از پلاکت یا PRP به‌عنوان فرآورده‌ای غنی از پلاکت، شامل فاکتورهای رشد نظیر TGF- β ، PDGF، و VEGF است که می‌توانند فرآیندهای ترمیمی را تسریع بخشند. مطالعات تجربی و بالینی نشان داده‌اند که تزریق PRP به ناحیه آسیب‌دیده، موجب تحریک آنژیوژنز، تسریع بازسازی بافت همبند، و کاهش فرآیندهای التهابی می‌شود (۴۲). این روش به‌ویژه در درمان آسیب‌های خفیف تا متوسط ستون مهره و در کنار سایر روش‌های بازتوانی مانند فیزیوتراپی، نتایج بسیار امیدوارکننده‌ای نشان داده است (۴۳).

ی- درمان‌های مکمل:

۱- فیزیوتراپی:

فیزیوتراپی به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از درمان ترکیبی در اختلالات نخاعی حیوانات کوچک، نقش حیاتی در بازتوانی عملکردی و ارتقای کیفیت زندگی این بیماران ایفا می‌کند. بر اساس شدت و محل آسیب نخاعی، طیف وسیعی از مداخلات فیزیوتراپی شامل آب‌درمانی، تحریک الکتریکی عملکردی، ماساژ، تمرینات تقویتی عضلات عمقی، تمرینات

بحث

فیزیوتراپی و لیز درمانی و از وزن تراپی پس از جراحی به‌ویژه در بازگشت عملکرد حرکتی، کاهش درد و پیشگیری از آتروفی عضلات، غیرقابل انکار است.

از سوی دیگر، چالش‌هایی نظیر هزینه بالای برخی روش‌ها، نیاز به آموزش تخصصی، و محدودیت دسترسی در مناطق مختلف کشور، همچنان به‌عنوان موانعی جدی در مسیر گسترش این فناوری‌ها مطرح‌اند. بنابراین، حرکت به‌سوی آموزش جامع‌تر، ایجاد زیرساخت‌های فنی، و سیاست‌گذاری برای تسهیل دسترسی به روش‌های پیشرفته، باید بخشی از چشم‌انداز آینده دامپزشکی ایران به‌ویژه در حوزه درمان اختلالات ستون مهره باشد.

نتیجه‌گیری

درمان اختلالات ستون مهره در حیوانات کوچک با توجه به شیوع بالای بیماری‌هایی مانند بیماری دیسک بین‌مهره‌ای، نیازمند رویکردی چندوجهی، علمی و مبتنی بر شواهد است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که روش‌های جراحی نوین مانند روش‌های کم‌تهاجمی، جایگزینی دیسک مصنوعی، استفاده از راهنماهای جراحی چاپ سه‌بعدی، در کنار درمان‌های مکمل نظیر فیزیوتراپی، توانسته‌اند نتایج بهتری از منظر بازگشت عملکرد، کاهش درد و افزایش کیفیت زندگی به‌همراه داشته باشند. با این حال، ضرورت انجام مطالعات آینده‌نگر با جامعه آماری گسترده‌تر، برای ارزیابی طولانی‌مدت پیامدهای درمان، استانداردسازی پروتکل‌ها و تحلیل هزینه-اثربخشی روش‌ها، امری اجتناب‌ناپذیر است. علاوه بر این، آموزش مستمر دامپزشکان، فراهم‌سازی زیرساخت‌های فنی و حمایت از پژوهش‌های کاربردی، از پیش‌نیازهای مهم در بهره‌برداری موفق از این رویکردها می‌باشد.

در نهایت، آینده درمان بیماری‌های ستون مهره در حیوانات کوچک، وابسته به همگرایی دانش دامپزشکی، فناوری مهندسی پزشکی و درمان‌های بازسازی‌کننده خواهد بود. چنین چشم‌اندازی، امکان ارتقاء استانداردهای درمانی، کاهش بار بیماری، و افزایش سطح رفاه حیوانات را فراهم خواهد کرد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی روش‌های نوین درمانی در اختلالات ستون مهره حیوانات کوچک، گویای تغییر رویکردی چشمگیر در دامپزشکی مدرن است. در دهه‌های گذشته، درمان این اختلالات عمدتاً بر مبنای روش‌های دارویی و جراحی‌های تهاجمی کلاسیک استوار بود. با این حال، محدودیت‌های این روش‌ها از جمله اثربخشی موقت، خطر بالای عوارض پس از عمل، و کاهش کیفیت زندگی در بلندمدت، زمینه‌ساز توسعه و پذیرش فناوری‌ها و رویکردهای جدیدتر در این حوزه شده‌اند.

یکی از مهم‌ترین تغییرات، افزایش نقش فناوری در برنامه‌ریزی و اجرای درمان است. استفاده از تصویربرداری پیشرفته مانند سی‌تی‌اسکن و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی در شناسایی دقیق محل آسیب، شدت آن و تعیین استراتژی درمان، از ارکان اساسی تشخیص و درمان مؤثر به‌شمار می‌رود. این ابزارها به‌ویژه در هماهنگ‌سازی جراحی‌های کم‌تهاجمی و طراحی ایمپلنت‌های اختصاصی مؤثر واقع شده‌اند. استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی در تولید راهنماهای حفاری و دیسک‌های مصنوعی متناسب با آناتومی هر بیمار، دقت درمان را افزایش داده و مدت زمان جراحی و بیهوشی را کاهش داده است؛ امری که مستقیماً با کاهش خطرات و بهبود پیامدهای جراحی مرتبط است.

جایگزینی دیسک مصنوعی یکی از برجسته‌ترین پیشرفت‌های اخیر در درمان آسیب‌های دیسک بین‌مهره‌ای در حیوانات کوچک است. برخلاف فیوژن کلاسیک که حرکت سگمنت آسیب‌دیده را محدود کرده و خطر دژنراسیون سگمنت‌های مجاور را افزایش می‌دهد، این رویکرد توانسته عملکرد حرکتی را حفظ نموده و کیفیت زندگی بیماران را ارتقا دهد. یافته‌های گزارش‌شده در مطالعات بالینی نیز حاکی از بهبود قابل توجه عملکرد حرکتی، کاهش درد و حفظ نتایج مطلوب در پیگیری‌های طولانی‌مدت هستند (۳۳).

در حوزه درمان‌های بازسازی‌کننده، سلول درمانی و PRP حال کسب جایگاه در پروتکل‌های درمانی هستند. هرچند استفاده از این روش‌ها در دامپزشکی هنوز به‌طور کامل استاندارد نشده، اما نتایج اولیه و تجربیات کلینیکی، نویدبخش کاربرد گسترده‌تر در آینده نزدیک می‌باشد. همچنین، نقش درمان‌های غیرجراحی و مکمل نظیر

منابع

1. Salci H, Acar H, Taskapilioglu MO. Electromyographic evaluation of early stage results of exoscopic microdecompressive spinal surgery in dogs. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2020;48. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-9216.101278>
2. Ricciardi M, Campanella A, Grieco G, Zammit R. Usefulness of spinal unenhanced computed tomography and CT-myelography in the age of multidetector CT technology and magnetic resonance imaging-Preliminary considerations. *Open Veterinary Journal*. 2018;8(3):265-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ovj.v8i3.6>
3. Moore SA, Early PJ, Hettlich BF. Practice patterns in the management of acute intervertebral disc herniation in dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 2016;57(8):409-15. DOI: <https://doi.org/10.1111/jsap.12496>
4. Brock GW, Adeodato AG, Corrêa CG, Santana TA, Fernandes MEdSL, Coelho CMM. Prevalence and clinical features of neurological disorders in dogs attended at Federal Rural University of Rio de Janeiro (2017-2018). *Acta Veterinária Brasilica*. 2022;16(1). DOI: <https://doi.org/10.21708/avb.2022.16.1.10348>
5. Alshami AM. Prevalence of spinal disorders and their relationships with age and gender. *Saudi medical journal*. 2015;36(6):725. DOI: <https://doi.org/10.15537/smj.2015.6.11095>
6. Ricciardi M. Usefulness of multidetector computed tomography in the evaluation of spinal neuro-musculoskeletal injuries. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2016;29(01):1-13. DOI: [10.3415/VCOT-15-05-0082](https://doi.org/10.3415/VCOT-15-05-0082)
7. Hecht S, Cushing AC, Williams-Hagler DA, Craig LE, Thomas WB, Anderson KM, et al. Magnetic resonance imaging in 50 captive non-domestic felids-Technique and imaging diagnoses. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;9:827870. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.827870>
8. Levent AE, Tanaka M, Kumawat C, Heng C, Nikolaos S, Latka K, et al. Diagnostic Paradigm Shift in Spine Surgery. *Diagnostics*. 2025;15(5):594. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics15050594>
9. Park S-M, Kim H-J, Yeom JS. Is minimally invasive surgery a game changer in spinal surgery? *Asian Spine Journal*. 2024;18(5):743. DOI: <https://doi.org/10.31616/asj.2024.0337>
10. Sabapathy V, Tharion G, Kumar S. Cell therapy augments functional recovery subsequent to spinal cord injury under experimental conditions. *Stem Cells International*. 2015;2015(1):132172. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/132172>
11. Taylor JA, Bussi eres A. Diagnostic imaging for spinal disorders in the elderly: a narrative review. *Chiropractic & manual therapies*. 2012;20:1-19. DOI: <https://doi.org/10.1186/2045-709X-20-16>
12. Tender GC, Davidson C, Shields J, Robichaux J, Park J, Crutcher CL, et al. Primary pain generator identification by CT-SPECT in patients with degenerative spinal disease. *Neurosurgical Focus*. 2019;47(6):E18. DOI: <https://doi.org/10.3171/2019.9.FOCUS19608>
13. Verma M, Sood S, Singh B, Thakur M, Sharma S. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance perfusion volumetrics can differentiate tuberculosis of the spine and vertebral malignancy. *Acta Radiologica*. 2022;63(11):1504-12. DOI: <https://doi.org/10.1177/02841851211043838>
14. Vedantam A, Jirjis MB, Schmit BD, Wang MC, Ulmer JL, Kurpad SN. Diffusion tensor imaging of the spinal cord: insights from animal and human studies. *Neurosurgery*. 2014;74(1):1-8. DOI: [10.1227/NEU.0000000000000171](https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000171)
15. Weber G, Morton J, Keates H. Postoperative pain and perioperative analgesic administration in dogs: practices, attitudes and beliefs of Queensland

- veterinarians. *Australian Veterinary Journal*. 2012;90(5):186-93. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2012.00901.x>
16. Hammad A, Wirries A, Ardeshiri A, Nikiforov O, Geiger F. Open versus minimally invasive TLIF: literature review and meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2019;14:1-21. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1266-y>
 17. Hyun S-J, Lee BH, Park J-H, Kim K-J, Jahng T-A, Kim H-J. Proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure following adult spinal deformity surgery. *Korean Journal of Spine*. 2017;14(4):126. DOI: <https://doi.org/10.14245/kjs.2017.14.4.126>
 18. Kang T, Park SY, Kang CH, Lee SH, Park JH, Suh SW. Is biportal technique/endoscopic spinal surgery satisfactory for lumbar spinal stenosis patients?: a prospective randomized comparative study. *Medicine*. 2019;98(18):e15451. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000015451>
 19. Itamoto K, Itoh H, Sunahara H, Horikirizono H, Nemoto Y, Tani K, et al. Comparison of surgical invasiveness between micro-endoscopic discectomy/microscopic discectomy and conventional hemilaminectomy in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2023;85(6):617-24. DOI : <https://doi.org/10.1292/jvms.22-0226>
 20. Gong Y, Fu G, Li B, Li Y, Yang X. Comparison of the effects of minimally invasive percutaneous pedicle screws osteosynthesis and open surgery on repairing the pain, inflammation and recovery of thoracolumbar vertebra fracture. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2017;14(5):4091-6. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2017.5036>
 21. Kim J-E, Choi D-J, Park EJ. Risk factors and options of management for an incidental dural tear in biportal endoscopic spine surgery. *Asian Spine Journal*. 2020;14(6):790. DOI: <https://doi.org/10.31616/asj.2019.0297>
 22. Łątka K, Kołodziej W, Pawuś D, Waligóra M, Trompeta J, Klepinowski T, et al. Extremely rare complications in Uniportal spinal endoscopy: A systematic review with unique case analyses. *Journal of clinical medicine*. 2024;13(6):1765. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13061765>
 23. Butler AJ, Brusko GD, Wang MY. Awake endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a technical note. *HSS Journal®*. 2020;16(2):200-4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11420-020-09748-6>
 24. Perez-Jimenez EE, Biedrzycki AH, Morton AJ, McCarrel TM. Three-dimensional printed guides for screw placement in equine navicular bones. *Veterinary Surgery*. 2021;50(4):758-66. DOI: <https://doi.org/10.1111/vsu.13616>
 25. Hu X, Kenan S, Cheng M, Cai W, Huang W, Yan W. 3D-Printed patient-customized artificial vertebral body for spinal reconstruction after total en bloc spondylectomy of complex multi-level spinal tumors. *International Journal of Bioprinting*. 2022;8(3):576. DOI: <https://doi.org/10.18063/ijb.v8i3.576>
 26. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomedical engineering online*. 2016;15:1-21. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0236-4>
 27. Cool J, Van Schuppen J, De Boer M, Van Royen B. Accuracy assessment of pedicle screw insertion with patient specific 3D-printed guides through superimpose CT-analysis in thoracolumbar spinal deformity surgery. *European Spine Journal*. 2021;30:3216-24. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-021-06951-9>
 28. Hamilton-Bennett SE, Oxley B, Behr S. Accuracy of a patient-specific 3D printed drill guide for placement of cervical transpedicular screws. *Veterinary surgery*. 2018;47(2):236-42. DOI: <https://doi.org/10.1111/vsu.12734>
 29. Fujioka T, Nakata K, Nishida H, Sugawara T, Konno N, Maeda S, et al. A novel patient-specific drill guide template for

- stabilization of thoracolumbar vertebrae of dogs: cadaveric study and clinical cases. *Veterinary Surgery*. 2019;48(3):336-42. DOI: <https://doi.org/10.1111/vsu.13140>
30. Angelini A, Trovarelli G, Berizzi A, Pala E, Breda A, Ruggieri P. Three-dimension-printed custom-made prosthetic reconstructions: from revision surgery to oncologic reconstructions. *International Orthopaedics*. 2019;43:123-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4232-0>
 31. Shao Z-X, Wang J-S, Lin Z-K, Ni W-F, Wang X-Y, Wu A-M. Improving the trajectory of transpedicular transdiscal lumbar screw fixation with a computer-assisted 3D-printed custom drill guide. *PeerJ*. 2017;5:e3564. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.3564>
 32. Kosmopoulos V, McManus J, Schizas C. Consequences of patient position in the radiographic measurement of artificial disc replacement angles. *European Spine Journal*. 2008;17:30-5. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0486-8>
 33. Lehman Jr RA, Lenke LG. Long-segment fusion of the thoracolumbar spine in conjunction with a motion-preserving artificial disc replacement: case report and review of the literature. *Spine*. 2007;32(7):E240-E5. DOI: [10.1097/01.brs.0000259211.22036.2a](https://doi.org/10.1097/01.brs.0000259211.22036.2a)
 34. Bao D, Li D. Anterior spinal instrumentation combining a prosthetic disc nucleus with a flexible stabilization device: Manufacture and use in intervertebral disc repair. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2018;15(3):3040-4. DOI: <https://doi.org/10.3892/etm.2018.5745>
 35. Cunningham BW, Gordon JD, Dmitriev AE, Hu N, McAfee PC. Biomechanical evaluation of total disc replacement arthroplasty: an in vitro human cadaveric model. *Spine*. 2003;28(20S):S110-S7. DOI: [10.1097/01.BRS.0000092209.27573.90](https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000092209.27573.90)
 36. Kasliwal MK, Deutsch H. Lumbar disc replacement in adolescents: An initial experience in two cases. *Journal of Pediatric Neurosciences*. 2012;7(2):129-32. DOI: [10.4103/1817-1745.102577](https://doi.org/10.4103/1817-1745.102577)
 37. Kotani Y, Abumi K, Shikinami Y, Takahata M, Kadoya K, Kadosawa T, et al. Two-year observation of artificial intervertebral disc replacement: results after supplemental ultra—high strength bioresorbable spinal stabilization. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2004;100(4):337-42. DOI: <https://doi.org/10.3171/spi.2004.100.4.0337>
 38. Bajnoczy S. Artificial disc replacement—Evolutionary treatment for degenerative disc disease. *AORN journal*. 2005;82(2):191-206. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0001-2092\(06\)60311-6](https://doi.org/10.1016/S0001-2092(06)60311-6)
 39. Hernandez J, Torres-Espin A, Navarro X. Adult stem cell transplants for spinal cord injury repair: current state in preclinical research. *Current stem cell research & therapy*. 2011;6(3):273-87. DOI: <https://doi.org/10.2174/157488811796575323>
 40. Ridlen R, Marsters V, Clarke E, McGrath K, Gorrie CA. Development of a chronic compression spinal cord injury model in neonatal and adult rats. *Animal Models and Experimental Medicine*. 2024;7(5):758-68. DOI: <https://doi.org/10.1002/ame2.12484>
 41. Chen KS, Sakowski SA, Feldman EL. Intraspinal stem cell transplantation for amyotrophic lateral sclerosis. *Annals of neurology*. 2016;79(3):342-53. DOI: <https://doi.org/10.1002/ana.24584>
 42. Bergh A, Lund I, Boström A, Hyytiäinen H, Asplund K. A systematic review of complementary and alternative veterinary medicine: "Miscellaneous therapies". *Animals*. 2021;11(12):3356. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11123356>
 43. Weiermayer P, Frass M, Peinbauer T, Ellinger L, De Beukelaer E. Evidence-Based Human Homeopathy and Veterinary Homeopathy. Comment on Bergh et al. A Systematic Review of Complementary and Alternative Veterinary Medicine: "Miscellaneous Therapies". *Animals* 2021, 11, 3356. *Animals*.

- 2022;12(16):2097. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12162097>
44. Costa R, Hassur R, Jones T, Stein A. The use of pain scales in small animal veterinary practices in the USA. *Journal of small animal practice*. 2023;64(4):265-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/jsap.13581>
45. Stanossek I, Wehrend A. Application of veterinary naturopathy and complementary medicine in small animal medicine—A survey among German veterinary practitioners. *Plos one*. 2022;17(2):e0264022. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264022>
46. Bocci V, Zanardi I, Travagli V. Oxygen/ozone as a medical gas mixture. A critical evaluation of the various methods clarifies positive and negative aspects. *Medical gas research*. 2011;1:1-9. DOI: <https://doi.org/10.1186/2045-9912-1-6>
47. Orlandin JR, Machado LC, Ambrósio CE, Travagli V. Ozone and its derivatives in veterinary medicine: A careful appraisal. *Veterinary and Animal Science*. 2021;13:100191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100191>
48. Keyerleber MA, McEntee MC, Farrelly J, Podgorsak M. Completeness of reporting of radiation therapy planning, dose, and delivery in veterinary radiation oncology manuscripts from 2005 to 2010. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2012;53(2):221-30. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2011.01882.x>

Abstracts in English

Novel Approaches in the Treatment of Vertebral Column Disorders in Small Animals**Mir Sepehr Pedram^{1,2,*}, Mahyar Mohebbi¹**

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

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

[mpedram@ut.ac.ir*](mailto:mpedram@ut.ac.ir)

Background: Vertebral column disorders represent prevalent clinical challenges in small animals (particularly dogs and cats), significantly impacting mobility and quality of life, thus requiring effective and occasionally urgent clinical management. This article is a review article.

Objectives:

To review modern methods in the diagnosis and treatment of vertebral column disorders in small animals.

Methods: In this review, modern diagnostic and therapeutic methods were gathered and analyzed based on published evidence and studies.

Results: Traditional surgical techniques such as laminectomy and hemilaminectomy, while effective in reducing neurological symptoms, are associated with significant disadvantages including extensive soft tissue invasion, risk of infection, bleeding, secondary nerve damage, long recovery periods, and high costs. Modern diagnostic advances such as CT imaging (with high accuracy in bone injuries) and MRI (superior in evaluating soft tissues and spinal cord) enable more accurate assessment and targeted treatment planning for spinal problems. In the field of treatment, minimally invasive spine surgery using small incisions and endoscopic instruments provides advantages including reduced tissue damage, less bleeding, limited post-operative pain, and shorter convalescence. Three-dimensional printing technology increases the accuracy of prosthesis placement, and artificial disc replacement as an alternative to traditional fusion, while preserving segmental movement and preventing degeneration of adjacent vertebrae, creates better functional outcomes in predisposed breeds. Regenerative therapies such as stem cell use and platelet-rich plasma, along with complementary methods like physiotherapy and ozone therapy, form a more comprehensive approach.

Conclusions: Modern methods provide more effective and less invasive treatment options. However, challenges including high equipment costs, need for specialized training, and the necessity of protocol standardization require future attention.

Keywords: Spinal disorders, Small animals, Minimally invasive surgery, Traditional surgery, Three-Dimensional printing