

التیام

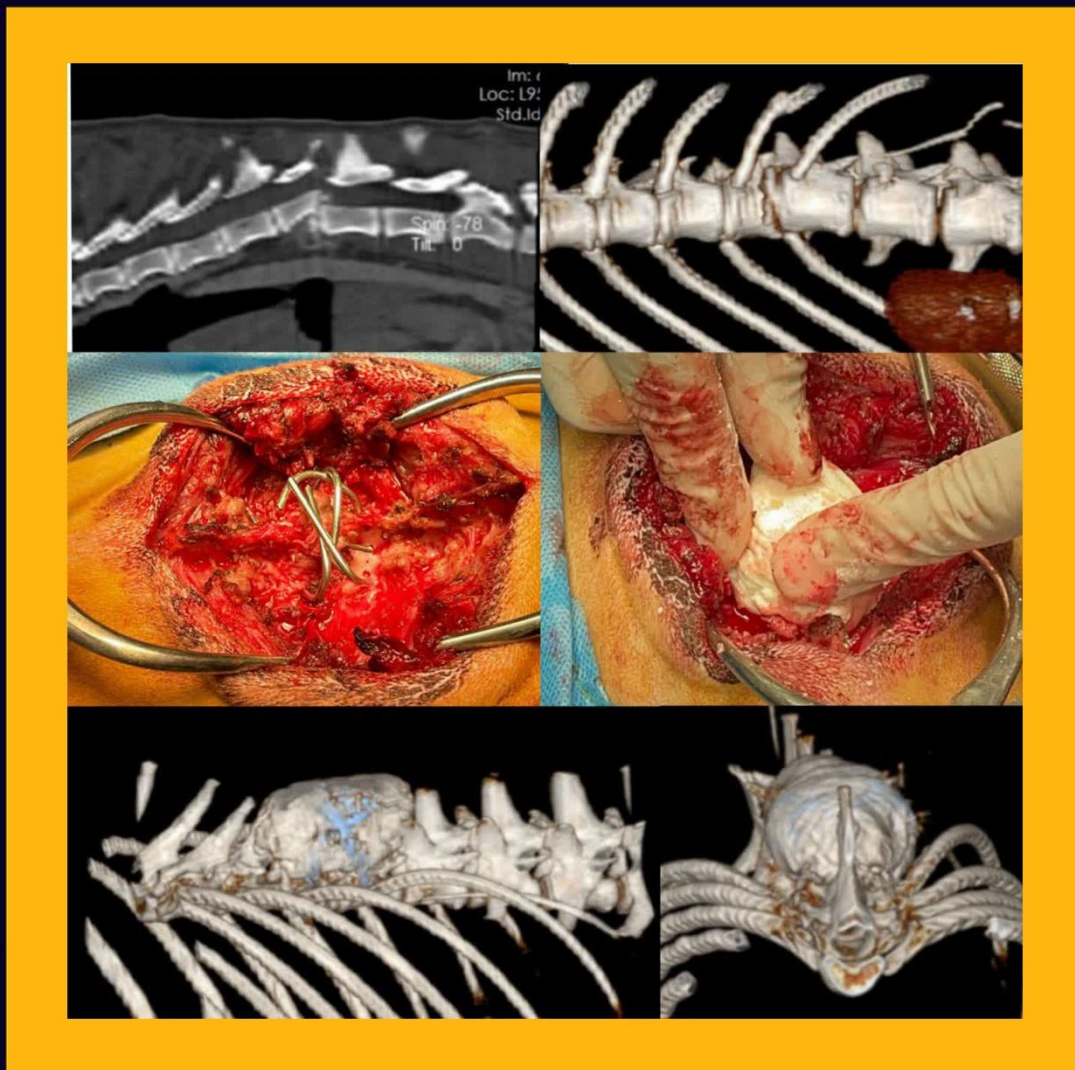
نشریه علمی



جراحی ستون مهرهها در دامهای کوچک، چالشها و پیشرفتها

سر دبیر مهمان

دکتر محمد مهدی دهقان



دوره ۱۲ شماره ۱. ۱۴۰۴

التیام

نشریه علمی انجمن جراحی دامپزشکی ایران

با اعتبار علمی به شماره ۸۴/۱۸/۸۰۵۵ مورخ ۱۳۹۳/۱۰/۲۵

از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

نمایه شده در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام www.isc.gov.ir

پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی www.sid.ir

بانک اطلاعات نشریات کشور www.magiran.com



دوره ۱۲ شماره ۱. ۱۴۰۴

Print-ISSN: 5695-2423

Electronic-ISSN: 27833291

التیام

جراحی ستون مهره‌ها در دام‌های کوچک، چالش‌ها و پیشرفت‌ها

صاحب امتیاز: انجمن جراحی دامپزشکی ایران

سردبیر: دکتر احمدرضا محمدنیا

سردبیر مهمان: دکتر محمدمهدی دهقان

(استاد جراحی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران)

مدیر داخلی: دکتر مرضیه فائزی

هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

دکتر بهارک اختردانش (استاد داخلی دام‌های کوچک، دانشکده دامپزشکی شهید باهنر کرمان)

دکتر آذین توکلی (دانشیار جراحی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد گرمسار)

دکتر محمد مهدی دهقان (استاد جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران)

دکتر ابوتراب طباطبایی نایینی (استاد جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز)

دکتر محمد مهدی علومی (استاد جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید باهنر کرمان)

دکتر سید مهدی قمصری (استاد جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران)

دکتر احمدرضا محمدنیا (دانشیار جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد)

دکتر ایرج نوروزیان (استاد جراحی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران)

آدرس دبیرخانه: خراسان رضوی - مشهد - بزرگراه آسیایی - روبه روی بیمارستان رضوی - بیمارستان و

پلی کلینیک تخصصی دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد، کد پستی: ۹۱۸۷۱۹۵۷۸۶

تلفن: ۰۵۱ - ۳۶۵۷۹۴۳۰ - ۰۵۱ - ۳۶۵۷۹۴۳۰ - ۰۵۱ - ۳۶۵۷۹۴۳۰

وب سایت: www.eltiamjournal.ir

پست الکترونیک: eltiam.ivsa@yahoo.com

سخن سردبیر

دوره تخصصی جراحی دامپزشکی از اولین دوره های تخصصی علوم درمانگاهی بود که به شکل جراحی عمومی دامپزشکی برای تامین اعضای هیات علمی دانشگاه های کشور طراحی و اجرا شد. با گذر زمان و تغییرات بسیار زیاد در بازار کار، بیشتر دانش آموختگان این دوره در قسمت های مختلف بخش خصوصی مشغول به کار شدند و احساس نیاز به تحرکات تخصصی تر بوجود آمد. به موازات این احساس نیاز همکاران دانشگاهی نیز فعالیت خود در راه زمینه های اختصاصی مختلف محدود کردند به گونه ای که در بسیاری از دانشگاه های کشور با وجودی که بیشتر همکاران متخصص جراحی عمومی دامپزشکی هستند ولی در زمینه ای خاص مهارت بیشتری یافته و به نوعی متخصص در آن زمینه محسوب می گردند. اینکه این رخداد خوبی برای حرفه جراحی محسوب می گردد یا خیر خارج از حوصله این مختصر است و در اینجا تنها به وجود این رخداد اشاره کردم. حوزه های مختلفی همچون مدیریت زخم، ارتوپدی، لنگش و در این نگاه مورد توجه همکاران در شماره های مختلف مجله التیام قرار گرفته است و در شماره جاری نیز شاهد نگارش مجموعه مقالات در یکی از تخصصی ترین حوزه های مربوط به " جراحی ستون مهره ها " هستیم.

مجله التیام به عنوان تنها مجله ای که چشم انداز اصلی کار آن حوزه انتشار مقالات مروری با نظارت سردبیر مهمان (فردی شناخته شده در زمینه کاری خود) است، با انتشار این شماره وارد دوره دوازدهم انتشار خود می گردد. برخورد لازم می دانم ضمن تشکر از آقای دکتر محمد مهدی دهقان استاد محترم دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران که زحمت سردبیری این شماره را تقبل نمودند، از بزرگانی که در یکی از حوزه های مربوط به علوم درمانگاهی با نگاهی ویژه به التیام تجربه ای دارند، دعوت نمایم تا پیشنهاد خود برای شکل دهی یک شماره از التیام را برای اینجانب ارسال فرمایند تا در صورت تصویب هیات تحریریه نسبت به انجام مراحل بعدی آن اقدام گردد.

از تمامی دست اندرکاران صفحه آرایی، پشتیبانی و مدیریت داخلی نشریه سپاسگزارم و امیدوارم که در سایه این تلاش جمعی حاصلی درخور خوانندگان گرامی فراهم شده باشد.

دکتر احمد رضا محمدنیا

سردبیر مجله التیام

فهرست مطالب

۶.....	سخن سردبیر مهمان.....
۷.....	آناتومی کاربردی ستون مهره در دام های کوچک.....
۱۷.....	تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ.....
۳۱.....	ملاحظات بیهوشی و مدیریت درد در جراحی‌های ستون فقرات در حیوانات کوچک.....
۴۱.....	رهیافت های جراحی در درمان بیماری‌های دیسک بین مهره‌ای در حیوانات کوچک.....
۷۴.....	تکنیک‌های پایدارسازی ستون مهره ها در حیوانات کوچک: مروری بر آخرین پیشرفت‌ها.....
۹۶.....	پیشرفت‌ها و روش های نوین در درمان مشکلات ستون مهره ها در حیوانات کوچک.....
۱۰۹.....	عوارض جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک.....
۱۲۸.....	درمان جراحی ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ها در حیوانات کوچک: نتایج و جهت‌گیری‌های آینده.....
۱۳۵.....	چالش‌های تشخیصی و درمانی تومورهای نخاعی در سگ‌ها.....
۱۴۸.....	بررسی اثر درمان‌های موضعی مختلف بر فشار داخل چشمی در مدل حیوانی کدورت قرنیه.....
۱۵۵.....	ارزیابی تاثیر عصارهی الکلی گیاه جعفری بر التیام زخمهای جلدی عفونی و استرس اکسیداتیو در رت.....
۱۷۲.....	بررسی تاثیر بزاق زالو در ترمیم زخم باز عفونی با باکتری پروتئوس میرابیلیس در رت.....

به نام خداوند جان آفرین

ستون مهره‌ها به‌عنوان محور مرکزی اسکلت بدن و محافظ نخاع، نقشی اساسی در حرکت، تعادل و سلامت حیوانات دارد. هرگونه اختلال در این ساختار پیچیده به‌ویژه در سگ‌ها و گربه‌ها، می‌تواند درد شدید، اختلالات عصبی قابل توجه و کاهش چشمگیر کیفیت زندگی را به دنبال داشته باشد. با افزایش موارد ابتلا به بیماری‌های ستون مهره‌ها و نیز پیشرفت‌های شایان توجه در تشخیص و درمان این اختلالات، تصمیم گرفته شد تا این شماره مجله التیام به این حوزه مهم اختصاص داده شود.

در دهه های اخیر، دانش بشری درباره بیماری‌های ستون مهره ها و نخاع جهشی قابل توجه داشته است. فناوری‌های تصویربرداری مانند ام آر آی و سی‌تی‌اسکن، امکان بررسی دقیق‌تر ضایعات را فراهم کرده و مسیر تصمیم‌گیری درمانی را روشن‌تر ساخته است. در کنار آن، شناخت عمیق‌تر از فرآیندهای مولکولی و پاتولوژیک بیماری‌هایی نظیر فتق دیسک بین‌مهره‌ای، زمینه‌ساز توسعه روش‌های درمانی مؤثرتر شده است.

در عرصه جراحی نیز پیشرفت‌ها چشمگیر بوده است. امروزه جراحان دامپزشک به مجموعه گسترده‌ای از تکنیک‌ها برای کاهش فشار از روی نخاع، تثبیت مهره‌ها و اصلاح ناهنجاری‌های مادرزادی ستون مهره‌ها دسترس دارند. انتخاب مناسب‌ترین روش، به نوع ضایعه، شرایط بیمار و قضاوت بالینی جراح بستگی دارد. پیشرفت در طراحی ایمپلنت‌ها و به‌کارگیری فناوری چاپ سه‌بعدی، تثبیت دقیق‌تر و کم‌خطرتر ناپایداری ستون مهره‌ها را امکان‌پذیر کرده است.

مدیریت بیهوشی و کنترل درد نیز در افزایش موفقیت جراحی‌های ستون مهره‌ها جایگاهی حیاتی داشته است. رویکردهای نوین در این دو حوزه، هم‌ایمی بیماران را افزایش داده و هم دوره نقاهت پس از جراحی را کوتاه‌تر و قابل‌تحمل‌تر کرده است. بدیهی است که تشخیص زودهنگام، برنامه‌ریزی دقیق درمان و مراقبت‌های پس از عمل، نقش تعیین‌کننده‌ای در بازیابی عملکرد عصبی در بیماران را دارند.

مقالات این شماره طیفی گسترده‌ای از مباحث نظری و بالینی مرتبط با جراحی‌های ستون مهره‌ها در حیوانات کوچک را از آناتومی کاربردی و پاتوفیزیولوژی بیماری‌های شایع، تا روش‌های درمانی جدید، تکنیک‌های تثبیت مهره‌ها، مدیریت درد و بیهوشی، چالش‌های جراحی ناهنجاری‌های مادرزادی و تومورهای نخاعی، و همچنین بررسی عوارض احتمالی مداخلات جراحی را پوشش می‌دهند. علاوه بر این، به رویکردهای کم‌تهاجمی، فناوری‌های نوین و چشم‌اندازهای پژوهشی آینده نیز پرداخته شده است. نویسندگان مقالات گروهی از همکاران جراح دامپزشک با سابقه کشور هستند که سال‌ها در حوزه تخصصی خود به درمان و پژوهش پرداخته‌اند و در کنار مباحث علمی، نکات ارزشمند عملی و تجربیات بالینی خود را نیز در اختیار خوانندگان قرار داده‌اند.

امید است مجموعه مقالات این شماره از مجله التیام بتواند برای متخصصان جراحی دامپزشکی، دامپزشکان عمومی، پژوهشگران و دانشجویان دامپزشکی نه‌تنها تصویری جامع از بیماری‌های ستون مهره‌ها و روش‌های درمان آن‌ها در حیوانات کوچک را ترسیم کند، بلکه انگیزه‌ای برای گسترش مهارت‌ها و نگاه پژوهش‌محور در این حوزه را نیز فراهم آورد، زیرا که هم‌افزایی میان روش‌های نوین جراحی و پژوهش‌های پیشرفته، نقشی اساسی در بهبود نتایج درمان‌ها و ارتقای کیفیت زندگی بیماران خواهد داشت.

در پایان، از استاد گرامی جناب آقای دکتر احمدرضا محمدنیا ریاست محترم انجمن جراحی دامپزشکی ایران، مدیر مسئول و سردبیر مجله و سرکار خانم دکتر مرضیه فائزی مدیر محترم داخلی مجله، که با تلاش و اهتمام و صبوری ارزشمند خود زمینه تهیه و انتشار این شماره را فراهم ساختند، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

محمد مهدی دهقان

استاد گروه جراحی و تصویر برداری تشخیصی

دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران



التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

<http://eltiamjournal.ir/>

آناتومی کاربردی ستون مهره در دام های کوچک

جواد صادقی نژاد

گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

sadeghinezhad@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

doi <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.1>

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: مطالعه مروری بر آناتومی کاربردی ستون مهره در سگ و گربه
هدف: بیان آناتومی پایه مهره ها در نواحی مختلف ستون مهره، شکل بندی، آناتومی سطحی، آناتومی رادیولوژی و آناتومی کاربردی مهره ها، دیسک های بین مهره ای و کانال مهره ای در دام های کوچک
روش کار: مطالعه مروری با استفاده از منابع منتشر شده در زمینه آناتومی ستون مهره در گوشتخواران در کتب ملی و بین المللی

نتایج: قسمت های کمی از ستون مهره در دام های کوچک قابل لمس هستند. تمام مراکز استخوان سازی معمولاً طی سال اول پس از تولد در دام های کوچک بسته می شوند به غیر از مهره های ناحیه خاجی که با کمی تاخیر انجام می شود. مهره یازدهم سینه ای، مهره آنتی کلینال محسوب می شود و به خوبی در رادیوگراف قابل تشخیص است. در سطح شکمی برخی مهره های دمی در بسیاری از سگ ها و گربه ها کمان خونی وجود دارد. رباط طولی پشتی در ناحیه گردنی قوی است و از بیرون زدگی پشتی دیسک به داخل کانال مهره ای در این ناحیه جلوگیری می کند اما بیرون زدگی های پشتی-جانبی به طرف ریشه های عصب نخاعی می تواند روی دهد. حدوداً ۱۵ درصد از مشکلات دیسک های بین مهره ای در سگ در ناحیه گردنی روی می دهد. در مفاصل بین مهره ای سینه ای عقب تر و همچنین در مفاصل بین مهره ای کمری میزان مشکلات دیسک های بین مهره ای بیشتر است و به ۸۵ درصد می رسد. انتهای طناب نخاعی در سگ مهره ششم یا هفتم کمری است. در سگ های با جنه بزرگ طناب نخاعی کمی جلوتر است. در گربه و برخی نژاد های کوچک سگ طناب نخاعی ممکن است تا S1 هم برسد. بیرون زدگی دیسک بین مهره ای در سگ های کوچک مشکلات بالینی بیشتری را به وجود می آورد.

نتیجه گیری نهایی: در مقاله ی حاضر ضمن بررسی آناتومی ستون مهره در دام های کوچک به بیان آناتومی کاربردی برای استفاده در رادیولوژی و جراحی نیز پرداخته شد.

واژه های کلیدی: آناتومی کاربردی، ستون مهره، دام های کوچک

مقدمه

انتهای خلفی ستون مهره گردنی منعطف ترین قسمت ستون مهره است و با همین خصوصیت سگ می تواند با دهان خود تقریباً به همه قسمت های تنه و اندام ها دسترسی داشته باشد. خم شدن شکمی برای پایین آوردن سر به طرف زمین هم به وسیله حرکت در مفاصل مهره های سینه ای جلویی تامین می شود. تحرک زیاد مهره های سینه ای خلفی و کمری هم منجر به باز شدن و خم شدن ناحیه پشت (Back) می شود که برای حرکت سریع در سگ و گربه ضروری است. حرکت خم شدن جانبی مفاصل مهره های سینه ای و کمری هم زیاد است و بخاطر این ویژگی سگ ها می توانند در حالت خواب چنبره بزنند. باید خاطرنشان کرد که ستون مهره گربه نرم تر و دارای قابلیت ارتجاع بیشتری نسبت به سگ است (۲).

آناتومی سطحی (Surface anatomy)

قسمت های کمی از ستون مهره در دام های کوچک قابل لمس هستند. برجستگی خارجی پس سری (External occipital protuberance) یک لندمارک مشخص برای انتهای قدامی گردن محسوب می شود و در عقب آن بال های اطلس و زوائد شوکی استخوان محور قابل تشخیص است. بقیه مهره های گردنی به صورت عمقی قرار گرفته اند و تنها زوائد شوکی و عرضی آن ها به سختی قابل لمس است. در مورد بقیه مهره های ستون مهره هم فقط نوک زوائد شوکی قابل لمس است (۲).

مهره های گردنی (Cervical vertebrae)

تمام پستانداران اهلی با وجود اندازه های متفاوت گردن، ۷ مهره گردنی دارند که در این میان مهره های اول و دوم گردنی حرکات آزادانه سر را فراهم می آورند و به این دلیل شکل آن ها نیز متفاوت است.

اطلس (Atlas) به صورت حلقه استخوانی و فاقد بدنه است. سوراخ بالی (Alar foramen) که در گونه های دیگر وجود دارد در دام های کوچک به صورت یک بریدگی (Alar notch) در لبه جلویی بال اطلس مشخص است که محل عبور شاخه شکمی اولین عصب نخاعی است. سوراخ جانبی مهره (Lateral vertebral foramen) که در قسمت قدامی پشتی کمان مهره قرار دارد محل عبور اولین عصب نخاعی است. سوراخ عرضی (Transverse foramen) که به صورت کانالی مورب

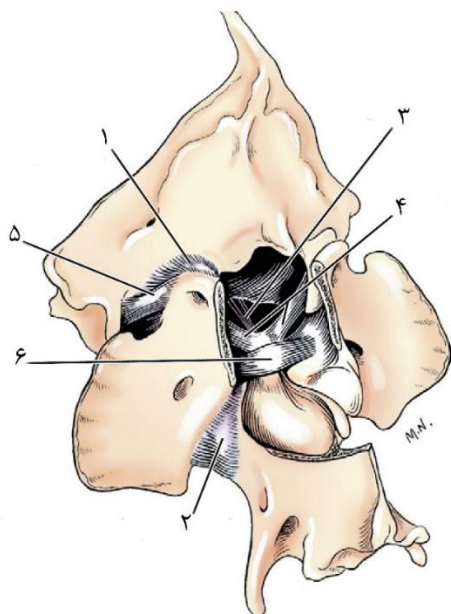
ستون مهره یک محور استخوانی قابل انعطاف است که نیروی محرکه ایجاد شده توسط اندام های خلفی را به باقی مانده تنه منتقل می کند. افزون بر آن، ستون مهره حفاظت طناب نخاعی و ریشه های اعصاب نخاعی را نیز بر عهده دارد. حرکت اصلی ستون مهره باز شدن (Extension)، خم شدن (Flexion)، خم شدن به جولنب (Lateral flexion) و چرخش (Rotation) می باشد. در حرکت خم شدن، در ستون مهره یک قوس پشتی ایجاد می شود و نواحی سر و لگن به طرف و نترال حرکت می کنند و نزدیک سطح زمین قرار می گیرند. این در حالی است که در حرکت باز شدن، یک قوس شکمی در ستون مهره ایجاد می شود و طی آن نواحی سر و لگن به طرف دورسال (پشت) حرکت می کنند و از سطح زمین دور می شوند. از دیدگاه بیومکانیک، ستون مهره و عضلات متصل به آن ساختار کمان و زه را در بدن به وجود می آورند، که در استاتیک و دینامیک تنه نقش دارند. بر این اساس، ستون مهره قسمت کمان (Bow) را تشکیل می دهد و قسمت زه (String) هم به وسیله خط سفید (Linea alba) و عضلات شکم ایجاد می شود. ساختار کمان و زه در جلو به دنده ها و در عقب به لگن متصل است و به آن اندام های قدامی و خلفی ضمیمه شده اند.

ستون مهره از مهره ها تشکیل می شود که در ۵ گروه شامل مهره های گردنی، سینه ای، کمری، خاجی و دمی سازمان یافته اند. در سگ ۷ مهره گردنی، ۱۳ مهره سینه ای، ۷ مهره کمری، ۳ مهره خاجی و در حدود ۲۰ مهره دمی وجود دارد. در گربه هم به جز مهره های دمی، تعداد سایر مهره ها شبیه سگ است. مهره ها جزء استخوان های نامنظم هستند که لایه نازکی از استخوان متراکم در اطراف و استخوان اسفنجی در وسط دارند. به طور کلی هر مهره دارای سه قسمت بدنه، کمان و زوائد است (۱).

شکل بندی (Conformation)

ستون مهره به صورت یک زنجیره افقی از مهره ها دارای چهار انحنا است:

- ۱- انحناى محدب پشتی بین سر و گردن
- ۲- انحناى مقعر پشتی بین گردن و قفسه سینه
- ۳- انحناى محدب پشتی بین قفسه سینه و ناحیه کمر
- ۴- انحناى محدب پشتی در ناحیه خاجی (۱)



تصویر ۱. رباطات مفصل اطلس-پس سری و اطلس-محور در سگ.
 ۱: کپسول مفصلی اطلس-پس سری، ۲: کپسول مفصلی اطلس-محور،
 ۳: رباط راسی دندان، ۴: رباطات بالی، ۵: رباط اطلس-پس سری
 جانبی، ۶: رباط عرضی اطلس (۳).

دندان محور نقش مهمی در ثبات مفصل اطلس-محور دارد و در ناهنجاری های صفحه رشد مثل بسته شدن زود هنگام، بسته شدن ناقص و یا عدم بسته شدن، ایستایی این مفصل از دست رفته و *subluxation* در این مفصل خصوصا در نژاد های کوچک روی می دهد که باعث کج شدن یا جابجایی استخوان محور به طرف دورسال در کانال مهره ای و فشار بر روی نخاع می شود.

در مهره های سوم تا هفتم گردنی زائده شوکی به تدریج بلندتر می شود و زوائد عرضی هم دارای توپرکل پشتی و شکمی است. توپرکل شکمی مهره ششم گردنی به صورت صفحه درآمده و لامینای شکمی (*Ventral lamina*) نام دارد. به طور کلی زولند عرضی شش مهره اول گردنی دارای سوراخ عرضی هستند که با در کنار هم قرار گرفتن این سوراخ ها، کلنال عرضی در دو طرف این مهره ها تشکیل می شود که محل عبور عروق مهره ای و نیز عصب مهره ای (حاوی آکسون های پس سیناپسی سمپاتیکی) است. انتهای خلفی مهره هفتم گردنی دارای گودی مفصلی برای مفصل شدن سر دنده اول است (۳ و ۴).

مهره های سینه ای (Thoracic vertebrae)

زوائد شوکی مهره های سینه ای نیمه جلویی تقریبا یک اندازه هستند اما زوائد شوکی نیمه خلفی ستون مهره سینه ای به تدریج کوتاه تر می شوند. زوائد شوکی مهره

بر روی بال اطلس قرار دارد، محل عبور شریان و ورید مهره ای (*Vertebral artery and vein*) است. گودی مفصلی قدامی (*Cranial articular fovea*) که از کمان های پشتی و شکمی اطلس به وجود می آید با کندیل های استخوان پس سری (*Occipital*) مفصل می شود. غشای اطلس-پس سری (*Atlanto-occipital membrane*) از لبه پشتی سوراخ مگنوم به کمان پشتی اطلس متصل است و در زمان نمونه گیری مایع مغزی نخاعی و یا تزریق ماده حاجب در فضای زیر عنکبوتیه سوراخ می شود.

استخوان محور (*Axis*) بواسطه طول و همچنین زائده شوکی مشخص آن قابل تشخیص است. زائده شوکی محور در جلو و عقب این مهره ادامه دارد و کمان پشتی اطلس (در جلو) و لامینای مهره سوم (در عقب) را می پوشاند. انتهای قدامی محور دارای زائده دندانی شکل به نام دندان (*Dens*) است که بر روی سطح پشتی کمان شکمی اطلس قرار می گیرد. مفصل اطلس-محور (*Atlantoaxial*) دارای یک حفره مفصلی است که حرکت آن چرخش سر است. غشای اطلس-محور (*Atlantoaxial membrane*) فضای بین کمان مهره های (*Interarcuate space*) اول و دوم را می پوشاند و قسمت میانی آن به وسیله رشته های الاستیک ضخیم شده و رباط اطلس-محور پشتی نام دارد که نوک زائده شوکی محور را به توپرکل کمان پشتی اطلس متصل می کند. رباط راسی دندان (*Apical ligament of the dens*) از راس دندان استخوان محور به استخوان قاعده ای پس سری (*Basioccipital*) در سطح شکمی سوراخ مگنوم متصل می شود. یک زوج رباطات بالی (*Alar ligaments*) هم در دو طرف این رباط، از راس دندان محور به لبه های شکمی-جانبی سوراخ مگنوم متصل هستند. دندان محور توسط یک رباط دیگر به نام رباط عرضی اطلس (*Transverse atlantal ligament*) بر روی استخوان اطلس نگهداری می شود. این رباط یک سمت بال شکمی اطلس را به سمت دیگر آن متصل می کند و از سطح پشتی دندان محور عبور می کند و دندان را بر روی اطلس نگه می دارد. یک بورس سینوویال بین سطح شکمی این رباط و دندان محور وجود دارد که از حرکت غیر ضروری دندان در کانال مهره ای و آسیب به نخاع جلوگیری می کند (تصویر ۱).

یک سانتی متر هستند. برای پیدا کردن این فضا می توان بالاترین نقطه قابل لمس بال استخوان خاصره در هر طرف را تعیین و نیدل را مابین این دو نقطه تا حدود ۲ سانتی متر عمق وارد کرد. در گربه، فضای بین کمان های مهره ای دو مهره آخر کمری هم برای تزریق داخل کلنال مهره ای مناسب است (۲).

مهره های خاجی (Sacral vertebrae)

بدنه و زوائد سه مهره خاجی در دوران بلوغ با هم یکی شده و استخوان خاجی را به وجود می آورند. باید توجه داشت که در این صورت هم مهره ها و هم دیسک های بین مهره ای استخوانی می شوند. استخوان خاجی در بین دو بال استخوان خاصره قرار گرفته است و تنها زوائد شوکی آن (Median sacral crest) از طریق پوست قابل لمس است. البته قسمت خلفی-شکمی استخوان خاجی و همچنین اولین مهره های دمی هم از طریق رکتوم قابل لمس اند. زوائد عرضی اولین مهره خاجی پهن شده و بال استخوان خاجی را به وجود می آورد که با بال استخوان خاصره اتصالی محکمی را برقرار می کند (۲).

مهره های دمی (Caudal vertebrae)

مهره های ابتدایی دمی خصوصیات عمومی مهره ها را دارند اما بتدریج به طرف نوک دم، زوائد مهره ها تحلیل می رود و به صورت میله های استخوانی دیده می شوند. کمان های خونی (Hemal arches) که ۷- شکل هستند به صورت استخوان های مجزا به انتهای خلفی سطح شکمی مهره های دمی چهارم تا ششم اتصال دارند و از شریان دمی میانی (Median caudal artery) که از داخل آن عبور می کند حفاظت می کنند (۳و۲).

آناتومی رادیولوژی

هر مهره از مراکز اولیه و ثانویه استخوان سازی به وجود می آید. مراکز اولیه استخوان سازی شامل بدنه و کمان مهره ها اند. مراکز ثانویه اپی فیز مهره ها و زوائد مهره ها را به وجود می آورند. تمام مراکز استخوان سازی معمولا طی سال اول پس از تولد در دام های کوچک بسته می شوند به غیر از مهره های ناحیه خاجی که با کمی تاخیر انجام می شود. جدول ۱ زمان ظهور مراکز استخوان سازی ثانویه و زمان بسته شدن آن ها را نشان می دهد.

های سینه ای تا مهره یازدهم روبرو عقب متمایل اند اما زوائد شوکی مهره های عقب تر رو به جلو قرار می گیرند. در واقع مهره یازدهم سینه ای در دام های کوچک به عنوان مهره دیافراگماتیک یا آنتی کلینال (Diaphragmatic or anticlinal vertebra) نامیده می شود که در آن زوائد شوکی عمود بر محور طولی مهره است. ویژگی بعدی مربوط به جهت سطوح مفصلی بین مهره ها است. در ده مهره ابتدایی سینه ای سطوح مفصلی بین مهره ای بر روی صفحه افقی یا پشتی (Dorsal plane) قرار دارند. اما در مهره های عقب تر این سطوح مفصلی به صورت سهمی (Sagittal) قرار می گیرند. این وضع قرارگیری زوائد مفصلی منجر به حرکت چرخشی مهره های سینه ای قدامی در مقایسه با حرکات محدود پشتی شکمی مهره های خلفی سینه ای و کمری می شود. در تصاویر رادیوگرافی فضاهای مفصلی سینه ای قدامی در نمای جانبی و فضاهای مفصلی خلفی در نمای شکمی پشتی (Ventrodorsal) بهتر مشخص هستند. از دیگر ویژگی های مهره های سینه ای دام های کوچک وجود زوائد پستانانی (Mamillary) و فرعی (Accessory) است. زوائد پستانانی یک بیرون زدگی کوتاه از زوائد عرضی هستند که ابتدا در مهره سینه ای سوم قابل مشاهده هستند و به تدریج از مهره های عقب تر (مهره دوازدهم) با زوائد مفصلی قدامی یکی می شوند. زوائد فرعی هم از لبه خلفی پایک های مهره به وجود می آیند و از مهره های میانی سینه ای تا مهره های میانی ناحیه کمری مشاهده می شوند. باید توجه داشت که در گربه این زوائد تنها در سه مهره آخر سینه ای دیده می شوند (۳و۲).

مهره های کمری (Lumbar vertebrae)

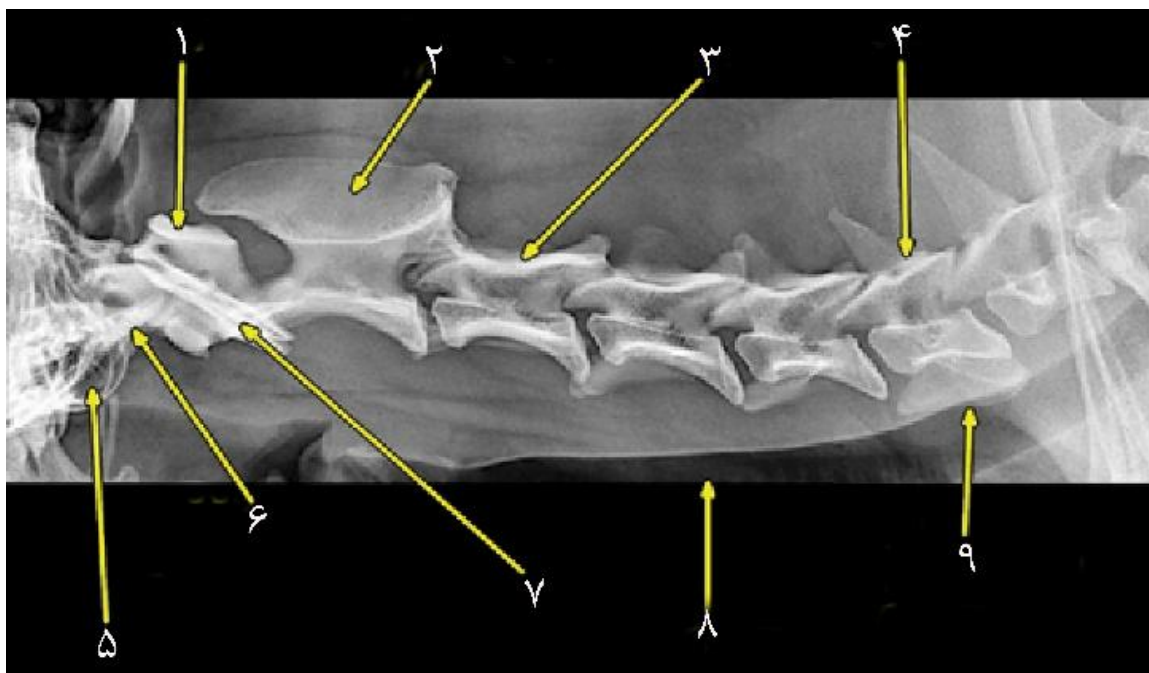
زوائد عرضی در مهره های کمری بلند هستند و به طرف جلو و کمی هم به طرف وینترال امتداد دارند. در گربه زوائد عرضی مهره های کمری نسبت به سگ بیشتر به طرف وینترال قرار گرفته است. فضاهای بین کمان های مهره ای در مهره های سینه ای و کمری بسیار کوچک هستند و وارد کردن نیدل در این نواحی مشکل است اما فضای اتصالی کمری-خاجی (Lumbosacral) برای این منظور مناسب است. این فضا در سگ های با سایز متوسط حدود

جدول ۱. زمان ظهور و بسته شدن مراکز استخوان سازی اولیه و ثانویه مهره ها در سگ (۲)

نوع مهره	مرکز استخوان سازی	زمان ظهور	زمان بسته شدن صفحه رشد در رادیوگراف
همه مهره ها (غیر از مهره اول و دوم)	اپی فیز قدامی	۲-۸ هفتگی	۷-۱۴ ماهگی
	بدنه	بدو تولد	-
	اپی فیز خلفی	۲-۸ هفتگی	۷-۱۴ ماهگی
	دو طرف کمان	بدو تولد	-
اطلس	کمان شکمی	بدو تولد	-
	دو طرف کمان پشتی	بدو تولد	۴ ماهگی
محور	راس دندان	۳-۴ ماهگی	۳-۴ ماهگی
	دندان و سطح مفصلی قدامی	بدو تولد	۷-۹ ماهگی
	اینترسنتروم	۳ هفتگی	۴ ماهگی
	بدنه	بدو تولد	-
	اپی فیز خلفی	۳ هفتگی	۷-۹ ماهگی
	دو طرف کمان	بدو تولد	۳ ماهگی

طرف و نترال قرار می گیرد و ممکن است به عنوان یک یافته غیر نرمال در رادیوگراف (مثل جسم خارجی در مری) اشتباه شود (تصویر ۲).

از نکات مهم آناتومی رادیولوژی در مهره های گردنی می توان به لامینای شکمی در مهره ششم گردنی اشاره کرد که در واقع همان زائده عرضی مهره ششم است که به



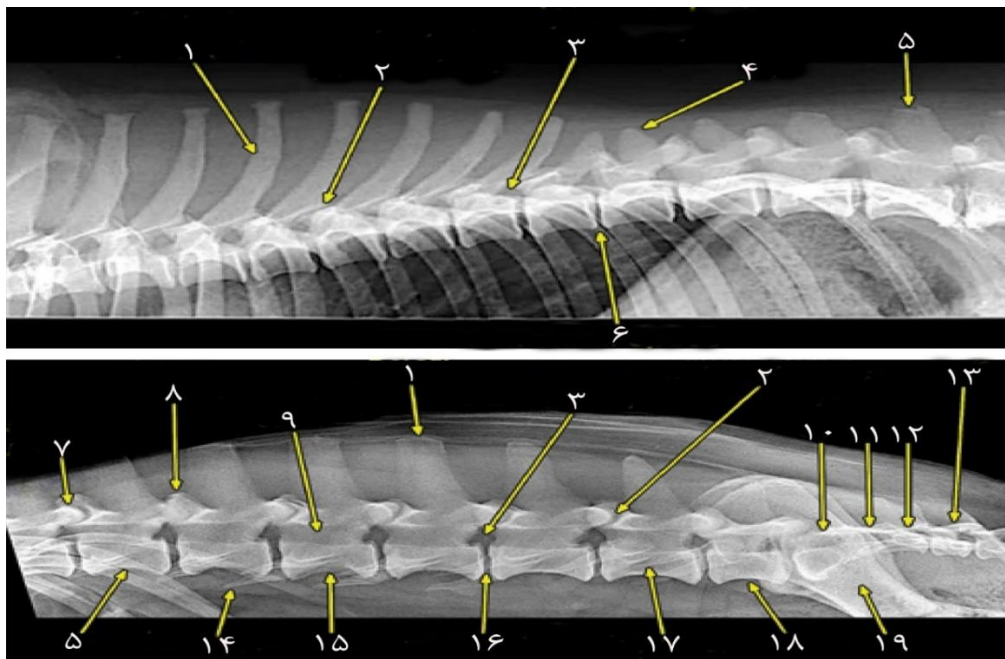
تصویر ۲. نمای جانبی رادیولوژی مهره های گردنی سگ. ۱: اطلس، لامینای پشتی مهره محور، ۳: مهره سوم گردنی، ۴: مهره ششم گردنی، ۵: حباب صماخی، ۶: کندیل پس سری، ۷: دندان، ۸: نای، ۹: لامینای شکمی مهره ششم گردنی (۵).

خوبی قابل تشخیص است. باید توجه داشت که فضای بین مهره ای T10 - T11 از بقیه فضاها بین مهره ای کوچک تر است (تصویر ۳-الف).

در رابطه با مهره های سینه ای، مهره یازدهم مهره آنتی کلینال محسوب می شود. از آنجایی که زوائد شوکی مهره های جلوتر از آن به طرف عقب و زوائد شوکی مهره های عقب تر از آن به طرف جلو متمایل هستند این مهره به

مهره های کمری در گربه نسبت به سگ نسبتاً طولی تر هستند. لبه شکمی مهره های سوم و چهارم کمری نسبت به سایر مهره های مجاور به دلیل ویژگی های آناتومی و همچنین اتصال ریشه دیافراگم کمتر مشخص هستند و نایبستی به عنوان یک یافته غیر طبیعی در نظر گرفته شوند (تصویر ۳-ب).

مهره از سه مهره که به هم متصل شده اند تشکیل شده است و فضای بین مهره ای بین آنها وجود ندارد. ممکن است یک یا تعداد بیشتری از مهره ها به طور کامل به بقیه مهره ها متصل نشده باشند که یافته طبیعی آناتومیکی است (تصویر ۳-ب).



تصویر ۳. الف: نمای جانبی رادیولوژی مهره های سینه ای (الف) و مهره های کمری (ب) سگ. ۱: زائده شوکی، ۲: فضای مفصلی بین مهره ای، ۳: سوراخ بین مهره ای، ۴: مهره یازدهم سینه ای، ۵: مهره اول کمری، ۶: فضای آنتی کلینال، ۷: زائده مفصلی خلفی، ۸: زائده مفصلی قدامی، ۹: کانال مهره ای، ۱۰: مهره اول خاجی، ۱۱: مهره دوم خاجی، ۱۲: مهره سوم خاجی، ۱۳: مهره اول دمی، ۱۴: زائده عرضی، ۱۵: مهره سوم کمری، ۱۶: فضای دیسک بین مهره ای، ۱۷: بدنه مهره، ۱۸: مهره هفتم کمری، ۱۹: استخوان خارصه (۵).

نشاندن در رادیوگراف دیده نمی شوند. البته در صورت مشاهده ممکن است با شکستگی در مهره های دمی هم اشتباه شوند (تصویر ۴) (۵و۶).

در سطح شکمی اولین مهره های دمی در بسیاری از سگ ها و گربه ها کمان خونی وجود دارد. این ساختارها از آنجایی که کوچک هستند و یا به طور کامل استخوانی



تصویر ۴. نمای جانبی رادیولوژی لگن و مهره های دمی در گربه. پیکان کمان خونی را نشان می دهد (۵).

فضای اپی دورال وجود دارد که رباطات و کمان های مهره را از سخت شامه دور طناب نخاعی جدا می کند (۱ و ۳ و ۴).

دیسک های بین مهره ای (Intervertebral discs)

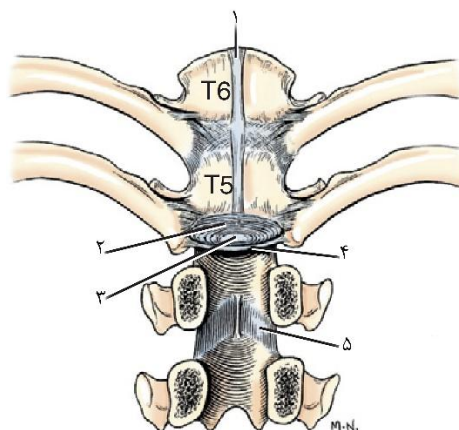
دیسک های بین مهره ای بین تمام فضاهای بین مهره ای به غیر از فضای بین مهره ای اطلس و محور وجود دارند. این دیسک ها از یک حلقه فیبروزی (Fibrous ring) در خارج تشکیل شده اند که یک هسته مرکزی (Pulpy nucleus) را در بر می گیرند. اهمیت عملکردی این دیسک، مشارکت در انعطاف پذیری ستون مهره و پخش فشار بر روی انتهای مهره ها است. اهمیت بالینی این دیسک ها در رابطه با تغییرات دژنراتیو است که شامل تغییرات متاپلاستیک بافت فیبروزی، کلسیفیکاسیون هسته ژلاتینی، جدایی و یا پارگی حلقه فیبروزی دور هسته مرکزی می باشد.

رباط طولی پشتی در ناحیه گردنی قوی است و از بیرون زدگی پشتی دیسک به داخل کانال مهره ای در این ناحیه جلوگیری می کند. در عوض دیسک می تواند به صورت پشتی-جانبی به طرف ریشه های عصب نخاعی بیرون بزند که باعث فشار بر روی این اعصاب می شود. حدوداً ۱۵ درصد از مشکلات دیسک های بین مهره ای در سگ در ناحیه گردنی روی می دهد که با علائمی همچون درد ناحیه گردن، اسپاسم عضلات شانه و لنگش به دلیل درد در اندام قدامی همراه است.

وجود رباطات بین راسی مربوط به جفت دنده ها (Intercapital ligaments) که از زیر رباط پشتی عبور می کنند از بیرون زدگی دیسک در مفاصل $T_1 - T_2$ تا $T_9 - T_{10}$ جلوگیری می کند. اما در مفاصل بین مهره ای سینه ای عقب تر و همچنین در مفاصل بین مهره ای کمری میزان مشکلات دیسک های بین مهره ای بیشتر است و به ۸۵ درصد می رسد. در واقع در این نواحی، رباط پشتی ضعیف و نازک است و بیرون زدگی پشتی دیسک و در نتیجه فشار به طناب نخاعی شایع تر است (تصویر ۵).

کانال مهره ای (Vertebral canal)

قطر کانال مهره ای در محدوده اولین و دومین مهره گردنی از بقیه مهره ها بیشتر است. پهنای آن در طول ستون مهره گردنی کاهش می یابد تا اینکه مجدداً در



تصویر ۵: رباطات ستون مهره ای سینه و دنده ها در سگ (نمای شکمی). ۱: رباط طولی شکمی، ۲: دیسک بین مهره ای، ۳: هسته مرکزی، ۴: رباط بین راسی، ۵: رباط زرد (۳).

رباطات ستون مهره (Ligaments of the vertebral column)

رباطات ستون مهره به دو دسته رباطات بلند و کوتاه تقسیم می شوند. رباطات بلند شامل رباط گردنی، رباط فوق شوکی، رباط طولی شکمی و رباط طولی پشتی هستند.

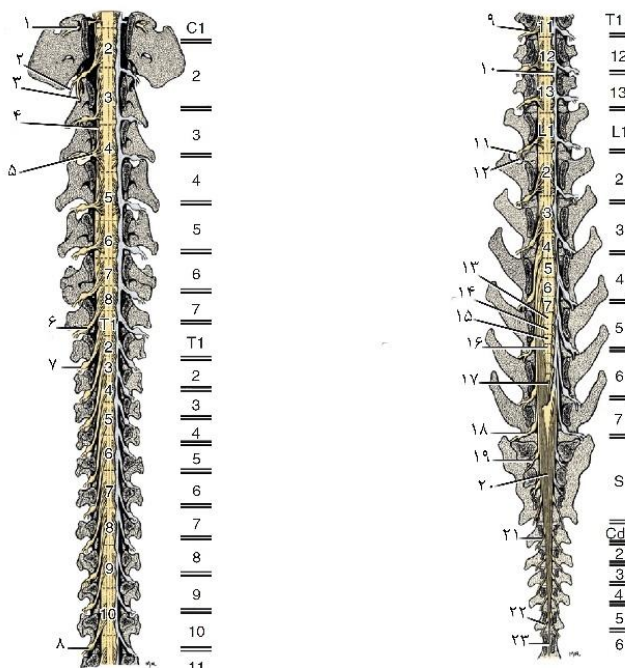
رباط گردنی (Nuchal ligament) از زائده شوکی محور به زائده شوکی اولین مهره سینه ای اتصال دارد و با رباط فوق شوکی (Supraspinous ligament) تا مهره سوم خاجی ادامه می یابد. رباط گردنی نقش مهمی در نگهداری سر در سگ دارد و در حین جراحی هم بایستی حفظ و مراقبت شود. رباط گردنی در گریه وجود ندارد اما رباط فوق شوکی در این گونه موجود است.

رباط طولی شکمی بر روی سطح شکمی بدنه مهره ها قرار گرفته است و از مهره دوم گردنی تا خاجی ادامه دارد (تصویر ۵). رباط طولی پشتی بر روی سطح پشتی بدنه مهره ها قرار گرفته است و بخشی از کف کانال مهره ای را تشکیل می دهد. این رباط از دندان استخوان محور تا انتهای کانال مهره ای در ناحیه دمی ادامه دارد.

رباطات کوتاه ستون مهره شامل رباطات بین شوکی، بین عرضی و زرد است. رباطات بین شوکی (Interspinous ligaments) بین زوائد بین زوائد (Intertransverse ligaments) بین زوائد عرضی مهره های کمری قرار دارند. رباطات بین کمان های مهره یا رباطات زرد (Interarcuate or yellow) ورقه های ظریف الاستیکی هستند که بین کمان های مهره های مجاور قرار دارند. در سطح شکمی این رباطات،

خاجی (Lumbosacral plexus) را ایجاد می کنند. بزرگ شدگی گردنی نخاع در مهره های ششم و هفتم گردنی و بزرگ شدگی کمری در مهره های چهارم و پنجم کمری قرار دارند. بعد از بزرگ شدگی کمری، نخاع به صورت یک مخروط طویل در می آید که مخروط مدولایی (Conus medullaris) نام دارد. انتهای طناب نخاعی (مخروط مدولایی) در سگ مهره ششم یا هفتم کمری است. در سگ های با جثه بزرگ طناب نخاعی ممکن است کمی جلوتر و برخی اوقات در L4 ختم شود. در گربه و برخی نژاد های کوچک سگ طناب نخاعی ممکن است تا S1 هم برسد. بنابراین در گربه ها و سگ های با جثه کوچک اندازه طناب نخاعی نسبت به کلنال مهره ای در مقایسه با سگ های با جثه متوسط و بزرگ بیشتر است. این یکی از دلایلی است که فتق دیسک بین مهره ای در سگ های کوچک مشکلات بالینی بیشتری را به وجود می آورد. بعد از آن طناب نخاعی به صورت رشته انتهایی (Terminal filament) ادامه می یابد و همراه اعصاب نخاعی انتهایی، دم اسب (Cauda equina) را به وجود می آورد (تصویر ۶).

نواحی قدامی ستون مهره سینه ای افزایش می یابد اما در قسمت خلفی ستون مهره ای سینه ای کمتر می شود. پهنای کلنال مهره ای مجدداً در ناحیه کمری افزایش می یابد و بعد از آن بتدریج کمتر می شود. طناب نخاعی و ریشه های اعصاب نخاعی توسط لایه های سخت شامه، عنكبوتیه و نرم شامه مننژ احاطه می شوند. سخت شامه در محدوده دو مهره اول گردنی به پیوست چسبیده است اما بعد از آن، از پیوست فاصله می گیرد و فضای اپی دورال به وجود می آید. مایع مغزی نخاعی در فضای زیر عنكبوتیه و چربی اپی دورال که از طناب نخاعی محافظت می کنند، امکان جابجایی طناب نخاعی حین حرکات طبیعی ستون مهره را فراهم می آورند. طناب نخاعی در طول خود در دو ناحیه دارای بزرگ شدگی است. بزرگ شدگی گردنی (Cervical enlargement) در محدوده قطعات نخاعی T₁ - C₆ می باشد که اعصاب نخاعی مشتق از آن شبکه عصبی بازویی (Brachial plexus) را به وجود می آورند. در حالی که بزرگ شدگی کمری (Lumbar enlargement) مربوط به محدوده قطعات طناب نخاعی S₁ - L₅ است و اعصاب مشتق از آن شبکه عصبی کمری-



تصویر ۶. رابطه بین قطعات مختلف طناب نخاعی و مهره ها در سگ با جثه متوسط و یا بزرگ. مرز بین قطعات نخاعی با خط چین مشخص شده است. مرز بین بدنه مهره ها در سمت راست تصویر ستون مهره مشخص شده است. ۱: عصب نخاعی اول گردنی، ۲: انشعاب شکمی عصب دوم گردنی، ۳: انشعاب پشتی عصب دوم گردنی، ۴: عصب فرعی، ۵: ریشه پشتی عصب چهارم گردنی، ۶: گانگلیون نخاعی عصب هشتم گردنی، ۷: عصب اول سینه ای، ۸: عصب دهم سینه ای، ۹: ریشه پشتی عصب یازدهم سینه ای، ۱۰: سخت شامه، ۱۱: انشعاب شکمی عصب اول کمری، ۱۲: انشعاب پشتی عصب اول کمری، ۱۳: قطعه اول نخاع خاجی، ۱۴: قطعه دوم نخاع خاجی، ۱۵: قطعه سوم نخاع خاجی، ۱۶: قطعه اول نخاع دمی، ۱۷: قطعه دوم نخاع دمی، ۱۸: عصب هفتم کمری، ۱۹: عصب خاجی اول، ۲۰: دم اسب، ۲۱: عصب اول دمی، ۲۲: عصب پنجم دمی، ۲۳: رشته انتهایی

تعارض منافع

نویسنده هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

منابع

1. Sadeghinezhad J. Textbook of Veterinary Anatomy, Tehran University, 3rd edition, 2023.
2. Singh B. Dyce, Sack, and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy. 5th edition, Saunders, 2017.
3. Hermanson JW, de Lahunta A. Miller's Anatomy of the Dog. 5th Edition, Saunders, 2019.
4. König HE, Liebich HG. Veterinary Anatomy of Domestic Animals: Textbook and Colour Atlas. 7th edition, 2020.
5. Muhlbauer MC, Kneller SK. Radiography of the dog and cat: Guide to making and interpreting radiographs. 2nd Edition, Wiley Blackwell, 2023.
6. Thrall DE, Robertson ID. Atlas of normal radiographic anatomy and anatomic variants in the dog and cat, 3rd Edition, Elsevier, 2022.

Abstracts in English**Applied anatomy of the vertebral column in small animals****Javad Sadeghinezhad**Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran
sadeghinezhad@ut.ac.ir**Background:** A review of the applied anatomy of the vertebral column in dogs and cats**Objective:** To describe the basic anatomy of the vertebrae in different regions of the vertebral column, conformation, surface anatomy, radiological anatomy and applied anatomy of vertebrae, intervertebral discs and vertebral canal in small animals**Methods:** A review study using sources published in the field of vertebral anatomy in carnivores in reputable national and international books**Results:** Few parts of the vertebral column are palpable in small animals. All ossification centers usually close during the first year after birth in small animals, except for the vertebrae of the sacrum, which are slightly delayed. The eleventh thoracic vertebra is considered an anticlinal vertebra and can be easily recognized on radiographs. There is a hemal arch on the ventral surface of some caudal vertebrae in dogs and cats. The dorsal longitudinal ligament is strong in the cervical region and prevents the disc from protruding dorsally into the vertebral canal in this region, but dorsolateral protrusions towards the spinal nerve roots can occur. Approximately 15% of intervertebral disc problems in dogs occur in the cervical region. The rate of intervertebral disc problems is higher in the caudal thoracic intervertebral joints and also in the lumbar intervertebral joints, reaching 85%. The end of the spinal cord in dogs is the sixth or seventh lumbar vertebra. In large dogs, the spinal cord may be slightly cranial. In cats and some small dog breeds, the spinal cord may reach S1. Intervertebral disc herniation in small dogs causes more clinical problems.**Conclusion:** In this article, in addition to reviewing the anatomy of the vertebral column in small animals, the applied anatomy for use in radiology and surgery was also discussed.**Keywords:** Applied anatomy, vertebral column, small animals



مقاله مروری

التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

<http://eltiamjournal.ir/>

تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ

ملینا نوری مشهدی جعفرلو^۱، حسین امینیان‌فر^{۲*}

۱. دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. گروه پاتولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

aminianfar@ut.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵

<https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.2>

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: بیماری دیسک بین‌مهره‌ای (Intervertebral Disc Disease - IVDD) یکی از شایع‌ترین اختلالات نورولوژیک در سگ‌ها، به‌ویژه نژادهای کوچک و کندرودیستروفیک است که با تغییرات دژنراتیو یا حاد در ساختمان دیسک همراه می‌شود. با توجه به اهمیت بالینی و اقتصادی این بیماری، درک عمیق‌تر تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی آن در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه حاضر یک مقاله مروری است.

هدف: هدف از این مطالعه، مرور جامع طیفی از یافته‌های علمی در زمینه مکانیسم‌های زیربنایی بیماری IVDD در سگ‌ها و تبیین نقش تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی در بروز و پیشرفت این بیماری با تأکید بر منابع معتبر بین‌المللی است. **روش کار:** این پژوهش به‌صورت مروری با استفاده از مقالات نمایه‌شده در سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۲۵ در پایگاه‌های معتبر علمی و پژوهشی بین‌المللی انجام شد. از جمله معیارهای انتخاب منابع، جدید بودن، ارتباط مستقیم با پاتوفیزیولوژی IVDD و انتشار در مجلات معتبر بود.

نتایج: مرور مطالعات نشان داد که عدم تعادل بین آنزیم‌های متالوپروتئیناز ماتریکس (MMPS) و مهارکننده‌های آن‌ها (TIMPS)، افزایش بیان سایتوکاین‌های التهابی نظیر $TNF-\alpha$ و $IL-1\beta$ و کاهش سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند $IL-10$ از عوامل کلیدی در تخریب ماتریکس خارج‌سلولی دیسک محسوب می‌شوند. در سطح سلولی، آپوپتوز سلول‌های نوکلئوس پالپوزوس، تغییر فنوتیپی آنها به سلول‌های شبه‌کندروسیت و نفوذ سلول‌های ایمنی در بافت دیسک از رخدادهای مهم هستند. تغییرات آسیب‌شناختی شامل فیبروزه شدن و کلسیفیکاسیون دیسک، پارگی آنولوس فیبروزوس، بیرون‌زدگی دیسک و فشردگی نخاع است که منجر به علائم بالینی متنوع از درد تا فلجی می‌شود. یافته‌های هیستوپاتولوژیک نیز شامل نکروز، التهاب مزمن و تخریب ساختار طبیعی دیسک است.

نتیجه‌گیری نهایی: بررسی تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی در IVDD می‌تواند به درک بهتر پاتوفیزیولوژی این بیماری در سگ‌ها کمک کرده و زمینه را برای توسعه روش‌های نوین درمانی و پیشگیرانه فراهم سازد. ارتقاء سطح آگاهی دامپزشکان و پژوهشگران در این حوزه، گامی مؤثر در بهبود کیفیت زندگی بیماران مبتلا خواهد بود.

واژگان کلیدی: التهاب، سایتوکاین‌ها، سلول نوتوکوردال، نژادهای کندرودیستروفیک، هانسن.

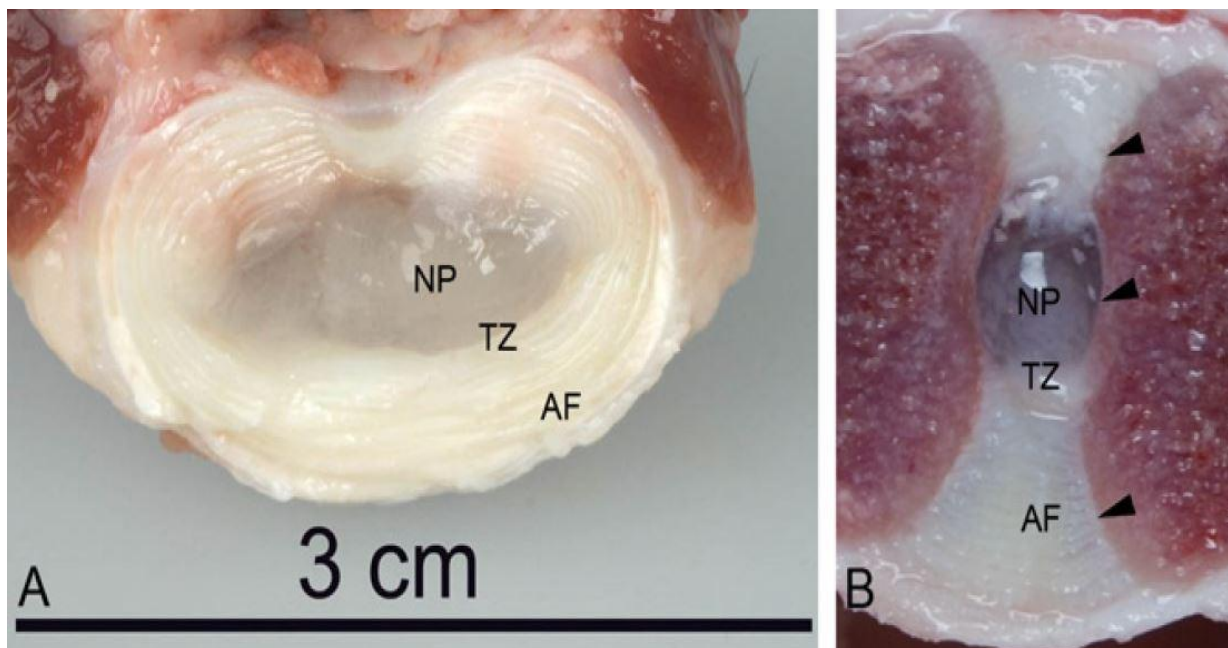
مقدمه

می‌شود، یک عامل کلیدی در تداوم این دژنراسیون است (۵). از دیدگاه آسیب‌شناسی، دژنراسیون دیسک با علائمی مانند کاهش آب دیسک، فیبروز شدن نوکلئوس پالپوزوس، کلسیفیکاسیون، پارگی آنولوس فیبروزوس، و بیرون‌زدگی دیسک به درون کانال نخاعی مشخص می‌شود. این تغییرات در نهایت می‌توانند منجر به میلومالاسی، نکروز و واکنش‌های التهابی مزمن در نخاع گردند که از طریق یافته‌های هیستوپاتولوژیک قابل تأییدند (۶). با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته، بسیاری از جنبه‌های مولکولی و سلولی بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ‌ها همچنان به‌طور کامل شناخته نشده‌اند. بررسی دقیق این سطوح، نه تنها در درک عمیق‌تر پاتوفیزیولوژی بیماری مؤثر است، بلکه می‌تواند مسیرهای جدیدی برای درمان‌های هدفمند و پیشگیری مؤثر فراهم آورد. در این نوشتار، با استناد به تازه‌ترین پژوهش‌های علمی در سطح بین‌المللی، روندهای مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی مرتبط با بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ‌ها به‌طور جامع بررسی شده‌اند تا زمینه‌ای علمی و کاربردی برای درک بهتر و مدیریت مؤثرتر این بیماری فراهم گردد.

آناتومی دیسک بین‌مهره‌ای، نقش سلول‌های نوتوکوردال و تغییرات مرتبط با نژاد و سن در سگ

دیسک بین‌مهره‌ای (IVD) ساختاری حیاتی و تخصص یافته در ستون فقرات مهره‌داران است که در میان بدنه مهره‌ها قرار گرفته است و عملکردهایی چون جذب شوک‌های مکانیکی، پایداری دینامیک ستون مهره، و حفظ انعطاف‌پذیری ستون فقرات را بر عهده دارد. هر دیسک از دو بخش اصلی تشکیل شده است، شامل نوکلئوس پالپوزوس (Nucleus Pulposus - NP) که بخش مرکزی، ژلاتینی و نرم دیسک است و عمدتاً از ماتریکس خارج‌سلولی غنی از پروتئوگلیکان‌ها و آب به همراه کلاژن نوع II تشکیل شده است و توانایی تحمل و توزیع بارهای فشاری را دارد؛ و آنولوس فیبروزوس (Annulus Fibrosus - AF) که بخش محیطی دیسک است و از لایه‌های متحدالمرکز غنی از کلاژن نوع I تشکیل شده است و به محافظت از نوکلئوس و مقابله با فشارهای کششی کمک می‌کند (۷-۹) (تصویر ۱).

بیماری دیسک بین‌مهره‌ای یکی از شایع‌ترین علل درد و ناتوانی عصبی در سگ‌ها محسوب می‌شود، به‌ویژه در نژادهای کندرودیستروفیک همچون داشهوند، که خطر ابتلا به بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در آنها تقریباً ۱۰ تا ۱۲ برابر سایر نژادها و شیوع ۱۵.۷٪ (با بازه اطمینان ۱۴.۱-۱۷.۳٪) در طول عمر آن‌ها گزارش شده است (۱). این بیماری با دژنراسیون تدریجی یا ناگهانی دیسک بین‌مهره‌ای همراه است که می‌تواند منجر به بیرون‌زدگی دیسک، فشردگی طناب نخاعی و در نهایت آسیب نورولوژیک شود. پیشرفت‌های اخیر در علوم اعصاب دامپزشکی و زیست‌شناسی مولکولی، دیدگاه ما را نسبت به مکانیسم‌های زمینه‌ساز این بیماری گسترش داده است (۲). دیسک بین‌مهره‌ای ساختاری پیچیده متشکل از دو بخش عمده نوکلئوس پالپوزوس و آنولوس فیبروزوس است. در سگ‌های سالم، نوکلئوس پالپوزوس حاوی سلول‌های نوتوکوردال و ماتریکس خارج‌سلولی غنی از آگریکان و کلاژن نوع II است که خاصیت ژله‌ای و جذب ضربه‌ای دارد. با افزایش سن یا در اثر عوامل ژنتیکی، تغییرات تدریجی در ترکیب ماتریکس خارج‌سلولی، کاهش بیان فاکتورهای ضدالتهابی، افزایش تولید آنزیم‌های تخریب‌کننده ماتریکس و تغییر فنوتیپ سلولی اتفاق می‌افتد که همگی در بروز دژنراسیون دیسک تأثیرگذار هستند. در سطح مولکولی، در مطالعات متعددی نقش کلیدی سایتوکاین‌های پیش‌التهابی مانند IL-1 β ، TNF- α و آنزیم‌های متالوپروتئیناز ماتریکس (MMPs) در القای دژنراسیون دیسک مورد بررسی قرار گرفته‌اند. عدم تعادل میان این مولکول‌ها و مهارکننده‌های طبیعی‌شان (مانند TIMP ها)، به تجزیه ماتریکس خارج‌سلولی و اختلال در ساختار و عملکرد دیسک منجر می‌شود (۳). همچنین، مسیرهای سیگنالی مانند NF- κ B و MAPK در تنظیم بیان ژن‌های التهابی و آپوپتوز سلولی نقش دارند (۴). در سطح سلولی، از بین رفتن سلول‌های نوتوکوردال و جایگزینی آن‌ها با سلول‌های شبه‌کندروسیت، منجر به کاهش توانایی بازسازی دیسک می‌شود. افزون‌براین، افزایش نرخ مرگ سلولی برنامه‌ریزی‌شده (apoptosis) در سلول‌های نوکلئوس پالپوزوس، که عمدتاً توسط استرس اکسیداتیو و عوامل التهابی القا



تصویر ۱. سطح مقطع (A) عرضی و (B) سهمی دیسک بین مهره‌های سالم در سگ؛ نشان‌دهنده نوکلئوس پالپئوس (NP)، آنولوس فیبروزوس (AF)، ناحیه انتقالی (TZ) و صفحه انتهایی (مشخص شده به‌وسیله سر پیکان‌ها) در دیسک میان مهره ۵ و ۶ کمری. (اقتباس از منبع (۸))

برای دژنراسیون زودرس دیسک بین مهره‌ای (نوع I) هستند. در این نژادها، از سنین پایین (اغلب زیر ۲ سال)، سلول‌های نوتوکوردال از بین رفته و با سلول‌های بالغ کم‌فعال جایگزین می‌شوند؛ تغییری که زمینه را برای بروز زود هنگام بیماری دیسک بین مهره‌ای فراهم می‌سازد. در مقابل، نژادهای غیر کندرو دیستروفیک نظیر لابرادور رتریور، گلدن رتریور، و ژرمن شپرد معمولاً این تغییرات را در سنین بالاتر و به شکل تدریجی (نوع II) تجربه می‌کنند (تصویر ۲). در این نژادها، سلول‌های نوتوکوردال ممکن است تا سنین ۵-۷ سالگی باقی بمانند، که در این موارد، دژنراسیون بیشتر با عوامل مکانیکی و متابولیکی مرتبط است تا عوامل ژنتیکی صرف (۱۰، ۱۲). از نظر ساختار میکروسکوپی، حذف سلول‌های نوتوکوردال همراه با افزایش کلاژن نوع I، کاهش کلاژن نوع II، افت مقدار پروتئوگلیکان، و کاهش آب بافتی در نوکلئوس پالپوزوس است. این تغییرات با افزایش سفتی دیسک، کاهش خاصیت ارتجاعی و مستعد شدن آن برای بیرون زدگی و دژنراسیون همراه است (۹).

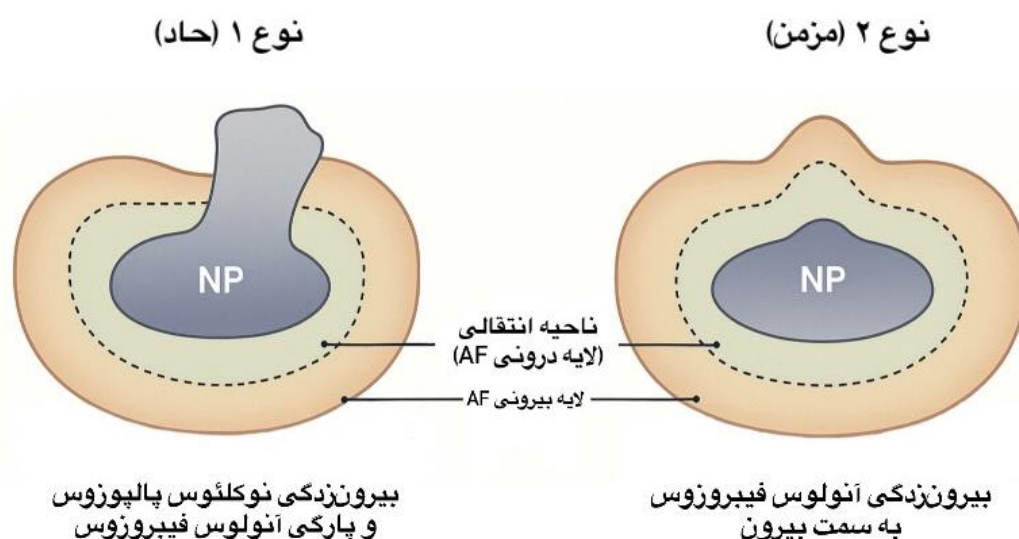
سلول‌های نوتوکوردال: نقش حیاتی در حفظ عملکرد دیسک

نوکلئوس پالپوزوس در طی تکوین جنینی از نوتوکورد مشتق می‌شود و در اوایل زندگی حاوی سلول‌های نوتوکوردال است که بزرگ، واکوئله و از نظر عملکردی فعال هستند. این سلول‌ها مسئول اصلی تولید اجزای ماتریکس خارج سلولی به‌ویژه پروتئوگلیکان‌ها، هیالورونان و کلاژن نوع II هستند که حفظ ویژگی‌های بیومکانیکی دیسک را برعهده دارند (۸، ۹). با افزایش سن، جمعیت سلول‌های نوتوکوردال کاهش یافته و به تدریج با سلول‌های فیبروزی-غضروفی جایگزین می‌شود که فعالیت متابولیکی پایین‌تری دارند. این پدیده باعث کاهش سنتز اجزای ماتریکس، افت فشار اسمزی داخلی و در نهایت شروع فرایندهای دژنراتیو در دیسک می‌گردد (۹، ۱۰).

تفاوت‌های مرتبط با نژاد و سن در دژنراسیون دیسک

یکی از عوامل تأثیرگذار در شدت و الگوی این تغییرات، نژاد سگ‌ها است. نژادهای موسوم به کندرو دیستروفیک نظیر داشهوند، پکینیز، بیگل و شی‌تزو دارای استعداد ژنتیکی

بیرون‌زدگی دیسک بین‌مهره‌ای



تصویر ۲. تصویری شماتیک از مقایسه سطح مقطع دیسک بین‌مهره‌ای در بیرون‌زدگی دیسک نوع ۱ (حاد) و نوع ۲ (مزمن) (اقتباس و بازطراحی شده از مرجع (۱۱)). یک مطالعه نشان داده شده است که اگرچه TIMP-3 در دیسک‌های دژنره شده به نفع MMP افزایش می‌یابد و این عدم تعادل یکی از علل اصلی تخریب ماتریکس دیسک است (۹،۱۳).

سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و ضدالتهابی

التهاب مزمن، به ویژه در موارد نوع II در این بیماری، نقش کلیدی در پیشرفت دژنراسیون دیسک دارد. در سگ‌های مبتلا به IVDD، افزایش سطح سایتوکاین‌های التهابی مانند $IL-1\beta$ ، $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و $IFN-\gamma$ مشاهده شده است. این مولکول‌ها با تحریک سلول‌های دیسکی به تولید بیشتر MMPها و کاهش سنتز کلاژن و آگریکان، فرآیند دژنراسیون را تشدید می‌کنند. در مقابل، سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند $IL-10$ و $TGF-\beta$ در دیسک‌های سالم نقش حفاظتی دارند؛ ولی در دیسک‌های آسیب‌دیده، سطح آن‌ها کاهش یافته یا عملکردشان مختل می‌شود. از جمله یافته‌های کلیدی، کاهش $IL-10$ و اختلال در مسیر $TGF-\beta$ در سگ‌های مبتلا به IVDD است که نشان‌دهنده ناتوانی دیسک در تنظیم پاسخ‌های التهابی می‌باشد. $IL-1\beta$ و $TNF-\alpha$ از مهم‌ترین سایتوکاین‌های دخیل هستند که باعث فعال‌سازی MMPها، القای آپوپتوز

تغییرات مولکولی در بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ

فرآیند دژنراسیون دیسک بین‌مهره‌ای در سگ‌ها عمدتاً با تغییر در بیان و فعالیت مولکول‌های بیوشیمیایی کلیدی همراه است که بر تعادل ماتریکس خارج‌سلولی، پاسخ‌های التهابی، استرس اکسیداتیو و مرگ سلولی اثرگذارند. این تغییرات در سطوح مختلف مولکولی شامل آنزیم‌های تجزیه‌کننده ماتریکس، سایتوکاین‌ها، مسیره‌های سیگنالینگ سلولی، بیان ژن‌ها و عوامل رشد اتفاق می‌افتند.

عدم تعادل در آنزیم‌های متالوپروتئیناز (MMPs) و مهارکننده‌های آن‌ها (TIMPs)

آنزیم‌های MMP، از جمله MMP-14، MMP-13، MMP-7 و MMP-3، نقش به‌سزایی در تخریب پروتئین‌های ماتریکس خارج‌سلولی مانند کلاژن نوع II و آگریکان دارند. در دیسک دژنره شده سگ‌ها، افزایش بیان این آنزیم‌ها به تخریب ساختار بافتی دیسک و کاهش قابلیت جذب ضربه آن منجر می‌شود. در مقابل، مهارکننده‌های بافتی این آنزیم‌ها (TIMP-1 و TIMP-2) به‌طور طبیعی فعالیت MMPها را کنترل می‌کنند. در

استرس اکسیداتیو و رادیکال‌های آزاد
افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) در دیسک‌های دژنره‌شده، به آسیب DNA، لیپیدها و پروتئین‌های سلولی منجر می‌شود. علاوه بر آن، استرس اکسیداتیو با فعال‌سازی مسیر NF-KB و تشدید پاسخ‌های التهابی، حلقه‌ی معیوبی در فرآیند دژنراسیون ایجاد می‌کند (۴،۹،۱۹). نشان داده شده است که بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند سوپر اکسید دیسموتاز و Catalase در دیسک‌های دژنره کاهش می‌یابد (۱۸).

نقش فاکتورهای رشد و رگ‌زایی

در دیسک سالم، رگ‌زایی بسیار محدود است، اما در دیسک دژنره‌شده، بیان VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) افزایش می‌یابد که منجر به نفوذ عروق به داخل دیسک و تحریک التهاب می‌شود (۲۰). این روند با افزایش نفوذ سلول‌های ایمنی و کاهش ایمنی ناحیه‌ای دیسک همراه است. TGF- β و IGF-1 نیز در برخی مطالعات نقش محافظتی نشان داده‌اند، ولی در موارد پیشرفته، این فاکتورها توان جبرانی خود را از دست می‌دهند (۲۱،۲۲).

تغییر در بیان ژن‌ها و microRNA

تحلیل‌های ژنی روی دیسک‌های دژنره‌شده نشان‌دهنده تغییر در بیان صدها ژن است که در مسیرهای متابولیسم ماتریکس خارج‌سلولی، تنظیم چرخه سلولی، پاسخ التهابی و آپوپتوز نقش دارند. برخی microRNAها نظیر miR-21، miR-155، miR-221 در القای آپوپتوز یا تنظیم التهاب مؤثرند (۲۳). این یافته‌ها امکان استفاده از microRNAها به‌عنوان نشانگرهای زیستی (biomarkers) و حتی هدف‌های درمانی ژنی را مطرح می‌سازد.

تغییرات سلولی در بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ

درک دقیق از تغییرات سلولی در فرآیند دژنراسیون دیسک بین‌مهره‌ای (IVDD) در سگ، یکی از ارکان

سلول‌های نوتوکوردال و کندروسیت و مهار سنتز پروتئوگلیکان‌ها می‌شوند. افزایش IL-6 در سگ‌های مبتلا با علائم عصبی شدید گزارش شده است. این سایتوکاین‌ها نه‌تنها نقش آسیب‌رسان دارند، بلکه ممکن است در پیش‌آگهی بیماری و شدت علائم بالینی مؤثر باشند (۹،۱۴).

مسیرهای سیگنالینگ سلولی

مسیرهای سیگنالینگ متعددی در تنظیم پاسخ‌های سلولی دیسک نقش دارند. NF-KB به‌عنوان مسیر مرکزی در تنظیم التهاب و آپوپتوز، در سگ‌های مبتلا به IVDD فعال می‌شود و منجر به افزایش بیان IL-1 β و MMP-3 می‌گردد (۹،۴). مسیرهای MAPK (p38, ERK, JNK) و TNF- α در پاسخ به استرس و التهاب توسط IL-1 β و TNF- α فعال می‌شوند و در افزایش بیان ژن‌های تخریبی دخیل‌اند (۹). مسیر PI3K/Akt مسیر مهمی در حفظ بقا و عملکرد سلول‌های نوکلئوس پالپوزوس است، که در دیسک دژنره‌شده تضعیف می‌شود (۱۵،۱۶).

مرگ سلولی برنامه‌ریزی‌شده (Apoptosis) و اتوفازی

مرگ سلولی برنامه‌ریزی‌شده یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش تعداد و عملکرد سلول‌های دیسکی در بیماری IVDD است. افزایش بیان ژن‌های پیش‌برنده آپوپتوز مانند Bax و Caspase-3 و کاهش بیان ژن‌های ضد آپوپتوز مانند Bcl-2 در سلول‌های نوکلئوس پالپوزوس سگ‌های مبتلا، تأییدکننده نقش آپوپتوز در روند بیماری است. همچنین مطالعات اخیر به نقش اتوفازی (فرآیند بازچرخش اجزای سلولی) در پاسخ به استرس و التهابات دیسکی اشاره کرده‌اند. در مراحل ابتدایی، اتوفازی می‌تواند سازوکار حفاظتی باشد، اما در مراحل پیشرفته، اختلال در این مسیر ممکن است باعث مرگ سلول‌ها شود (۱۷،۱۸). هیپوکسی و کاهش تغذیه سلولی در نواحی مرکزی دیسک به این آپوپتوز دامن می‌زند. مطالعات نشان داده‌اند که مهار مسیرهای آپوپتوتیک می‌تواند روند دژنراسیون را آهسته کند و هدفی برای درمان‌های آینده باشد (۱۸).

مواد معدنی سخت در رادیوگرافی مشاهده گردد (۲۴). مطالعات نشان داده‌اند که سلول‌های دیسک، در پاسخ به التهاب مزمن، فنوتیپ استئوژنیک به خود می‌گیرند و بیان *Runx2*، *Osteocalcin*، *ALP* در آن‌ها افزایش می‌یابد (۲۵). این تغییرات، مشابه پدیده‌های بیماری‌زا در کلسیفیکاسیون شریانی هستند.

فنوتیپ سلول‌های دیسکی و تغییر عملکرد متابولیکی

تغییر فنوتیپ سلول‌های دیسکی از حالت نوتوکوردال یا کندروسیت طبیعی به فنوتیپ فیبروتیک و کم‌فعال در سگ‌های مبتلا به *IVDD*، باعث تغییر در الگوی ترشح پروتئین‌های *ECM* و سایتوکاین‌ها می‌شود. این سلول‌ها اغلب تولید کلاژن نوع I را جایگزین کلاژن نوع II می‌کنند که موجب سفت‌شدن و کاهش خاصیت ارتجاعی دیسک می‌شود (۹). همچنین، این سلول‌ها نسبت به فاکتورهای رشدی مانند $TGF-\beta$ و $IGF-1$ پاسخ‌دهی ضعیف‌تری نشان می‌دهند که بیانگر اختلال در توانایی بازسازی و پاسخ‌های ترمیمی دیسک است (۲۲، ۲۱).

مهاجرت و نفوذ سلول‌های ایمنی به دیسک

هرچند دیسک بین‌مهره‌ای به‌طور طبیعی بافتی فاقد عروق و ایمنی‌ایزوله (*immunoprivileged*) است، در شرایط دژنراسیون و پارگی آنولوس فیبروزوس، ورود سلول‌های ایمنی مانند ماکروفاژها، نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌های T به داخل بافت تسهیل می‌شود (۲۶). این سلول‌ها با ترشح سایتوکاین‌ها، رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آنزیم‌های پروتئولیتیک، به تشدید التهاب موضعی، آپوپتوز سلولی و تخریب ماتریکس کمک می‌کنند. علاوه بر این، حضور سلول‌های دندریتیک و سلول‌های B نیز در برخی مطالعات گزارش شده است که می‌توانند در القای پاسخ ایمنی اکتسابی علیه اجزای دیسک نقش داشته باشند (۲۷).

فعال‌سازی مسیرهای سلولی مرتبط با التهاب و مرگ سلولی

در سلول‌های دیسک دژنره‌شده، مسیرهای پیام‌رسانی مانند *MAPK*، *NF- κ B* و *JAK/STAT* به‌طور غیرطبیعی

اساسی برای شناخت پاتوفیزیولوژی و چگونگی رخداد بیماری است. این تغییرات نه تنها به کاهش عملکرد طبیعی دیسک منجر می‌شوند، بلکه با ایجاد یک میکرو محیط التهابی و تخریبی، زمینه را برای پیشرفت آسیب‌های بافتی و نورولوژیک فراهم می‌سازند.

کاهش جمعیت سلول‌های نوتوکوردال

سلول‌های نوتوکوردال، که در دوره‌های ابتدایی زندگی مهره‌داران در نوکلئوس پالپوزوس غالب هستند، در سگ‌ها بسته به نژاد، با افزایش سن یا در پاسخ به فشار مکانیکی مزمن کاهش می‌یابند. نژادهای کوندرودیستروفیک (مانند داشهوند) زودتر این سلول‌ها را از دست می‌دهند (معمولاً تا ۲ سالگی) (۱۲، ۱). این سلول‌ها نقش مهمی در سنتز پروتئوگلیکان‌ها و حفظ خاصیت ژلاتینی نوکلئوس پالپوزوس دارند. جایگزینی آن‌ها با سلول‌های شبه‌کندروسیت، که فعالیت متابولیک کمتری دارند، منجر به دژنراسیون پیش‌رونده می‌شود.

مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده (Apoptosis)

افزایش میزان آپوپتوز در سلول‌های نوکلئوس پالپوزوس و آنولوس فیبروزوس یکی از ویژگی‌های شاخص *IVDD* است. عوامل متعددی مانند استرس مکانیکی مزمن، هیپوکسی، تجمع سایتوکاین‌های التهابی و استرس اکسیداتیو، باعث فعال شدن مسیرهای آپوپتوتیک در این سلول‌ها می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که در دیسک‌های دژنره‌شده، بیان ژن‌هایی مانند *Bax* و *Caspase-3* افزایش و *Bcl-2* کاهش می‌یابد، که نشان‌دهنده ورود سلول‌ها به مسیر مرگ برنامه‌ریزی شده است (۱۸، ۱۷). این پدیده نه تنها منجر به کاهش سلول‌های فعال در بافت می‌شود، بلکه باعث آزاد شدن عوامل التهابی ثانویه و تشدید تخریب ماتریکس خارج‌سلولی نیز خواهد شد.

کلسیفیکاسیون دیسک

کلسیفیکاسیون یکی از ویژگی‌های شایع در دیسک‌های دژنره‌شده سگ‌ها، به‌ویژه در نژادهای مستعد است. در بیماری دیسک بین‌مهره‌ای نوع I، کلسیفیکاسیون گسترده در نوکلئوس پالپوزوس دیده می‌شود که می‌تواند به صورت

پالپوزوس شروع می‌شوند و به مرور به سمت سطح و در ساختار آنولوس فیبروزوس نیز نفوذ می‌کنند و زمینه‌ساز بیرون‌زدگی ماده نوکلئوس به خارج از فضای دیسک و تحریک پایانه‌های عصبی موجود در ناحیه و حس درد هستند (۲۹). در نوع I (شایع در نژادهای کندرودیسستروفیک مانند داشهوند)، بیرون‌زدگی حاد و گسترده نوکلئوس پالپوزوس دژنره‌شده به داخل کانال نخاعی مشاهده می‌شود، در حالی که در نوع II (شایع در نژادهای غیرکندرودیسستروفیک مانند لابرادور)، برجستگی مزمن و تدریجی دیسک رخ می‌دهد (۲۰۱۲،۳۰).

یافته‌های میکروسکوپی دیسک دژنره‌شده

در آسیب‌شناسی میکروسکوپی، تغییرات قابل توجهی در اجزای اصلی دیسک شامل نوکلئوس پالپوزوس، آنولوس فیبروزوس و صفحات انتهایی مشاهده می‌شود. در نوکلئوس پالپوزوس، کاهش تعداد و حجم سلول‌های نوتوکوردال و جایگزینی با سلول‌های شبه‌کندروسیتی کم‌فعال (متلاپلازی غضروفی) در داخل ماتریکس خارج سلولی که ایجاد حالت لوبوله می‌کنند (۲،۸)، تخریب ماتریکس خارج سلولی شامل کاهش پروتئوگلیکان‌ها و کاهش رنگ‌پذیری با رنگ‌های خاص مانند آلسین بلو (۸،۳۰)، افزایش نسبت کلاژن نوع I (۹،۳۰) و نکروز بافتی در موارد شدید و مزمن (۸) و کلسیفیکاسیون‌های پاتولوژیک با رسوبات کلسیمی غیراختصاصی قابل مشاهده است (۸،۳۱). در آنولوس فیبروزوس، شکستگی یا پارگی ایاف کلاژنی با تغییر آرایش منظم شعاعی به الگوی نامنظم و سست، نفوذ سلول‌های التهابی (نوتروفیل، ماکروفاژ و لنفوسیت) به آنولوس فیبروزوس، به‌ویژه در مناطق پاره‌شده (۲۶،۳۰) قابل مشاهده است. در صفحات انتهایی مهره‌ای (Endplates)، کاهش ضخامت لایه‌های طبیعی، افزایش دانسیته معدنی و در نتیجه افزایش ضخامت و کلسیفیکاسیون و تخریب ماتریکس خارج سلولی در غضروف این صفحات قابل مشاهده است (۳۲) (تصویر ۳)، (تصویر ۴).

فعال می‌شوند که باعث افزایش بیان ژن‌های مرتبط با التهاب و مرگ سلولی می‌شود (۴،۹). این مسیرها همچنین باعث کاهش سنتز مولکول‌های ماتریکس خارج سلولی و افزایش بیان MMPها می‌گردند. نقش این مسیرها در سگ‌ها مشابه با انسان گزارش شده و نشان‌دهنده اشتراکات پاتوفیزیولوژیک میان گونه‌ای است.

پیری سلولی (Cellular Senescence)

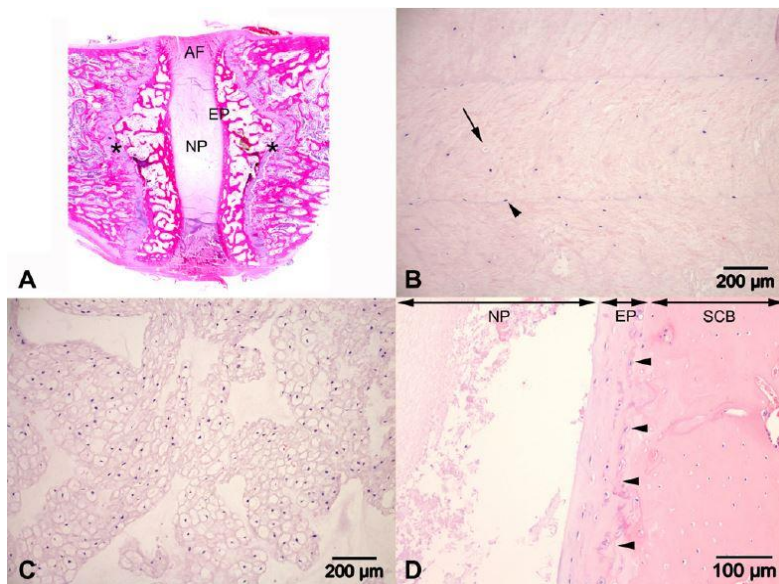
پیری سلولی در IVDD یک پدیده مهم و فعال است. سلول‌های دیسک در پاسخ به استرس مکانیکی، التهاب و اکسیداسیون، به سمت پیری غیرقابل بازگشت سوق پیدا می‌کنند. افزایش بیان نشانگرهایی مانند p16INK4a، p53، SA-β-gal در سلول‌های نوکلئوس پالپوزوس و آنولوس فیبروزوس دیده شده است. سلول‌های پیر، موسوم به SASP cells (Senescence-Associated Secretory Phenotype)، سایتوکاین‌ها و MMPهای التهابی ترشح کرده و باعث تشدید روند دژنراسیون می‌شوند (۲۸).

آسیب‌شناسی بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ

آسیب‌شناسی بیماری دیسک بین‌مهره‌ای (IVDD) در سگ ترکیبی از تغییرات ساختاری، سلولی و مولکولی در دیسک بین‌مهره‌ای و بافت‌های اطراف آن است که با توجه به نوع بیماری نوع I یا نوع II، سن حیوان، نژاد، موقعیت آناتومیک دیسک در ستون مهره‌ای و شدت آسیب، تنوع بالایی دارد. در این بخش، به مهم‌ترین ویژگی‌های آسیب‌شناختی این بیماری از جنبه ماکروسکوپی و میکروسکوپی پرداخته می‌شود.

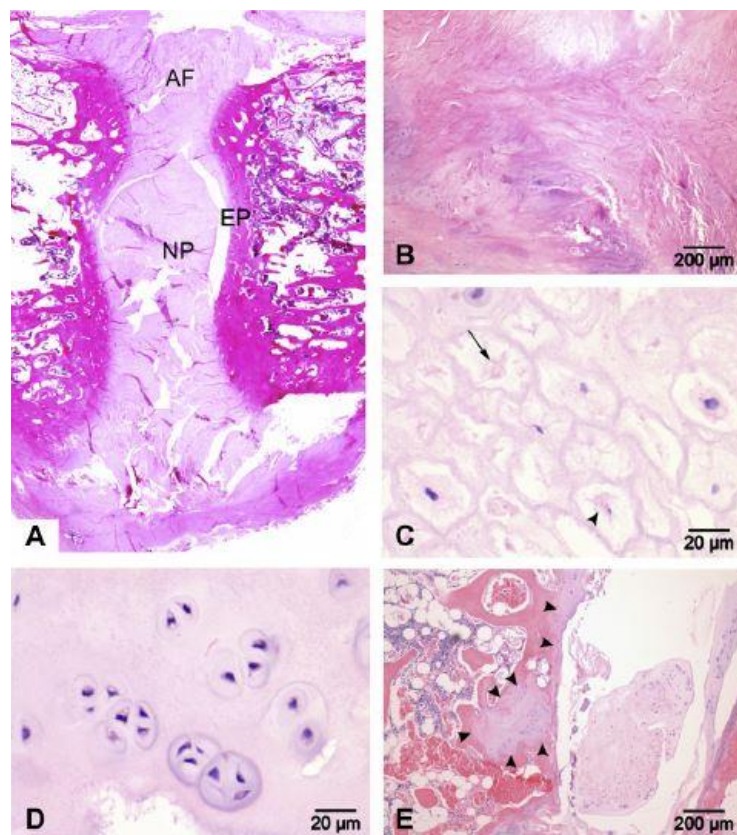
ویژگی‌های ماکروسکوپی دیسک دژنره‌شده

در بررسی کالبدگشایی سگ‌های مبتلا به IVDD، نشانه‌های خاصی به‌طور مکرر مشاهده می‌شوند. بافت نوکلئوس پالپوزوس، از حالت ژلاتینی و شفاف، به تدریج رنگ مات و سفید یا زرد کدر پیدا کرده و قوام آن سفت یا کلسیفیه می‌شود (۸). ترک‌های شعاعی که از نوکلئوس



تصویر ۳. (A) سطح مقطع بافت‌شناسی (H&E) سهمی از دیسک بین‌مهره‌ای سالم و نابالغ سگ، دارای صفحه رشد فعال. (B) آنولوس فیبروزوس همراه با لایه‌هایی از سلول‌های شبه‌کندروسیت. (C) نوکلئوس پالپوزوس، دارای خوشه‌هایی از سلول‌نوئوکوردال. (D) صفحه انتهایی غضروفی، دارای سلول‌های شبه‌کندروسیت داخل ماتریکس هیالین. مرز میان استخوان زیر غضروف (SCB) و غضروف به‌وسیله نوک پیکان‌ها مشخص شده است. (اقتباس از منبع (۸))

تصویر ۴. (A) سطح مقطع بافت‌شناسی سهمی از دیسک بین‌مهره‌ای دژنره شده سگ. (B) آنولوس فیبروزوس، نشان‌دهنده بی‌نظمی لایه‌ها و افزایش سلول‌های شبه‌کندروسیت. (C) نوکلئوس پالپوزوس، دارای سلول‌های نوئوکوردال مرده و در حال مرگ. (D) نوکلئوس پالپوزوس، گروه‌های کوچک از سلول‌های شبه‌کندروسیت. (E) صفحه انتهایی غضروفی (EP)، نشان‌دهنده بی‌نظمی و آسیب. مرز نامنظم میان صفحه انتهایی و استخوان نوک پیکان‌ها مشخص شده است. (اقتباس از منبع (۸))



حاد، که اغلب با نکروز یا تخریب سریع همراه است نیز رخ می‌دهد (۲۶،۲۷،۳۰).

آسیب ثانویه به بافت عصبی نخاع

بیرون‌زدگی دیسک باعث اعمال فشار بر نخاع می‌شود که بسته به شدت و مدت‌زمان آن، آثار مختلفی بر جای می‌گذارد، از جمله ادم و دمیلینه‌شدن آکسون‌ها در ناحیه تحت‌فشار و همچنین نکروز ایسکمیک نخاع در

التهاب و پاسخ ایمنی بافتی

در بسیاری از موارد IVDD، التهاب موضعی نقش مهمی در پیشرفت آسیب دارد. حضور سلول‌های تک‌هسته‌ای (مانند ماکروفاژ و لنفوسیت) در اطراف بافت بیرون‌زده و فضای اپیدورال و افزایش بیان سایتوکاین‌های التهابی نظیر $TNF-\alpha$ ، $IL-1\beta$ و $IL-6$ در بافت‌های اطراف دیسک و CSF سگ‌های مبتلا وجود دارد. نفوذ نوتروفیل‌ها در موارد

عنوان بستر این تغییرات، نقش مهمی در طبقه‌بندی شدت بیماری و انتخاب استراتژی درمانی ایفا می‌کنند. از منظر درمانی، گرچه روش‌های جراحی و دارویی سنتی هنوز کاربرد گسترده‌ای دارند، اما نتایج پیشرفته‌ترین تحقیقات نشان می‌دهند که رویکردهای مبتنی بر درمان با سلول‌های بنیادی (۳۴،۳۵،۳۶)، داروهای هدفمند مولکولی (۱۸،۳۷) و درمان‌های ژنی (۲۱) احتمالاً می‌توانند روند پیشرفت بیماری را کند کرده و کیفیت زندگی بیماران را بهبود بخشند. این درمان‌ها با هدف اصلاح تغییرات مولکولی و سلولی، بازسازی ساختار ماتریکس خارج‌سلولی و کاهش التهاب عمل می‌کنند. با این حال، چالش‌هایی همچون دسترسی محدود به بافت دیسک، محیط ایزوله و کم‌خون دیسک و پیچیدگی مسیرهای سیگنالینگ موجب شده است تا تحقیقات بیشتری برای بهبود اثربخشی این روش‌ها لازم باشد. در نهایت، ترکیب دانش مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی می‌تواند چارچوبی علمی برای توسعه درمان‌های چندجانبه فراهم آورد که نه تنها علائم بالینی را کنترل می‌کند، بلکه روند بیماری را از ریشه مهار می‌کند. امید است با پیشرفت علوم زیستی و دامپزشکی، شاهد ارتقاء قابل توجهی در پیشگیری، تشخیص زودهنگام و درمان هدفمند بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ‌ها باشیم.

نتیجه‌گیری

بیماری دیسک بین‌مهره‌ای (IVDD) در سگ‌ها یک اختلال پیچیده و چندوجهی است که تحت تأثیر تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی متعددی قرار دارد. این بیماری با کاهش توانایی دیسک در حفظ ساختار و عملکرد فیزیولوژیک خود، منجر به بروز علائم نورولوژیک و کاهش کیفیت زندگی حیوان می‌شود. مطالعات اخیر با تأکید بر مکانیسم‌های مولکولی مانند افزایش آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز، سایتوکاین‌های التهابی و مسیرهای آپوپتوز، زمینه‌ساز درک بهتر پاتوفیزیولوژی این بیماری شده‌اند. تغییرات سلولی نظیر کاهش سلول‌های نوتوکوردال، کلسیفیکاسیون و پیری سلولی، به همراه

بیرون‌زدگی‌های حجیم و پرسرعت که خون‌رسانی نخاع را مختل می‌کند (۳۳).

نژاد، سن و محل درگیری و تنوع آسیب‌شناختی

مطالعات نشان داده‌اند که شدت و نوع آسیب‌شناسی بسته به نژاد و سن متغیر است. نژادهای کندرودیستروفیک (مثل داشهوند و پکینیز) بیشتر مستعد کلسیفیکاسیون‌های زودرس و بیماری دیسک بین‌مهره‌ای نوع I هستند (۱۰،۱۲). نژادهای بزرگ‌تر (مثل ژرمن‌شپرد یا لابرادور) بیشتر درگیر نوع II با تغییرات فیبروتیک مزمن می‌شوند (۱۲). اگرچه بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در هر ناحیه‌ای از ستون مهره امکان بروز دارد، اما دیسک‌های قسمت قدامی و میانی قفسه سینه در ناحیه مهره سینه‌ای اول و دوم تا نهم و دهم به علت وجود حمایت اضافی لیگامان الحاقی (conjugal ligament) به ندرت موجب بروز علائم بالینی می‌شوند. در ناحیه سینه‌ای-کمری درگیری بیشتر در دیسک بین مهره دوازدهم سینه‌ای تا مهره سوم کمری رخ می‌دهد (۷).

بحث

بیماری دیسک بین‌مهره‌ای (IVDD) در سگ به عنوان یکی از شایع‌ترین علل درد و اختلالات حرکتی در این گونه، طیفی از تغییرات مولکولی، سلولی و آسیب‌شناختی را شامل می‌شود که درک آن‌ها برای بهبود تشخیص و درمان این بیماری حیاتی است. در این مطالعه، با مرور جامع یافته‌های اخیر، تلاش شد تا تصویر جامعی از مسیرهای پاتوفیزیولوژیک این بیماری ارائه شود. تغییرات مولکولی نظیر افزایش بیان آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز و سایتوکاین‌های التهابی نشان‌دهنده نقش فعال فرایندهای التهابی و تخریب ماتریکس خارج‌سلولی در پیشرفت بیماری است. این یافته‌ها با تغییرات سلولی مانند کاهش سلول‌های نوتوکوردال و پیری سلولی هم‌راستا هستند و نشان می‌دهند که IVDD نه تنها یک فرایند مکانیکی بلکه یک پاسخ پیچیده زیستی است که شامل تعاملات متعدد سلولی و مولکولی می‌شود. یافته‌های آسیب‌شناختی نیز به

بیماری به دامپزشکان و پژوهشگران آینده چارچوبی روشن تر ارائه شود.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

یافته‌های آسیب‌شناختی، تصویر جامعی از فرآیند دژنراسیون ارائه می‌دهند که به تشخیص دقیق و پیش‌بینی روند بیماری کمک می‌کنند. در نهایت، جهت درک بهتر و عمیق‌تر پاتوفیزیولوژی این بیماری به تحقیقات بیشتر و جدیدتری نیاز است، تا در زمینه پیشگیری و درمان

منابع

1. Packer RMA, Seath IJ, O'Neill DG, De Decker S, Volk HA. DachshundLife 2015: An investigation of lifestyle associations with the risk of intervertebral disc disease in dachshunds. *Canine Genet Epidemiol*. 2016;3:8. <https://doi.org/10.1186/s40575-016-0039-8>
2. Fenn J, Olby NJ, Humphrey W, Kieves N, Lim JH, Skeen TM, et al. Classification of intervertebral disc disease in dogs. *Front Vet Sci*. 2020;7:579025. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579025>
3. Pattappa G, Li Z, Peroglio M, Wismer N, Alini M, Grad S. Diversity of intervertebral disc cells: phenotype and function. *J Anat*. 2012;221(6):480–496. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2012.01521.x>
4. Wuertz K, Vo N, Kletsas D, Boos N. Inflammatory and catabolic signalling in intervertebral discs: the roles of NF- κ B and MAP kinases. *Eur Cell Mater*. 2012;23:103–120. <https://doi.org/10.22203/eCM.v023a08>
5. Bergknut N, Rutges JPHJ, Kranenburg HC, Smolders LA, Hagman R, Smidt HJ, et al. The dog as an animal model for intervertebral disc degeneration? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(5):351–8. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31821e5665>
6. Brisson BA. Intervertebral disc disease in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2010;40(5):829–58. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.06.001>
7. McKee WM. Intervertebral disc disease in the dog. Part 1. Pathophysiology and diagnosis. In *Pract*. 2000;22(7):355–69. <https://doi.org/10.1136/inpract.22.7.355>
8. Bergknut N, Smolders LA, Grinwis GCM, Hagman R, Lagerstedt AS, Hazewinkel HAW, Tryfonidou MA, Meij BP. Intervertebral disc degeneration in the dog. Part 1: Anatomy and physiology of the intervertebral disc and characteristics of intervertebral disc degeneration. *Vet J*. 2013;195(3):282–91. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.10.024>
9. Rider SM, Mizuno S, Kang JD. Molecular mechanisms of intervertebral disc degeneration. *Spine Surg Relat Res*. 2019;3(1):1–11. <https://doi.org/10.22603/ssrr.2017-0095>
10. Bergknut N, Rutges JPHJ, Kranenburg HC, Smolders LA, Hagman R, Smidt HJ, et al. The dog as an animal model for intervertebral disc degeneration? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(5):351–8. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31821e5665>
11. Thompson K, Moore S, Tang S, Wiet M, Purmessur D. The chondrodystrophic dog: A clinically relevant intermediate-sized animal model for the study of

- intervertebral disc-associated spinal pain. *JOR Spine*. 2018;1(1):e1011. <https://doi.org/10.1002/jsp2.1011>
12. Bray JP, Burbidge HM. The canine intervertebral disk. Part two: degenerative changes—non chondrodystrophoid versus chondrodystrophoid disks. *J Am Anim Hosp Assoc*. 1998;34(2):135–44. <https://doi.org/10.5326/15473317-34-2-135>
 13. Ishino H, Sakonju I. Expression of metalloproteinases and their inhibitors in degenerated and extruded intervertebral disks in chondrodystrophic dogs. *J Small Anim Surg*. 2019;1(1):1–10. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0317>
 14. Willems N, Tellegen AR, Bergknut N, Creemers LB, Wolfswinkel J, Freudigmann C, Benz K, Grinwis GCM, Tryfonidou MA, Meij BP. Inflammatory profiles in canine intervertebral disc degeneration. *BMC Vet Res*. 2016;12:10. <https://doi.org/10.1186/s12917-0160635-6>
 15. Pratsinis H, Kletsas D. PDGF, bFGF and IGF-I stimulate the proliferation of intervertebral disc cells in vitro via the activation of the ERK and Akt signaling pathways. *Eur Spine J*. 2007;16(11):1858–66. <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0408-9>
 16. Pratsinis H, Constantinou V, Pavlakis K, Kletsas D. Exogenous and autocrine growth factors stimulate human intervertebral disc cell proliferation via the ERK and Akt pathways. *J Orthop Res*. 2012;30(6):958–64. <https://doi.org/10.1002/jor.22017>
 17. Park JB, Park IC, Park SJ, Jin HO, Lee JK, Riew KD. Anti-apoptotic effects of caspase inhibitors on rat intervertebral disc cells. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(4):771–9. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00471>
 18. Zhang XB, Manchikanti L, Kaye AD, Abd Elsayed A. Targeted therapy for intervertebral disc degeneration: inhibiting apoptosis is a promising treatment strategy. *Int J Med Sci*. 2021;18(13):2799–813. <https://doi.org/10.7150/ijms.59171>
 19. Wen P, Zheng B, Zhang B, Ma T, Hao L, Zhang Y. The role of ageing and oxidative stress in intervertebral disc degeneration. *Front Mol Biosci*. 2022;9:1052878. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.1052878>
 20. Pravdyuk NG, Novikova AV, Shostak NA, Buianova AA, Tairova RT, Patsap OI, et al. Immunomorphogenesis in degenerative disc disease: the role of proinflammatory cytokines and angiogenesis factors. *Biomedicines*. 2023;11(8):2184. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11082184>
 21. Longo UG, Petrillo S, Franceschetti E, Maffulli N, Denaro V. Growth factors and anticatabolic substances for prevention and management of intervertebral disc degeneration. *Stem Cells Int*. 2012;2012:897183. <https://doi.org/10.1155/2012/897183>
 22. Lin H, Tian S, Peng Y, Wu L, Xiao Y, Qing X, Shao Z. IGF signaling in intervertebral disc health and disease. *Front Cell Dev Biol*. 2022;9:817099. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.817099>
 23. Yang F-G, Wang J-Z, Chen Z-X, Yang Y-P, Zhang W-H, Guo S-F, Yang Q-S. Role of microRNAs in intervertebral disc degeneration. *Exp Ther Med*. 2021;22(2):860. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10292>

24. Lappalainen AK, Vaittinen E, Junnila J, Snellman M, Myllykangas L, Hielm-Björkman A. Intervertebral disc disease in Dachshunds radiographically screened for intervertebral disc calcifications. *Acta Vet Scand.* 2014;56:89. <https://doi.org/10.1186/s13028-014-0089-4>
25. Rutges JP, Duit RA, Kummer JA, Oner FC, van Rijen MH, Verbout AJ, et al. Hypertrophic differentiation and calcification during intervertebral disc degeneration. *Osteoarthritis and Cartilage.* 2010 Nov;18(11):1487–1495. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.08.006>
26. BermudezLekerika P, Crump KB, Tseranidou S, Nüesch A, Kanelis E, Alminnawi A, Baumgartner L, MuñozMoya E, Comptere, Gualdi F, Alexopoulos LG, Geris L, WuertzKozak K, Le MaitreCL, Noailly J, Gantenbein B. ImmunoModulatory Effects of Intervertebral Disc Cells. *Front Cell Dev Biol.* 2022;10:924692. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.924692>
27. Liu P, Ren X, Zhang B, Guo S, Fu Q. Investigating the characteristics of mild intervertebral disc degeneration at various age stages using singlecell genomics. *Front Cell Dev Biol.* 2024;12:1409287. <https://doi.org/10.3389/fcell.2024.1409287>
28. Wang F, Cai F, Shi R, Wang XH, Wu XT. Aging and age-related stresses: a senescence mechanism of intervertebral disc degeneration. *Osteoarthritis Cartilage.* 2016;24(3):398–408. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2015.09.019>
29. Simon J, McAuliffe M, Shamim F, Vuong N, Tahaei A. Discogenic low back pain. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2014;25(2):305–317. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.01.003>
30. Gómez Álvarez I, Verdes García JM, Espino López L. Intervertebral Disc Disease in Dogs. *Pets.* 2025;2(3):26. <https://doi.org/10.3390/pets2030026>
31. Novais EJ, Narayanan R, Canseco JA, van de Wetering K, Kepler CK, Hilibrand AS, Vaccaro AR, Risbud MV. A new perspective on intervertebral disc calcification—from bench to bedside. *Bone Res.* 2024;12(1):3. <https://doi.org/10.1038/s41413-023-00307-3>
32. Velnar T, Gradisnik L. Endplate role in the degenerative disc disease: A brief review. *World J Clin Cases.* 2023;11(1):17–27. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i1.17>
33. Spitzbarth I, Moore SA, Stein VM, Levine JM, Kühl B, Gerhauser I, Baumgärtner W, et al.; Canine Spinal Cord Injury Consortium (CANSORTSCI). Current insights into the pathology of canine intervertebral disc extrusion-induced spinal cord injury. *Front Vet Sci.* 2020;7:595796. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.595796>
34. Steffen F, Bertolo A, Affentranger R, Ferguson SJ, Stoyanov J, et al. Treatment of Naturally Degenerated Canine Lumbosacral Intervertebral Discs with Autologous Mesenchymal Stromal Cells and Collagen Microcarriers: A Prospective Clinical Study. *Cell Transplant.* 2019;28(2):201–211. <https://doi.org/10.1177/0963689718815459>
35. Henriksson HB, Svanvik T, Jonsson M, Hagman M, Horn M, Lindahl A, Brisby H. Transplantation of human mesenchymal stem cells into

- intervertebral discs in a xenogeneic porcine model. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Jan 15;34(2):141–148. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31818f8c20>
36. Bach FC, PorambaLiyanage DW, Riemers FM, Guicheux J, Camus A, Iatridis JC, Chan D, Ito K, Le Maitre CL, Tryfonidou MA. Notochordal cell-based treatment strategies and their potential in intervertebral disc regeneration. *Front Cell Dev Biol*. 2022;9:780749. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.780749>
37. Genevay S, Finckh A, Mezin F, Tessitore E, Guerne PA. Influence of cytokine inhibitors on concentration and activity of MMP1 and MMP3 in disc herniation. *Arthritis Res Ther*. 2009;11(6):R169. <https://doi.org/10.1186/ar2858>

Abstracts in English

Molecular, Cellular and Pathological Changes in Intervertebral Disc Disease in Dogs**Melina Nouri Mashhadi Jafarloo¹, Hossein Aminianfar^{2*}**

1. Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

2. Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

*aminianfar@ut.ac.ir

Background: Intervertebral Disc Disease (IVDD) is one of the most common neurological disorders in dogs, particularly in small and chondrodystrophic breeds, characterized by degenerative or acute changes in the intervertebral disc. Considering its high clinical and economic importance, a deeper understanding of the molecular, cellular, and pathological mechanisms has received increasing attention in recent decades. This study is a narrative review.

Objectives: The aim of this study was to provide a comprehensive review of the latest scientific findings on the underlying mechanisms of IVDD in dogs, with emphasis on the role of molecular, cellular, and histopathological changes in the onset and progression of the disease, based on internationally published articles.

Methods: This review was conducted by searching and analyzing published articles indexed in international databases between 1998 and 2025. Inclusion criteria were recency, direct relevance to IVDD pathophysiology, and publication in peer-reviewed journals.

Results: The reviewed studies revealed that imbalance between matrix metalloproteinases (MMPs) and their tissue inhibitors (TIMPs), upregulation of pro-inflammatory cytokines such as tumor necrosis factor- α (TNF- α) and interleukin-1 β (IL-1 β), and reduced expression of anti-inflammatory cytokines like interleukin-10 (IL-10) are major factors contributing to extracellular matrix degradation. At the cellular level, apoptosis of nucleus pulposus cells, phenotypic transformation toward chondrocyte-like cells, and infiltration of immune cells play critical roles. Histopathological features include fibrosis and calcification of the disc, annulus fibrosus rupture, disc extrusion, and spinal cord compression, which lead to clinical signs ranging from pain to paralysis. Microscopic lesions commonly consist of necrosis, chronic inflammation, inflammatory cell infiltration, and destruction of the normal disc structure.

Conclusions: Understanding the molecular, cellular, and pathological changes underlying IVDD provides valuable insights into the disease pathophysiology and may facilitate the development of improved therapeutic and preventive strategies in dogs. Enhancing veterinarians' and researchers' knowledge in this field can contribute to better clinical outcomes and improved quality of life in affected animals.

Key words: cytokines, chondrodystrophic breeds, Hansen, inflammation, notochordal cells.



التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

<http://eltiamjournal.ir/>

ملاحظات بیهوشی و مدیریت درد در جراحی‌های ستون فقرات در حیوانات کوچک

فاطمه سعدی نام^{۱،۲}

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

۲. پژوهشکده تحقیقات زیست پزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

f.saadinam@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲

doi <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.3>

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: یکی از مهم‌ترین و چالش‌برانگیزترین جنبه‌های بیهوشی عصبی در دامپزشکی، مدیریت بیهوشی و درد، در حیوانات کاندید جراحی ستون مهره‌ها است که با وجود پیشرفت در روش‌های جراحی، گزینه‌های دارویی و رویکردهای پایش فیزیولوژی، بسیاری از بیماران همچنان در معرض عوارض ناشی از آن قرار دارند.

هدف: بررسی اجمالی ملاحظات مربوط به بیهوشی و بی‌دردی در حیوانات کاندید جراحی ستون مهره‌ها صورت گرفته است.

روش کار: مروری بر منابع مربوط به مدیریت بیهوشی و بی‌دردی در جراحی‌های عصبی

نتایج: بیهوشی عصبی در دامپزشکی، به‌ویژه در دام‌های کوچک، نقش حیاتی را در تضمین ایمنی، به حداقل رساندن عوارض و موفقیت نتایج عملکردی بعد از جراحی ایفا می‌کند. حفظ عملکرد عصبی، پایدار نگه‌داشتن فشار خون، اکسیژن‌رسانی مناسب، و پیشگیری از آسیب‌های ثانویه از جمله اهداف اصلی بیهوشی در این حوزه هستند. انتخاب مناسب داروهای بیهوشی و بی‌دردی، درک دقیق از فیزیولوژی سیستم عصبی مرکزی و محیطی، شناخت اثرات دارویی بر جریان خون نخاع، مایع مغزی-نخاعی (CSF) و سد خونی-مغزی (BBB)، و به ویژه برقراری تعادل میان آرام‌بخشی و بی‌دردی موثر با حفظ عملکرد عصبی و کاهش عوارض سیستمیک از اصول کلیدی این مدیریت، محسوب می‌شوند.

رویکرد مؤثر در این زمینه، نیازمند برنامه‌ریزی بیهوشی و بی‌دردی به‌صورت چندوجهی و متناسب با وضعیت هر بیمار است. استفاده از روش‌های مانیتورینگ پیشرفته و استراتژی‌های مدیریت درد از جمله داروهای مخدر، داروهای ضدالتهابی غیراستروئیدی و بلوک‌های عصبی منطقه‌ای، در چارچوب رویکرد چندوجهی قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری نهایی: در نهایت، موفقیت در مدیریت بیهوشی و درد در جراحی‌های ستون مهره‌ها مبتنی بر درک عمیق از پاتوفیزیولوژی سیستم عصبی و تعامل مستمر بین تیم‌های بیهوشی، جراحی و مراقبت‌های بعد از عمل است تا با پیشگیری از تشدید اختلالات عصبی در همه‌ی مراحل درمان، روند بهبودی را تسهیل نماید.

واژه‌های کلیدی: بیهوشی، مدیریت درد، جراحی ستون مهره‌ها، سیستم عصبی، دام‌های کوچک.

مقدمه

آناتومی و فیزیولوژی نخاع و ملاحظات بیهوشی

طناب نخاعی درون کانال مهره‌ای از بصل‌النخاع آغاز شده تا مهره‌های L6-L7 کمری (سگ‌های نژاد متوسط تا بزرگ) و مهره L7-S1 (سگ‌های کوچک و گربه‌ها) امتداد می‌یابد، توسط سه لایه مننژ (سخت‌شامه، عنكبوتیه و نرم‌شامه) احاطه شده و مایع مغزی-نخاعی در فضای زیر عنكبوتیه و کانال مرکزی آن جریان دارد. این طناب به بخش‌های (سگمنت): گردنی، سینه‌ای، کمری، خاجی و دمی تقسیم شده که هر سگمنت دارای یک جفت عصب نخاعی شامل آوران (حسی) و وابران (حرکتی) است. جراحی نخاع به دلیل فیزیولوژی پیچیده نخاع و تعاملات آن با همودینامیک سیستمیک، فشار داخل جمجمه (ICP)، فشار پرفیوژن مغزی (CPP) و دینامیک مایع مغزی - نخاعی، نیاز به مدیریت دقیق بیهوشی و بی‌دردی دارد. عوامل بیهوشی می‌توانند با تغییر جریان خون و متابولیسم، عملکرد سیستم عصبی مرکزی را به شدت تحت تأثیر قرار دهند. جریان خون نخاعی (SCBF) با خودتنظیمی وابسته به فشار خون شریانی متوسط (MAP) در محدوده‌ی ۶۰-۱۵۰ میلی‌متر حفظ می‌شود و افت MAP می‌تواند منجر به کاهش SCBF و ایسکمی می‌شود. SCBF همچنین به گازهای خون حساس است: هیپوکسی (کاهش اکسیژن خون) و هیپرکاپنی (افزایش بیش از حد دی‌اکسید کربن در خون) آن را افزایش می‌دهند (هیپرکاپنی موجب افزایش ICP نیز می‌شود)، در حالی که هیپوکپنی (کاهش دی‌اکسید کربن در خون) با کاهش SCBF، به صورت درمانی برای کاهش ICP به کار می‌رود (۱).

مطالعات نشان داده‌اند که تغییر حجم CSF تأثیر قابل توجهی بر SCBF ندارد، اما افزایش فشار CSF می‌تواند SCBF را به طور چشمگیری کاهش دهد. CSF در بطن‌ها و اطراف نخاع گردش کرده، نقش محافظتی دارد و به تنظیم ICP کمک می‌کند؛ بنابراین، درک دینامیک CSF در انتخاب داروهای بیهوشی که ICP را افزایش ندهند، اهمیت دارد. در ادامه، بررسی سد خونی-مغزی (BBB) نیز ضروری است، چرا که این سد در تنظیم تبادل مواد بین خون و سیستم عصبی مرکزی و تأثیر داروها نقش کلیدی دارد. BBB به طور انتخابی نفوذپذیر است و بر

توزیع داروها تأثیر می‌گذارد؛ التهاب یا افزایش ICP می‌تواند آن را مختل کرده و ورود مواد ناخواسته مانند برخی داروهای بیهوشی را به سیستم عصبی مرکزی ممکن سازد. داروهای بیهوشی عمومی محلول در چربی، معمولاً به راحتی از این سد عبور می‌کنند (۱).

چالش‌های بیهوشی در بیماران کاندید جراحی

ستون مهره‌ها

جراحی‌های ستون مهره‌ها در حیوانات با عوارض و چالش‌های بیهوشی متعددی همراهند که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، پیش از القا هستند. وضعیت بالینی بیمار، تعیین کننده پروتکل بیهوشی است، هرچند هیچ دارویی به طور خاص، منع مصرف مطلق ندارد اما همواره اثرات سیستمیک آن‌ها بر پرفیوژن نخاع، همودینامیک و عملکرد اندام‌های حیاتی در نظر گرفته شود.

وضعیت همودینامیک و مایعات: برادی کاردی و افت فشار خون، یکی از این چالش‌ها است که می‌تواند منجر به کاهش خون‌رسانی به نخاع و سایر ارگان‌های حیاتی مانند کلیه شود. از آنجا که بسیاری از بیماران دچار درد، فلج یا بی‌حرکی طولانی‌مدت هستند، معمولاً با کاهش دریافت مایعات، دهیدراتاسیون و افزایش هماتوکریت روبرو می‌شوند که با در نظر گرفتن اثر منفی افت فشار خون بر پرفیوژن نخاع، قرار دادن کاتتر و تأمین کافی مایعات، پیش از القای بیهوشی ضروری است. خونریزی یکی دیگر از عوارض رایج این نوع جراحی به شمار می‌رود که به دلیل نزدیکی سینوس وریدی و همچنین اختلال عروقی ممکن است رخ دهد (۲).

عملکرد دستگاه ادراری: در برخی بیماران با ضایعات شدید نخاعی، اختلال عملکرد مثانه و ناتوانی در تخلیه ادرار ممکن است رخ دهد. در این موارد، تخلیه مثانه به صورت دستی یا با استفاده از کاتتر یک‌بار مصرف باید قبل از بیهوشی انجام شود تا از پرشدگی بیش از حد مثانه و عوارض مرتبط با آن، جلوگیری کند (۲).

ثبات مکانیکی: در حیوانات با نقص‌های شدید عصبی یا ستون فقرات ناپایدار، بیهوشی ممکن است باعث کاهش بیش از حد تون عضلانی و بدتر شدن بی‌ثباتی مهره‌ای شود. لذا باید افت فشار خون را تا حد امکان به حداقل رساند (۳).

(maladaptive) که به دلیل اختلال در مسیرهای عصبی ایجاد می‌شود و خود به یک بیماری مزمن تبدیل می‌گردد. (۴، ۵، ۶).

پیام درد توسط دو نوع فیبر حسی به نخاع منتقل می‌شود: فیبرهای $A\delta$ ، میلینه با هدایت سریع و مسئول درد تیز و لحظه‌ای (stab pain) و فیبرهای C، بدون میلین با هدایت کند و مسئول درد سوزاننده، مداوم و مبهم (burning pain) هستند.

در شرایط آسیب یا التهاب، حتی فیبرهای $A\beta$ (معمولاً غیر دردزا، لمس) ممکن است وارد مسیر درد شوند و موجب allodynia (حس درد نسبت به محرک غیردردزا) گردند. فیبرهای درد پس از ورود به طناب نخاعی، در شاخ پشتی نخاع با نورون‌های ثانویه سیناپس کرده، نوروترانسمیترهایی مانند گلوتامات و Substance P آزاد می‌شوند که تقویت کننده‌ی شدت پیام هستند. در این مرحله، پدیده‌هایی مانند افزایش پاسخ‌پذیری نورون‌ها (Wind-up) و کاهش آستانه تحریک (Sensitization) ایجاد می‌شوند که در شکل‌گیری درد مزمن و مقاوم به درمان، نقش دارند. نورون‌های ثانویه، پیام را از طریق راه‌های مختلف به نواحی بالاتر می‌فرستند:

- مسیر اسپینوتالامیک (spinothalamic tract) که پیام درد را به تالاموس و از آنجا به قشر حسی مغز می‌فرستد، جایی که ویژگی‌های مکانی، زمانی و شدت درد پردازش می‌شود.
- مسیر اسپینوریتیکولار (spinothalamic tract) که پیام‌ها را به سیستم مشبک ساقه مغز منتقل کرده، در ایجاد آگاهی و پاسخ رفتاری به درد نقش دارد.
- در کنار این‌ها، مسیر اسپینومزنسفالیک (spinothalamic tract) پیام را به ماده خاکستری اطراف مجرای مغزی (PAG) می‌رساند؛ این ناحیه در تنظیم و تعدیل نزولی درد از طریق مسیرهای بازدارنده نقش کلیدی دارد.

در نهایت، پیام درد در قشر مغز پردازش و تفسیر می‌شود. تجربه آگاهانه درد نه تنها به شدت محرک، بلکه به عوامل روانی — عاطفی مثل ترس، حافظه و اضطراب نیز وابسته است. مغز می‌تواند از طریق مسیرهای نزولی (مانند مسیر سروتونرژیک و نورآدرنرژیک) سیگنال درد را تقویت یا مهار کند. این مکانیسم‌ها، مبنای عملکرد بسیاری از

بی‌ثباتی دمای بدن: یکی دیگر از نگرانی‌های کلیدی است، به طوری که هیپوترمی اغلب به دلیل زمان طولانی تصویربرداری، بی‌حرکی و باز بودن موضع جراحی ایجاد می‌شود. در مقابل، هیپرترمی بیشتر در بیهوشی‌های طولانی مدت با مصرف داروهای آگونیست آلفا-۲ مشاهده می‌گردد که هر دو حالت می‌تواند نتایج نامطلوبی را به دنبال داشته باشد (۲).

مشکلات تنفسی: پنومونی اسپیراسیون یکی از دیگر چالش‌های موجود در بیماران تحت جراحی ستون مهره‌ها، به ویژه در ناحیه‌ی گردنی است. اختلال در بلع، رفلکس‌های راه هوایی، و موقعیت غیرعادی گردن از عوامل موثر در ایجاد این مشکل است، لذا توجه به مدیریت دقیق راه هوایی و اجتناب از دست‌کاری‌های تحریک‌کننده در ناحیه گردن حین القای بیهوشی و ریکاوری، ضروری است (۲).

ملاحظات تصویربرداری تشخیصی (میلوگرافی): در نظر گرفتن خطرات احتمالی مانند تشنج، آپنه، آریتمی و تشدید علائم عصبی در هنگام تصویربرداری تشخیصی، الزامی است که به‌ویژه در سگ‌های نژاد بزرگ و در هنگام بکارگیری حجم بالای ماده حاجب، شایع‌تر است. انتخاب داروهای بیهوشی با حداقل پتانسیل تشنج‌زایی می‌تواند از این عوارض پیشگیری کند (۲).

پاتوفیزیولوژی درد در بیماران جراحی ستون مهره‌ها

مدیریت موثر درد در بیماران تحت جراحی ستون مهره‌ها، یکی از ارکان حیاتی موفقیت درمان است. بی‌توجهی به این موضوع می‌تواند منجر به طولانی شدن روند بهبودی، افزایش پاسخ‌های استرسی و نتایج درمانی نامطلوب گردد. این بیماران معمولاً با درد چند عاملی مواجه هستند، از این رو به‌کارگیری رویکردی چندوجهی و متناسب با شرایط هر بیمار، برای تسکین درد ضروری است. منشأ این درد، ترکیبی از درد سوماتیک (ناشی از مهره‌ها، عضلات، رباط‌ها و فاسیا)، التهابی (ناشی از مداخله جراحی و آسیب ثانویه نخاع) و نوروپاتیک (ناشی از درگیری ریشه عصب) است که اغلب ماهیت مزمن دارند. از نظر فیزیولوژی، درد به دو دسته تقسیم می‌شود: درد سازگار (adaptive) که عملکرد حفاظتی دارد و در پاسخ به تحریک آسیب‌زا بروز می‌کند و درد ناسازگار

■ کاهش دوز داروهای منفرده، سبب به حداقل رساندن عوارض جانبی احتمالی می‌شوند.

۳. محافظت عصبی: برخی داروها مانند کتامین، لیدوکائین و دکسمتومیدین ممکن است اثرات محافظت عصبی داشته باشند که آسیب ثانویه نخاع را کاهش می‌دهد و از مرگ نورونی جلوگیری می‌کنند (۱).

عوامل کمکی در کنترل درد مزمن و نوروپاتییک شامل موارد زیر است (۸):

مهارکننده‌های کانال سدیم: داروهایی مانند لیدوکائین علاوه بر خاصیت ضد درد، اثرات محافظت کننده عصبی نیز نشان داده‌اند. ورود سدیم به سلول‌ها، یکی از اولین مراحل آسیب عصبی پس از تروما یا ایسکمی محسوب می‌شود. مهار کانال‌های سدیم با کاهش دپلاریزاسیون، بارگیری سدیم درون سلولی و آزادسازی گلوتامات، باعث حفظ یکپارچگی غشاء و کاهش مصرف انرژی سلول می‌گردد (۸).

گاباپنتین و پریگابالین: تعدیل کننده‌های کانال کلسیم هستند که در مدیریت درد مزمن و نوروپاتییک مؤثرند و حداقل آرام‌بخشی را ایجاد می‌کنند. دوز این داروها باید در بیماران مبتلا به نارسایی کلیوی تنظیم شود، و از فرمولاسیون‌های حاوی زایلیتول در سگ‌ها باید اجتناب گردد. پریگابالین ساختاری مشابه گاباپنتین دارد و با همان مکانیسم عمل می‌کند، ولی در دوزهای کمتر مؤثر است. برای درمان تشنج نیز استفاده می‌شود (۸، ۱).

داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی: دارای اثرات ضدالتهابی (کاهش التهاب اطراف نخاع یا ریشه‌های عصبی) و کاهش‌دهنده نیاز به مواد اپیوئیدی، مؤثر برای کنترل درد خفیف تا متوسط هستند (۹). اما در بیماران مبتلا به بیماری‌های کلیوی، کبدی یا دستگاه گوارش منع مصرف دارند (۸).

مکانیسم‌های مهار درد در سیستم عصبی

کاهش ادراک درد در مغز (۷، ۱):

- داروهای بیهوشی
- اپیوئیدها (Opioids)
- آگونیست‌های گیرنده آلفا-۲ (α_2 -agonists)
- بنزودیازپین‌ها (Benzodiazepines)
- فنوتیازین‌ها (Phenothiazines)

داروهای ضد درد مانند تری‌سایکلک‌ها، گاباپنتینوئیدها، آلفا-۲ آگونیست‌ها (مثل دکسمتومیدین) هستند (۴).

تأثیرات فیزیولوژیک درد بر سیستم‌های بدن

درد و استرس فیزیولوژیک ناشی از آن، اثرات منفی گسترده‌ای بر عملکرد سیستم‌های مختلف بدن دارند و می‌توانند نقش مهمی در افزایش میزان مرگ و میر و بروز عوارض پس از جراحی‌های سیستم عصبی ایفا کنند. برخی از این تغییرات عبارتند از (۷):

دستگاه تنفس: افزایش تنش عضلانی و کاهش تطابق ریوی که می‌تواند تهویه را مختل کند.

دستگاه قلبی - عروقی: افزایش ضربان قلب، فشار خون و بار کاری قلب.

سیستم ایمنی: کاهش لنفوسیت‌ها و سلول‌های کشنده طبیعی (NK)، کاهش عملکرد سیستم رتیکولوآندوتلیال و افزایش شمارش گلبول‌های سفید.

سیستم انعقادی: افزایش چسبندگی پلاکت‌ها، کاهش فیبرینولیز و فعال شدن آبشار انعقادی که خطر ترومبوز را افزایش می‌دهد. **دستگاه غدد درون‌ریز:** افزایش ترشح کاتکول‌آمین‌ها، آلدوسترون، آنژیوتانسین II، ACTH، کورتیزول و گلوکاکون، که منجر به پاسخ استرس سیستمیک می‌شود.

دستگاه گوارشی و ادراری: افزایش تون اسفنکترها و کاهش تون عضلات صاف، که می‌تواند منجر به احتباس ادرار و یبوست شود.

اصول مدیریت موثر درد: سنگ بنای کنترل موثر درد در بیماران جراحی سیستم عصبی، بی‌دردی چندوجهی است، رویکردی که با استفاده از ترکیبی از داروها، پوشش گسترده‌تری بر مکانیسم‌های مختلف درد فراهم می‌آورد و در نقاط مختلف مسیر درد اثر می‌گذارد.

۱. بی‌دردی پیشگیرانه: تجویز مسکن‌ها که پیش از تحریک جراحی، می‌تواند حساسیت مرکزی و درد پس از عمل را کاهش دهد.

۲. بی‌دردی چندوجهی که معمولاً شامل ترکیب داروهای مختلف با اپیوئیدها به عنوان «ستون اصلی» پروتکل دارویی به همراه داروهای کمکی مختلف است، با هدف:

- اثرات افزایشی یا هم‌افزایی
- اثرگذاری بر چندین ناحیه در مسیرهای درد (نوسیسپتیو)

Remifentanil: در انسان، اثر وابسته به دوز بر افزایش CBF گزارش شده، ولی هنوز به طور قطعی در دام تأیید نشده است.

در بیماران بدون درد یا درد خفیف و برای تهیه تصویربرداری تشخیصی (مانند MRI یا CT scan)، می‌توان از بوتورفانول با دوز ۰/۴ - ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت عضلانی یا وریدی استفاده کرد. بوتورفانول یک آنتاگونیست گیرنده μ و آگونیست گیرنده κ است. این دارو دارای خواص ضددردی ملایم و کوتاه مدت (۲-۱ ساعت) است، اما برخی از عوارض جانبی نامطلوب آگونیست‌های کامل گیرنده μ مانند تهوع، استفراغ، له‌له زدن و دیسفوری را ندارد (۷).

بوپرنورفین (با دوز ۰/۰۲ - ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، یک آگونیست جزئی گیرنده μ است که با وجود توانایی ایجاد ضددردی متوسط، به دلیل مدت زمان اثر طولانی (۱۰-۴ ساعت در سگ‌ها) و اتصال بسیار قوی به گیرنده μ ، معمولاً در بیماران جراحی ستون مهره‌ها توصیه نمی‌شود. زیرا در صورت ناکافی بودن اثر ضددردی، به سختی بتوان آن را با داروی دیگر جایگزین یا خنثی کرد (۷).

در صورتی که بیمار دچار درد متوسط تا شدید باشد، استفاده از آگونیست کامل گیرنده μ توصیه می‌شود. گزینه‌های رایج عبارتند از:

مورفین:

- ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت عضلانی
- ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت آهسته وریدی (برای جلوگیری از آزادسازی هیستامین، افت فشار خون و تاکی‌کاردی)

هیدرومورفون:

- ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم عضلانی
 - ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وریدی (این دارو موجب آزادسازی هیستامین نمی‌شود)
- در صورت استفاده از آگونیست کامل گیرنده μ ، پیش‌درمانی با ماروپیتانت (۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم زیرجلدی، یک ساعت قبل از تزریق) می‌تواند از تهوع و استفراغ جلوگیری کند. ماروپیتانت با مهار گیرنده‌های نورکینین-۱، علاوه بر اثرات ضدتهوع، ممکن است با کاهش حداقل غلظت آلئولی (MAC) مواد استنشاقی، نقش کمکی در کنترل درد نیز ایفا کند (۷).

مدولاسیون مسیره‌های نخاعی (Modulation of Spinal Pathways)

مهار حساس‌سازی مرکزی (۷،۱):

- داروهای بی‌حس‌کننده موضعی
- اپیوئیدها یا آگونیست‌های α_2
- داروهای ضد التهابی غیر استروئیدی (NSAIDs)
- آنتاگونیست‌های NMDA (مانند کتامین)
- داروهای ضد افسردگی سه حلقه‌ای
- داروهای ضد تشنج (Anticonvulsants)

مهار کننده‌ی انتقال‌دهنده‌ها (۷،۱):

- مهار هدایت تکانه‌های عصبی
 - داروهای بی‌حسی موضعی
 - آگونیست‌های α_2
- مهار کننده‌ی فرآیند تبدیل محرک درد به سیگنال عصبی (۷،۱)

مهار حساس‌سازی محیطی گیرنده‌های درد (Nociceptors):

- داروهای ضد التهابی غیر استروئیدی (NSAIDs)
- اپیوئیدها
- داروهای بی‌حسی موضعی
- کورتیکواستروئیدها

اپیوئیدها

در جراحی‌های ستون مهره‌ها در دام کوچک، استفاده از اپیوئیدها به عنوان یکی از ارکان اصلی کنترل درد حاد و شدید پس از عمل، شناخته می‌شود. با این حال، در بیماران نورولوژیک، ملاحظات ویژه‌ای در رابطه با تأثیر این داروها بر پرفیوژن مغزی، ICP، و هموستاز تنفسی وجود دارد که باید در برنامه‌ریزی بیهوشی و بی‌دردی مدنظر قرار گیرد. مطالعات نشان داده‌اند که اکثر اپیوئیدها تأثیرات مستقیم و محدودی بر متغیرهایی نظیر جریان خون مغزی (CBF)، مصرف اکسیژن مغزی ($CMRO_2$)، حجم خون مغزی (CBV) و ICP دارند. به‌طور کلی، اپیوئیدها معمولاً منجر به کاهش یا عدم تغییر در CBF و CBV می‌شوند. تغییرات ICP نیز معمولاً ناچیز یا کاهشی گزارش شده است (۱).

Sufentanil: برخی مطالعات در انسان و دام نشان داده‌اند که ممکن است منجر به افزایش گذرای CBF و $CMRO_2$ شود، ولی معمولاً با تغییر اندک یا کاهش در ICP همراه است.

▪ با مهار فاکتورهای التهابی (مثل TNF- α و IL-6) و آپوپتوز سلولی، به حفظ عملکرد نورونی کمک می‌کند (۷، ۱۰).

گلیکوپیرولات (Glycopyrrolate)

▪ ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم عضلانی یا ۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وریدی
 ▪ در مواردی که استفاده از آنتی‌کولینرژیک لازم است (غیر از دکسمدتومیدین)، انتخاب مناسبی است (۷).

داروهای بیهوشی تزریقی

انتخاب داروی بیهوشی مناسب از اهمیت بالینی بالایی برخوردار است که این داروهای تزریقی دارای اثرات متفاوتی بر CBF، مصرف CMRO₂ و ICP هستند و می‌توانند تأثیر مستقیمی بر پیامدهای بعد از جراحی داشته باشند. مهم‌ترین داروهای تزریقی پرکاربرد در بیهوشی دام کوچک شامل (۱):

باربیتورات‌ها (Barbiturates)

▪ کاهش CBF، CMRO₂ و ICP و حفظ واکنش‌پذیری عروقی به CO₂
 ▪ دارا بودن خاصیت ضد تشنجی تیوباربیتورات‌ها برای بیماران مبتلا به صرع یا در شرایطی مانند میلوگرافی طولانی بودن ریکاوری پس از بیهوشی پروپوفول (Propofol)

▪ دوز ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وریدی
 ▪ کاهش CBF، CMRO₂ و ICP و حفظ پاسخ‌دهی مغزی به CO₂
 ▪ دارای اثر محافظت عصبی به دلیل کاهش مصرف اکسیژن مغزی
 ▪ شروع سریع و مدت اثر کوتاه

▪ موثر در کنترل تشنج‌های مقاوم به درمان و شرایطی مانند آنسفالوپاتی پورتوسیسستمیک در سگ و گربه

آلفاکسالون (Alfaxalone)

▪ کاهش CBF و حفظ پاسخ‌دهی به CO₂
 ▪ کنترل بهتر ICP در بیماران نورولوژیک در شرایط هیپوکاپنی در مقایسه با ایزوفلوران

اتومیدیت (Etomidate)

▪ کاهش قابل توجه CBF، CMRO₂ و ICP و حفظ پاسخ‌دهی به CO₂

برخی از عوارض احتمالی داروهای اپیوئیدی شامل هیپوونتیلاسیون و هیپوکاپنی ناشی از دپرسیون تنفسی هستند؛ این اثرات به ویژه در بیمارانی با ضایعات مغزی یا افزایش ICP باید با دقت مورد توجه قرار گیرند. افت ناگهانی MAP پس از تجویز بولوس اپیوئیدی‌های قوی می‌تواند موجب کاهش CPP شده و به دنبال آن، افزایش جبرانی ICP را به همراه داشته باشد. همچنین، برخی اپیوئیدها مانند مورفین و مپریدین از طریق آزادسازی هیستامین ممکن است باعث اتساع عروق مغزی، افزایش CBV و در نتیجه، افزایش بیشتر ICP شوند. از سوی دیگر، استفراغ الفاشده توسط مورفین یا هیدرومورفون نیز می‌تواند موجب افزایش ICP گردد، به ویژه در حیواناتی که دچار آسیب‌های مغزی هستند (۱).

آرام‌بخش‌ها (Sedative/Tranquilizer)

بسیاری از بیماران مبتلا به آسیب ستون مهره‌ها، در محیط درمانی دچار استرس و اضطراب هستند که استفاده از داروهای آرام‌بخش برای بهبود وضعیت رفتاری و آماده‌سازی پیش از بیهوشی کمک کننده است (۷).

آسپرومازین (Acepromazine)

▪ ۰/۰۵ - ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت عضلانی یا وریدی
 ▪ در بیماران مسن یا با اختلال عملکرد کبد، دوزهای پایین‌تر وریدی توصیه می‌شود (۷).

میدازولام (Midazolam)

▪ دوز ۰/۲ - ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم عضلانی یا وریدی
 ▪ معمولاً در سگ‌ها آرام‌بخش مؤثری نیست، مگر در بیماران مسن، نابالغ یا بحرانی (۷).

دکسمدتومیدین (Dexmedetomidine)

▪ آگونیست گیرنده آلفا-۲، دوز ۲ تا ۵ میکروگرم بر کیلوگرم عضلانی
 ▪ می‌تواند باعث افزایش فشار خون و برادیکاردی انعکاسی شود. این برادیکاردی نباید با داروهای آنتی‌کولینرژیک درمان شود.

▪ اثر آرام‌بخشی قابل توجهی دارد، ولی با مدت اثر کوتاه (حدود ۱ ساعت)، بنابراین در مرحله بازبازی نیاز به دوزهای اضافی خواهد بود.

▪ سبب بهبود عملکرد حرکتی (نتایج BBB) و کاهش آسیب بافتی پس از آسیب نخاعی می‌شود.

دکسمد تومیدین: موجب آرام‌بخشی، بی‌دردی و احتمالاً محافظت عصبی می‌شود. به‌ویژه در سگ‌های پرخاشگر یا مبتلا به درد شدید، بسیار مفید است (۷).

فنتانیل: یک اپیوئید بسیار قوی و سریع‌الاثراست که به‌طور گسترده در بیهوشی دام‌های کوچک، به‌ویژه در جراحی‌های دردناک و با تحریک بالا به صورت انفوزیون مداوم وریدی استفاده می‌شود. به دلیل حجم توزیع کم، نیمه‌عمر کوتاه و قابلیت تنظیم سریع، این را به انتخابی ایده‌آل برای مدیریت دقیق درد در حین جراحی، تبدیل کرده است. ترکیب آن با لیدوکائین و کتامین (Fentanyl + LK) سبب ایجاد بی‌دردی چندوجهی می‌شود. این ترکیب همزمان ویژگی‌های ضد درد، ضد التهابی و محافظت عصبی دارد. از معایب این دارو، اثر آن بر عملکرد قلبی-تنفسی است بطوری که در صورت بروز برادی کاردی و دپرسیون تنفسی، رعایت ملاحظات بالینی ضروری خواهد بود (۷).

ضد التهاب‌های غیر استروئیدی (NSAIDs): به‌عنوان بخشی از بی‌دردی چندوجهی همراه با اپیوئیدها، موجب کاهش درد و مصرف اپیوئید می‌شوند، اما در بیماران مبتلا به شوک یا تروما، بیماری کلیوی، کبدی، گوارشی یا اختلالات انعقادی، منع مصرف دارند. مصرف همزمان با کورتیکواستروئیدها، خطر عوارض جانبی را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

بلوک اپیدورال یا بلوک موضعی: مورفین همراه با یا بدون بوپروکائین برای بی‌دردی ناحیه‌ای در نواحی قفسه سینه تا کمری (منع مصرف در ناحیه گردنی) توصیه می‌شود، اما ممکن است باعث افت فشار خون و کاهش عملکرد حرکتی پس از جراحی گردد (۲۰۱).

سایر ملاحظات حین جراحی:

- خونریزی شدید از سینوس مهره‌ای یا شریان مهره‌ای، به‌ویژه در نواحی توراکولومبار و گردنی (۲).

- درد شدید یا نوروپاتیک ناشی از آسیب بافت عصبی؛ معمولاً مقاوم به NSAIDs و نیازمند استفاده از داروهای کمکی مانند گاباپنتین یا کتامین یا لیدوکائین است که بهره‌مندی از بی‌دردی چندوجهی، نقش مهمی در پیشگیری از مزمن شدن درد دارد (۷،۲).

- دارای ثبات همودینامیک مطلوب و حفظ متابولیسم مغزی در شرایط افت فشار خون کتامین (Ketamine)

- افزایش CBF، CMRO₂ و ICP برخلاف سایر داروهای تزریقی به‌ویژه در حیواناتی با تنفس خودبه‌خودی
- گزارش تغییرات ناحیه‌ای و متضاد در CBF مغزی در سگ و گربه‌ها
- کتامین + میدازولام

- کتامین: ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم
- میدازولام: ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم
- ترکیبی مؤثر برای ضددردی، حفظ پایداری همودینامیک و محافظت عصبی

ادامه بیهوشی

ایزوفلوران:

- در غلظت $MAC > 1/5$ ، دارای اثر محافظت عصبی، کاهش CBF و مصرف CMRO₂
- در غلظت‌های $MAC \leq 2$ باعث اتساع عروقی می‌شود.
- اثرات آن‌ها بر نخاع هنوز به‌طور کامل اثبات نشده

سوفلوران:

- اثرات مشابه ایزوفلوران دارد
- معایب: هزینه بالا و متابولیت‌های بالقوه سمی
- در جراحی‌های طولانی یا با جریان اکسیژن پایین توصیه نمی‌شود.

ملاحظات حین جراحی ستون مهره‌ها

استفاده از انفوزیون‌های مداوم با هدف ایجاد بی‌دردی چندوجهی، کاهش نیاز به گازهای استنشاقی، اثرات محافظت عصبی و ضدالتهابی صورت می‌گیرد. ترکیبات چندوجهی رایج عبارتند از:

تزریق **MLK** (مورفین، لیدوکائین، کتامین): نیاز به ایزوفلوران را تا ۴۵٪ کاهش می‌دهد؛ کتامین و لیدوکائین که اثرات محافظت عصبی دارند. امکان اضافه کردن اپیوئید مانند فنتانیل در موارد درد شدید یا طولانی شدن جراحی وجود دارد (۷).

HLK (هیدرومورفون به جای مورفین): اثری مشابه با **MLK** دارد، اما با کاهش آرام‌بخشی و احتمال افزایش واکنش‌های صوتی (vocalization) در دوره ریکاوری، همراه است (۷).

تزریق متناوب مواد اپیوئیدی: استفاده از اپیوئیدهای مانند هیدرومورفون به صورت تزریق متناوب برای کنترل درد متوسط تا شدید، مؤثر است. در برخی موارد، ترکیب این دارو با اسپرومازین برای افزایش آرام بخشی و کاهش دوز مورد نیاز اپیوئید، پیشنهاد می شود (۷).

انفوزیون مداوم ضد درد (CRI): ترکیب MLK (مورفین، لیدوکائین، کتامین) یا HLK (هیدرومورفون، لیدوکائین، کتامین) به صورت CRI با دوزهای کنترل شده، امکان ایجاد تسکین پایدار را فراهم می کند، در حالی که مصرف کلی اپیوئید، کاهش یافته و عوارض جانبی کمتر می شوند (۷).

داروهای ضد التهاب غیراستروئیدی: در صورت عدم وجود موارد منع مصرف (مانند شوک، بیماری های کلیوی، گوارشی یا کبدی)، نقش مهمی در کنترل درد التهابی و کاهش وابستگی به اپیوئیدها ایفا می کنند (۷).

پایش دقیق تنفسی: از آن جا که مواد اپیوئیدی ممکن است باعث دپرسیون تنفسی شوند، پایش دقیق علائم حیاتی ضروری است. استفاده از ابزارهایی مانند: SpO₂ (اشباع اکسیژن خون محیطی) و EtCO₂ (فشار جزئی دی اکسید کربن پایان بازدمی) به منظور تشخیص زودهنگام هایپونتیلیاسیون یا آپنه توصیه می شود (۷).

مدیریت هوشیارانه دوران بهبودی: در پایان جراحی، قطع داروی استنشاقی و اکسیژن باید به صورت تدریجی و تحت پایش دقیق انجام شود. در صورت بروز علائم دپرسیون تنفسی یا بی حالی شدید، می توان با احتیاط از آنتاگونیست هایی مانند نالوکسان برای بازگشت نسبی اثر اپیوئیدها استفاده کرد، اما باید توجه داشت که خنثی سازی کامل اثر ضد درد ممکن است منجر به بازگشت درد شود.

در ارزیابی بالینی درد پس از جراحی ستون مهره ها در سگ ها، به منظور تصمیم گیری مستند درباره میزان نیاز به داروهای ضد درد، استفاده از مقیاس هایی مانند CSU (Canine Acute Pain Scale) کمک کننده است. این مقیاس بر سه محور روان رفتاری، پاسخ به لمس و تنش عضلانی طراحی شده و راهنمای موثری برای ارزیابی و پیگیری وضعیت درد بیمار است (۷).

نتیجه گیری نهایی

بیهوشی و بی دردی در دام پزشکی، به ویژه در مبتلایان عصبی، حوزه ای پیچیده و تخصصی است که نیازمند

پنوموتوراکس یا هموتوراکس در جراحی های ناحیه سینه ای به علت ورود به فضای پلور که سبب کاهش اشباع اکسیژن، افزایش تنفس، و هیپوتانسیون می شود (۲).

برادی کاردی و هیپوتانسیون شدید و مقاوم: در جراحی های گردنی، با تحریک مستقیم یا غیرمستقیم عصب واگ یا واکنش وازوواگال ناشی از کشش بافت ها می تواند منجر به کاهش ضربان قلب و افت شدید فشار خون شود. در موارد شدید، پاسخ به داروهای آنتی کولینرژیک (مانند آتروپین یا گلیکوپیرولات) ممکن است ناکافی باشد و نیاز به مدیریت پیشرفته همودینامیک وجود دارد (۲).

آسیب به عصب راجعه حنجره و خطرات راه هوایی: در حین جراحی های ناحیه ی گردنی ممکن است باعث فلجی طناب صوتی، انسداد راه هوایی، یا اختلال در بلع شود. همچنین احتمال اسپیراسیون محتویات دهانی به داخل ریه وجود دارد که می تواند منجر به پنومونی شدید گردد. هیپونتیلیاسیون و آپنه نیز ممکن است در اثر آسیب مستقیم یا به دنبال بیهوشی طولانی رخ دهد. پایش دقیق تنفس، قرار دادن لوله تراشه تا پایدار شدن عملکرد بلع، و گاهی نیاز به تراکئوستومی موقت توصیه می شود (۲).

توجه به موقعیت ضایعه و پیامدهای تنفسی: در ضایعات ناحیه گردنی، به ویژه سطوح C2-C4، به دلیل قرارگیری مرکز تنفس و اعصاب فرنیک در این ناحیه، توجه به عملکرد تنفسی، ضروری است. آسیب به نخاع گردنی در این سطح ممکن است باعث نارسایی تنفسی شدید شود. بسیاری از این بیماران برای حفظ تبادل گازی به تهویه مکانیکی (IPPV) نیاز دارند و در برخی موارد، ممکن است به تراکئوستومی موقت نیاز داشته باشد (۲).

ملاحظات پس از جراحی ستون مهره ها

مدیریت درد پس از جراحی ستون مهره ها در حیوانات، نقش مهمی در کاهش عوارض، تسریع بازتوانی و بهبود کیفیت زندگی بیمار ایفا می کند. به طور کلی، تسکین درد در این بیماران می تواند شامل ترکیبی از روش های زیر باشد:

کاهش عوارض، بهبود عملکرد عصبی و کیفیت زندگی را به همراه دارد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

رویکردهای فردی، چندوجهی و مبتنی بر شواهد است. ادغام دانش فیزیولوژی نخاع و درد، فارماکولوژی داروها و استفاده از ابزارهای پایش پیشرفته، این امکان را فراهم می‌کند که با انتخاب درست داروها، تعادل دقیقی بین آرام‌بخشی، محافظت عصبی و کنترل درد مؤثر برقرار شود. توجه به این جنبه‌ها به‌ویژه در سگ‌ها و گربه‌هایی که تحت جراحی‌های نخاعی قرار گرفته‌اند، نقش حیاتی در

منابع

- Lamont L, Grimm K, Robertson S, Love L, Schroeder C, editors. *Veterinary Anesthesia and Analgesia: the 6th edition of Lumb and Jones*. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons; 2024 Sep 11.
- Shelby AM, McKune CM. *Small animal anesthesia techniques*. 2nd ed. Hoboken (NJ): Wiley-Blackwell; 2022 Nov 22.
- Sharp NJ, Wheeler SJ. *Small animal spinal disorders: diagnosis and surgery*, 2nd ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2005.
- Mathews K, Kronen PW, Lascelles D, Nolan A, Robertson S, Steagall PV, et al. Guidelines for recognition, assessment and treatment of pain. *Vet Nurse*. 2015 Apr 2;6(3):164-73. <https://doi.org/10.1111/jsap.12200>.
- Yoo JS, Ahn J, Buvanendran A, Singh K. Multimodal analgesia in pain management after spine surgery. *J Spine Surg*. 2019 Sep;5(Suppl 2):S154-S60. <http://dx.doi.org/10.21037/jss.2019.05.04>.
- Woolf CJ. What is this thing called pain? *J Clin Invest*. 2010 Nov 1;120(11):3742-4. <https://doi.org/10.1172/JCI45178>.
- Kraus, BLH. Neuroanesthesia and pain management in spinal surgical patients [Class handout]. Ames (IA): Iowa State University, College of Veterinary Medicine; 2014 Feb.
- Lamont LA. Adjunctive analgesic therapy in veterinary medicine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2008 Nov 1;38(6):1187-203. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2008.06.002>.
- Carter AM, Yost S, Tobin J, Phuyal S, Lucke-Wold B. Pain management for the neurosurgical patient in spinal procedures: overview of historic and new modalities. *Explor Drug Sci*. 2024 May 21;2(3):268-76. <https://doi.org/10.37349/eds.2024.00046>
- Hu Y, Zhou H, Zhang H, Sui Y, Zhang Z, Zou Y, et al. The neuroprotective effect of dexmedetomidine and its mechanism. *Front Pharmacol*. 2022 Sep 20;13:965661. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.965661>.

Abstracts in English

Neuroanesthesia and Pain Management in Small Animal Spinal Surgery**Fatemeh Saadinam^{1,2}**

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

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

f.saadinam@ut.ac.ir

Background: One of the most important and challenging aspects of neuroanesthesia in veterinary medicine is the management of anesthesia and pain in animals undergoing spinal surgery. Despite advancements in surgical techniques, pharmacological options, and physiological monitoring approaches, many patients are still at risk of associated complications.

Objectives: This review outlines key considerations related to anesthesia and analgesia in animals undergoing spinal surgery.

Methods: A review of the literature on anesthesia and analgesia management in neurosurgical procedures.

Results: Neuroanesthesia in veterinary medicine—particularly in small animals—plays a vital role in ensuring safety, minimizing complications, and promoting successful postoperative functional outcomes. The main goals of anesthesia in this field include preserving neurological function, maintaining stable blood pressure, ensuring adequate oxygenation, and preventing secondary injuries. Key principles of effective anesthetic management include the appropriate selection of anesthetic and analgesic agents, a thorough understanding of the physiology of the central and peripheral nervous systems, awareness of drug effects on spinal cord blood flow, cerebrospinal fluid (CSF) dynamics, and the blood-brain barrier (BBB), and most importantly, achieving a balance between effective sedation and analgesia while preserving neurologic function and minimizing systemic side effects.

An effective approach in this field requires a multimodal anesthesia and analgesia plan tailored to each patient's condition. The use of advanced monitoring techniques and pain management strategies—including opioids, non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), and regional nerve blocks—are integral components of the multimodal approach.

Conclusions: Ultimately, successful management of anesthesia and pain in spinal surgeries relies on a deep understanding of the pathophysiology of the nervous system and continuous collaboration between the anesthesia, surgical, and postoperative care teams. This coordinated approach helps prevent the exacerbation of neurological dysfunction throughout all stages of treatment and facilitates the recovery process.

Keywords: Anesthesia, Pain Management, Spinal Surgery, Nervous System, Small Animals.



مقاله مروری

التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

<http://eltiamjournal.ir/>

رھیافت های جراحی در درمان بیماری های دیسک بین مهره های در حیوانات کوچک: روش ها و چالش ها

محمد مهدی دهقان^{۱*}، مهشید فرمند^۱، فاطمه سعدی نام^۱

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

۲. پژوهشکده تحقیقات زیست پزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

mdehghan@ut.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۱

doi <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.4>

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

چکیده

زمینه و نوع مطالعه: بیماری های دیسک بین مهره های از شایع ترین اختلالات عصبی در حیوانات کوچک، به ویژه سگ ها بوده و از دلایل اصلی درد و اختلال عملکرد عصبی محسوب می شوند. این مقاله یک مطالعه مروری است که رھیافت های مختلف جراحی برای درمان این بیماری ها را بررسی می کند.

هدف: بررسی و معرفی رھیافت های جراحی در درمان بیماری های دیسک بین مهره های در نواحی گردنی و سینه ای - کمری حیوانات کوچک و تحلیل مزایا، محدودیت ها و چالش های هر روش.

روش کار: این مطالعه به صورت مروری انجام شده و بر پایه بررسی منابع معتبر بین المللی شامل مقالات علمی و کتب تخصصی جراحی دامپزشکی در زمینه رھیافت های جراحی بیماری های دیسک بین مهره های در حیوانات کوچک و تجربیات نویسندگان مقاله است.

نتایج: بیماری های دیسک بین مهره های در اثر دژنراسیون دیسک و پارگی یا فتق آن ایجاد می شود و با فشردگی طناب نخاعی و ریشه های عصبی همراه است که می تواند علائمی چون درد، آتاکسی، فلجی و اختلال در کنترل اسفنکترها را به دنبال داشته و کیفیت زندگی حیوان را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. مدیریت این بیماری بر اساس شدت ضایعه و پاسخ به درمان محافظه کارانه، می تواند غیر جراحی یا جراحی باشد که در موارد شدید، مداخله جراحی ضرورت می یابد. در ناحیه گردنی، رھیافت و نترال اسلات به عنوان تکنیک اصلی برای رفع فشار از روی طناب نخاعی مورد استفاده قرار می گیرد. در حالی که در نواحی سینه ای - کمری رھیافت هایی مانند همی لامینکتومی، دورسال لامینکتومی و کورپکتومی به کار برده می شوند. انتخاب مناسب ترین روش جراحی به محل ضایعه، شدت علائم و شرایط عمومی بیمار بستگی دارد و در صورت مداخله به موقع و صحیح، نتایج جراحی اغلب موفقیت آمیز بوده و در بسیاری از موارد به بهبودی کامل عملکرد عصبی منجر می شود.

نتیجه گیری نهایی: در این مقاله رھیافت های جراحی در درمان بیماری های دیسک بین مهره های در نواحی گردنی و سینه ای - کمری مورد بررسی قرار گرفته است. رھیافت های جراحی برای درمان بیماری های دیسک بین مهره های در حیوانات کوچک ابزار مهمی در مدیریت این بیماری به شمار می روند. انتخاب صحیح تکنیک و توجه به جزئیات فنی می تواند خطرات و عوارض حین و پس از جراحی را کاهش داده و پیش آگهی را بهبود بخشد. و نترال اسلات، روش استاندارد در ضایعات گردنی، و همی لامینکتومی، دورسال لامینکتومی و کورپکتومی از متداولترین رھیافت ها در ناحیه سینه ای - کمری هستند که در این مقاله به تفصیل به آنها پرداخته شده است. موفقیت این روش ها به تشخیص دقیق، تجهیزات مناسب و تجربه جراح وابسته است. فنستریشن نیز به عنوان روشی کم تهاجمی تر، می تواند در هر سه ناحیه گردنی، سینه ای و کمری بسته به نوع و محل ضایعه به طور مؤثر مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: بیماری دیسک بین مهره ای، و نترال اسلات، همی لامینکتومی، دورسال لامینکتومی، کورپکتومی، فنستریشن

مقدمه

بیماری‌های دیسک بین‌مهره‌ای (Intervertebral Disc Diseases; IVDDs) از شایع‌ترین اختلالات نورولوژیک در حیوانات کوچک و مهم‌ترین بیماری طناب نخاعی در سگ‌ها به شمار می‌روند و یکی از علل اصلی بروز درد و اختلال عملکرد عصبی در این گونه محسوب می‌شوند (۱-۳). این بیماری با دژنراسیون تدریجی دیسک‌های بین‌مهره‌ای مشخص می‌شود؛ ساختارهایی که نقش حیاتی در جذب ضربه، حفظ انعطاف‌پذیری و تأمین پایداری ستون مهره‌ها دارند (۴ و ۵).

به دنبال این دژنراسیون، ماده دیسکی مینرالیزه شده ممکن است به درون کانال نخاعی نفوذ کرده و موجب فشار بر طناب نخاعی و ریشه‌های عصبی شود. این پدیده که به‌عنوان بیرون‌زدگی یا فتق دیسک بین‌مهره‌ای شناخته می‌شود که شایع‌ترین نوع بیماری دیسک بین‌مهره‌ای در سگ‌ها بوده و از دلایل اصلی بروز علائم نورولوژیک در این حیوانات محسوب می‌شود (۶-۸). فشار وارده بر طناب نخاعی و ریشه‌های عصبی می‌تواند بسته به شدت ضایعه، منجر به بروز طیفی از علائم بالینی شامل درد، آتاکسی، فلجی ناقص (Paresis) یا فلجی کامل (Paralysis) و از دست رفتن کنترل اسفنکترها شود. این بیماری تأثیر قابل توجهی بر کیفیت زندگی حیوان دارد و مدیریت آن مستلزم مداخلات مناسب جهت کاهش آسیب‌های عصبی و کنترل علائم بالینی است (۷-۹).

پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های تصویربرداری تشخیصی نقش مهمی در بهبود تشخیص بیماری‌های دیسک بین‌مهره‌ای ایفا کرده‌اند. در حال حاضر، سی‌تی‌اسکن و ام‌آر‌آی ابزارهای اصلی تشخیص محسوب می‌شوند، زیرا امکان مشاهده‌ی دقیق ستون مهره‌ها و ضایعات دیسکی را فراهم کرده و در تعیین محل دقیق ضایعه و ارزیابی میزان فشردگی ساختارهای عصبی نقش کلیدی دارند. با این حال، تشخیص قطعی معمولاً مستلزم رویکردی چندوجهی است که شامل یافته‌های بالینی، ارزیابی‌های عصبی و نتایج تصویربرداری تشخیصی می‌شود (۱۰).

درمان سگ‌های مبتلا به بیماری‌های دیسک بین‌مهره‌ای می‌تواند به روش غیرجراحی (محافظه‌کارانه) یا جراحی انجام شود. انتخاب روش درمان به عواملی همچون شدت آسیب عصبی، پاسخ حیوان به درمان‌های محافظه‌کارانه و وضعیت عمومی بیمار بستگی دارد. پیش‌آگهی در این

بیماران به‌طور قابل توجهی متفاوت است و به شدت آسیب عصبی و اثربخشی درمان‌ها وابسته می‌باشد. در صورت مداخله‌ی مناسب و به‌موقع، امکان بازیابی کامل عملکرد عصبی در بسیاری از موارد وجود دارد. با این حال، در سگ‌هایی که دچار ضایعات شدید عصبی هستند، پیش‌آگهی برای بازگشت توانایی راه رفتن و کنترل دفع ادرار و مدفوع می‌تواند محتاطانه تا ضعیف باشد (۴ و ۵).

هدف از این مقاله، بررسی و تحلیل روش‌ها و چالش‌های رهیافت‌های جراحی در درمان بیماری‌های دیسک بین‌مهره‌ای در حیوانات کوچک است. در این راستا، رهیافت‌های جراحی رایج و ملاحظات مرتبط با انتخاب و تکنیک اجرای آن‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند تا تصویری جامع از جنبه‌های کاربردی و چالش‌های بالینی این رهیافت‌ها ارائه شود.

بیماری‌های مربوط به دیسک بین‌مهره‌ای گردنی

بیماری‌های دیسک بین‌مهره‌ای گردنی اختلال شایعی در سگ‌ها است. بر اساس گزارش‌های منتشر شده، ۱۶ تا ۲۵ درصد موارد بیماری‌های دیسک، مربوط به ناحیه گردنی است. بیشتر سگ‌های مبتلا به بیماری دیسک گردنی، به‌جای برآمدگی آنولوس فیروزوس (Protrusion)، دچار بیرون‌زدگی نوکلئوس پولپوزوس (Extrusion) می‌شوند. به‌طور سنتی، فتق دیسک بین‌مهره‌ای به دو نوع اصلی تقسیم شده است: هانسن نوع یک (Hansen Type I) (بیرون‌زدگی دیسک) و هانسن نوع دو (Hansen Type II) (برآمدگی دیسک). علاوه بر این، نوع سوم نیز تحت عنوان «بیرون‌زدگی حاد نوکلئوس پولپوزوس بدون فشردگی» (Acute Non-Compressing Nucleus) (Pulposus Extrusion; ANNPE) معرفی شده است که در آن مقدار کمی از ماده دیسک به‌صورت ناگهانی و با فشار زیاد خارج می‌شود، بدون آنکه باعث فشردگی پایدار نخاع شود.

بیماری دیسک بین‌مهره‌ای ناحیه گردنی در سگ‌های نژادهای کوچک به ویژه نژادهای کندرودیستروفیک شایع است، اگرچه در هر نژادی ممکن است اتفاق افتد. دیسک بین‌مهره‌ای C3-C4 به‌عنوان شایع‌ترین محل گزارش شده است. برآمدگی دیسک (هانسن نوع ۲) بیشتر در سگ‌های نژاد بزرگ در دیسک بین‌مهره‌ای C5-C6 مشاهده می‌شود (۱۱). برآمدگی دیسک بین‌مهره‌ای ناحیه

به سینوس‌های وریدی جلوگیری می‌شود را تضمین می‌نماید (تصاویر ۲ تا ۴).

رهیافت جراحی

پس از برش پوست و بافت زیر جلدی، اولین عضلاتی که مشاهده می‌شود عضلات جناغی لامی/ تیروئیدی (Sternohyoideus / thyroideuss) است. مشخص نمودن حدفاصل بین عضله سمت چپ و راست با قرار دادن انگشت اشاره بر روی خط میانی و فشار بر روی نای انجام می‌شود (تصاویر ۵ و ۶). رگ تیروئید خلفی که جفت نمی‌باشد، به سمت چپ و راست شاخه‌هایی می‌فرستد. باید یک طرف را انتخاب کرده و شاخه‌های کوچک را خونبندی کرد (تصویر ۷). رهیافت همیشه از سمت راست نای انجام می‌شود تا از مری محافظت شود. با استفاده از انگشتان، جداسازی بافتها از سمت راست نای انجام می‌شود. این کار باید با احتیاط انجام شود تا به عصب راجعه حنجره که در مجاورت نای است، آسیبی وارد نشود. در این مرحله، غلاف کاروتید و مری شناسایی می‌شود (تصویر ۸ تا ۱۱). برای عقب‌کشیدن نای به سمت چپ از گشاد کننده های (Retractor) کند مانند Army-Navy استفاده می‌شود. در این مرحله کماکان نباید از ابزارهای تیز استفاده کرد تا از آسیب به مری جلوگیری شود. آسیب به مری در حین این رهیافت می‌تواند کشنده باشد. در این زمان، جراح با دقت مکان دیسک مورد نظر را مشخص کند. برای شناسایی دیسک بین مهره‌ای از سه روش می‌توان استفاده کرد: روش اصلی از طریق لمس زوائد عرضی مهره C6 که معمولاً برجسته هستند، انجام می‌شود (تصویر ۱۲). فضای دیسک C5-C6 در قدام زوائد عرضی مهره C6 قرار دارد. فضای دیسک ممکن است برجسته نباشد. اگر تردیدی در محل دیسک وجود داشت، می‌توان یک برش کوچک ایجاد و محل دیسک را مشخص کرد. محل دیسک مبتلا با شمارش از فضای دیسک C5-C6 تعیین می‌شود و با لمس برجستگی دیسک‌ها مشخص می‌شود. در روش دوم در ناحیه قدامی در حدفاصل مهره‌های C1-C2، جایی که فاقد دیسک است، یک برآمدگی نسبتاً نوک‌تیز قابل لمس است. از این محل فضای دیسک‌ها به سمت خلف شمارش می‌شوند. و نهایتاً در روش سوم، جراح می‌تواند بال‌های مهره C1 را لمس کند. مفصل C1-C2 یا آتلانتوکسیال (Atlanto-axial) در قسمت خلف بال‌های مهره C1 قرار دارد. تعیین محل دقیق ایجاد شکاف (Slot) بسیار مهم

گردنی در گربه‌ها گزارش شده است اما بروز علائم بالینی مرتبط با این بیماری در گربه‌ها نسبتاً نادر است (۱۲). حیوانات مبتلا به بیماری دیسک بین مهره‌ای گردنی می‌توانند در ابتدا تحت درمان محافظه‌کارانه با داروهای ضد التهاب غیر استروئیدی قرار گیرند. گزارش شده که درمان محافظه‌کارانه در ۴۹ درصد از موارد با موفقیت همراه است. البته باید به صاحبان حیوانات آگاهی داده شود که در ۵۱ درصد موارد احتمال عدم بهبودی و یا عود مجدد بیماری پس از بهبودی اولیه وجود دارد. ضمن آن که به تأخیر انداختن جراحی ممکن است روند جراحی را به دلیل چسبندگی‌های بین مواد دیسک بیرون‌زده و سخت شامه دشوار نماید. استفاده از طب سوزنی همراه با داروهای ضد التهاب غیر استروئیدی در ۶۹ درصد موارد بهبودی اولیه را به دنبال دارد. برداشتن فشار (Decompression) با کمک جراحی در ۹۴/۴ درصد موارد با موفقیت همراه است، اگرچه در برخی موارد مرگ و میر نیز گزارش شده است. رهیافت‌های مربوط به دیسک بین مهره‌ای گردنی:

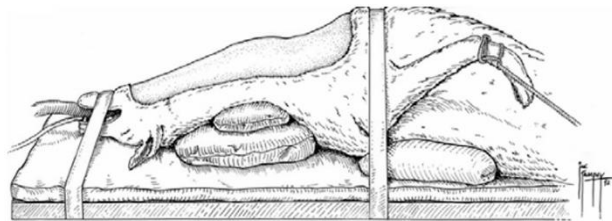
روش جراحی برای برداشتن فشار دیسک‌های گردنی بر آمده یا بیرون زده، روش و نترال اسلات (Ventral Slot) است که در آن شکافی بین دو مهره در محل دیسک ایجاد شده و دیسک مزاحم خارج می‌شود. این روش اگر به دقت انجام شود، میزان موفقیت زیاد، فوری و کم عوارضی را به دنبال دارد.

در این روش ابتدا بیهوشی عمومی در حیوان القاء و در سطح مناسبی از بیهوشی نگه‌داشته می‌شود تا حیوان تحرکی نداشته باشد. هر گونه حرکت حیوان در مراحل حساس جراحی می‌تواند خطرناک باشد. سپس حیوان در وضعیت خوابیده به پشت روی میز جراحی قرار داده می‌شود و گردن از ناحیه فک پایین تا بالای قطعه ابتدایی جناغ (Manubrium) برای انجام جراحی به روش آسپتیک آماده سازی می‌شود. گردن با قراردادن یک حوله یا کیسه شنی در زیر آن حمایت می‌شود (تصویر ۱). باید اطمینان حاصل شود که حیوان به صورت صحیحی روی میز جراحی قرار داده شده است و به سمت چپ یا راست متمایل نمی‌باشد. رهیافت در خط میانی سطح شکمی گردن در ناحیه تقریبی دیسک بین مهره‌ای مبتلا انجام می‌شود و لذا قرار داشتن حیوان به صورت صحیح این امر را که شکاف استخوان دقیقاً در خط وسط انجام شده و بنابراین از آسیب

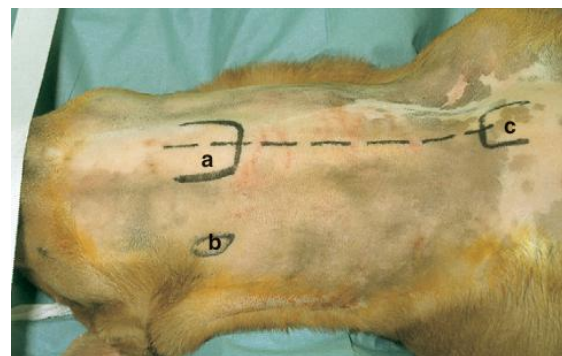
مستقیم، مانند Kelly یا Mosquito انجام می‌شود. پنس خونبند در قسمت خلفی سطح شکمی بدنه مهره ای که در خلف دیسک قرار گرفته فشار داده شده و سپس باز می‌شود. پس از چندین بار تلاش، رشته‌های عضله Longus colli جدا می‌شوند. معمولاً جراح با یک پنس خونبند کوچک‌تر شروع کرده و سپس از پنس‌های خونبند بزرگ‌تر استفاده می‌کند. سپس اتصالات عضله Longus colli به مهره می‌توانند با تیغ‌های بیستوری شماره ۱۵ بریده شوند، هرچند برخی جراحان برای این کار استفاده از قیچی را ترجیح می‌دهند. برای جدا کردن عضله از مهره‌ها در دو طرف دیسک از پریوست الواتور استفاده می‌شود. معمولاً در این مرحله، شریان تغذیه کننده بدنه مهره در سطح شکمی مهره پاره می‌شود که با استفاده از الکتروکوتر دوقطبی یا تک‌قطبی، یا موم استخوان (Bone Wax) خونبندی انجام می‌شود.

است. اگر ابهامی در محل دیسک وجود داشته باشد، باید دیسک‌ها در حداقل مقدار ممکن در معرض دید قرار گیرند تا محل دقیق دیسک شناسایی شود. پس از تعیین محل دیسک مورد نظر، دیسک باید در معرض دید قرار داده شود. عضله دراز گردنی (Longus colli)، با گروه‌های عضلانی که به صورت به هم بافته (weave) به هم متصل هستند، مشاهده می‌شود (تصویر ۱۳). ممکن است نتوان وسط عضله Longus colli را مشخص کرد، بنابراین جراح ابتدا باید بال‌های مهره C5-C6 را پیدا کند تا خط میانی سطح شکمی گردن مشخص شود. سطح شکمی خلف بدنه مهره یا همان صفحه انتهایی (End plate) خلفی مهره، به صورت یک ناحیه برجسته‌تر مشاهده می‌شود. دیسک بین‌مهره‌ای درست در زیر این برجستگی قرار گرفته است و رشته‌های عضله Longus colli به این سطح از بدنه مهره متصل می‌شوند. رشته‌های عضله Longus colli باید جدا شوند. این کار ابتدا با استفاده از یک پنس خونبند

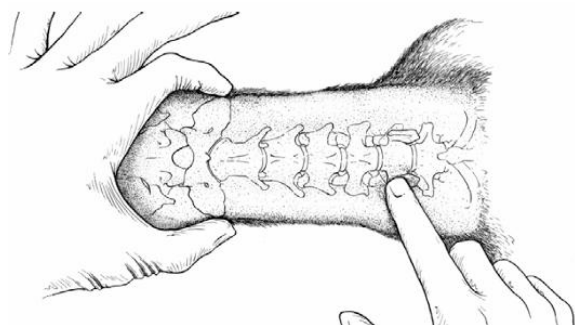
تصویر ۱: موقعیت بیمار برای رهیافت شکمی به گردن. کشش بیش از حد باعث بسته شدن فضای دیسک پشتی می‌شود؛ کشش ملایم ممکن است ترجیح داده شود. (۱۲)



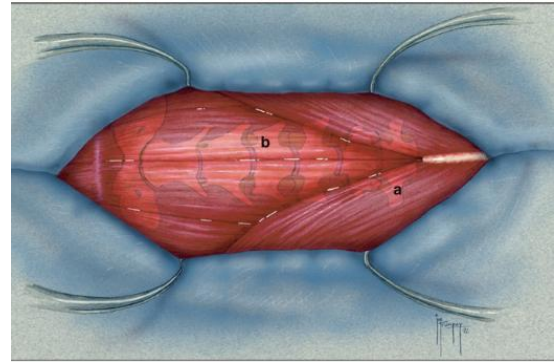
تصویر ۲: نشانه‌ها عبارتند از (a) حنجره؛ (b) بال اطلس؛ و (c) منوبریوم جناغ سینه. محل برش در خط وسط نشان داده شده است. (۱۲)



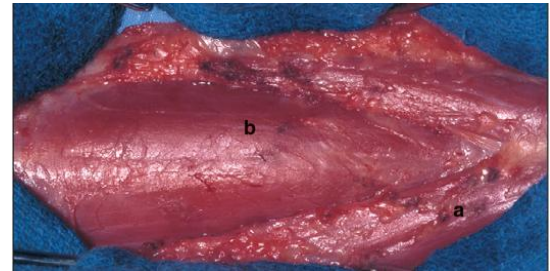
تصویر ۳: نشانه‌ها قابل لمس هستند؛ در این تصویر، جراح در حال لمس بال‌های اطلس (دست چپ) و زائده عرضی برجسته C6 است. (۱۲)



تصویر ۴: آناتومی سطحی - برای نشان دادن عضلات Sternocephalicus (a) و عضلات Sternohyoid (b)، پوست و فاسیای سطحی جدا شده‌اند. مهره‌های گردنی C1 تا C7 در پس‌زمینه دیده می‌شوند. (۱۲)



تصویر ۵: پوست و فاسیای سطحی برای آشکار کردن عضلات Sternocleidomastoid (a) و عضلات Sternohyoid (b) جدا شده‌اند. (۱۲)



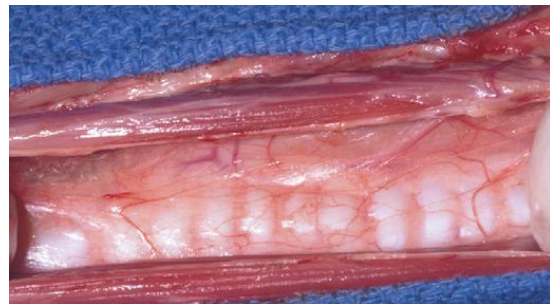
تصویر ۶: عضلات Sternohyoid در خط وسط از هم جدا شده‌اند. اگر رافه میانی قابل مشاهده نباشد، باید انگشت روی عضلات نای فشار داده شود تا رافه قابل مشاهده شود. (۱۲)



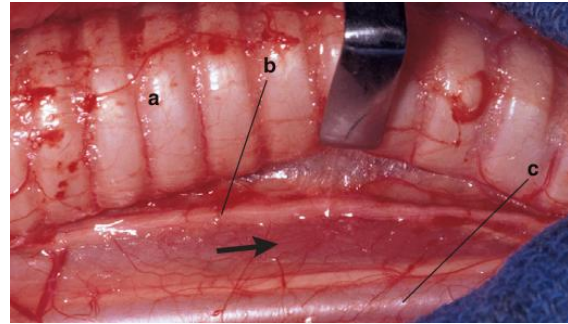
تصویر ۷: ایجاد یک برش کوچک در فاسیا و سپس تشریح فاسیا بوسیله کندکاری معمولاً از خونریزی جلوگیری می‌کند. ورید تیروئید خلفی در بافت همبند قرار دارد و شاخه‌های کوچکی در هر طرف دارد. در صورت امکان، این ورید باید حفظ شود؛ شاخه‌ها را می‌توان کوتر کرد. نای بلافاصله زیر فاسیا قرار دارد. (۱۲)



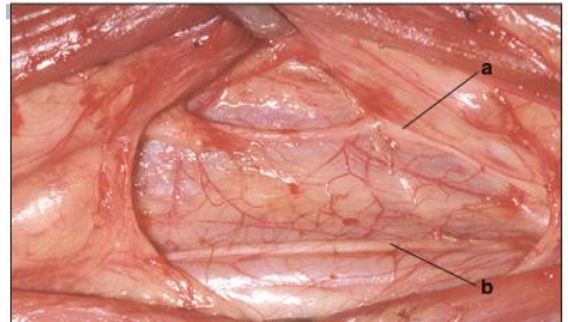
تصویر ۸: پس از جدا شدن عضلات Sternohyoid، نای قابل مشاهده است. در اینجا جداسازی با انگشتان انجام شده است. (۱۲)



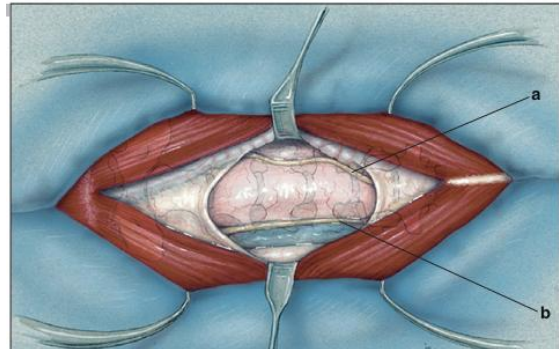
تصویر ۹: نمای نزدیک از نای (a)؛ عصب راجعه حنجره (b)؛ و غلاف کاروتید (c). رهیافت بین عصب راجعه حنجره و غلاف کاروتید با فلش نشان داده شده است. در این مرحله، مری باید شناسایی شود، در غیر این صورت جراح می‌تواند سهواً به آن آسیب برساند. (۱۲)



تصویر ۱۰: چندین لایه فاسیای شل وجود دارد که قبل از رسیدن به عضلات Longus colli باید آن را سوراخ نمود. مری با رنگ صورتی آن در مقایسه با قرمز تیره‌تر عضلات longus colli قابل تشخیص است؛ برای تشخیص افتراقی، می‌توان از گوشی پزشکی مری استفاده کرد. (۱۲)



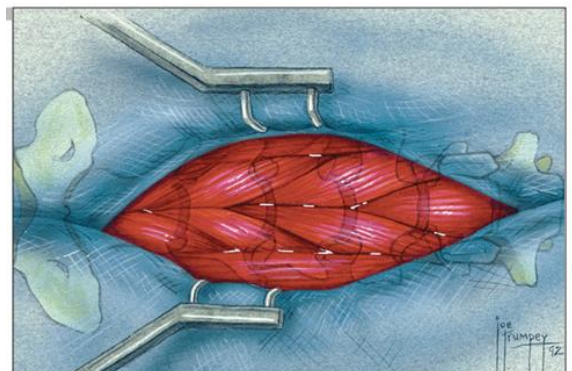
تصویر ۱۱: به عصب راجعه حنجره (a) و غلاف کاروتید حاوی شریان کاروتید به همراه تنه واگوسمپاتیک سفید و برجسته‌تر (b) توجه کنید. نای و مری از دید جراح به کنار کشیده شده‌اند؛ آنها باید در یک طرف برش در کنار هم نگه داشته شوند. (۱۲)



تصویر ۱۲: کنار کشیدن ساختارهای حیاتی، عضلات Longus colli را نمایان می‌کند. زوائد عرضی مهره ششم گردنی بزرگ هستند و به سمت شکمی قرار دارند؛ همانطور که در اینجا نشان داده شده است، به راحتی قابل لمس هستند. (۱۲)



تصویر ۱۳: آناتومی عمقی. به الگوی عضلات Longus colli به سمت قدام توجه کنید. در صورت نیاز به انجام ونترال اسلات، باید با جایگزینی رترکتورهای کوچکتر Gelpi روی فضای مورد نظر، فشار روی وریدهای وداج را کاهش داد. (۱۲)



از این مرحله از عمل جراحی، سینیوس‌های وریدی مهره‌ای در قسمت شکمی کانال نخاعی، بسیار نزدیک به جایی که شکاف استخوانی ایجاد می‌شود، قرار دارند و باید نهایت دقت را به عمل آورد. اگر سینیوس‌های وریدی دچار جراحی شوند، خونریزی کشنده ای می‌تواند رخ دهد. اگر با نور و بزرگنمایی مناسب، داخل شکاف ایجاد شده مشاهده شود، پایین شکاف تا حدودی به شکل لوزی است که دیسک در مرکز لوزی قرار دارد. سینیوس وریدی در وسط بدنه مهره به خط میانی نزدیک‌تر می‌شوند و در محل دیسک‌ها از همه فاصله گرفته و به صورت جانبی به سمت سوراخ بین مهره‌ای امتداد می‌یابند. بنابراین، شکاف می‌تواند در محل دیسک‌ها عریض‌تر شود. (تصویر ۱۹)

در این هنگام، باید به دنبال یافتن یک پارگی در سطح پشتی آنولوس فیبروزوس (*Annulus fibrosus*) بود. پارگی در آنولوس فیبروزوس جایی است که نوکلئوس پالپوزوس (*Nucleus pulposus*) از آن خارج شده و می‌تواند به جراح کمک کند تا با خیال راحت‌تری وارد کانال مهره‌ای شود. فورسپس‌های بیوپسی رحمی (*Uterine biopsy forceps*) کوچک ۱ تا ۲ میلی‌متری برای برداشتن قطعات کوچک آنولوس فیبروزوس و بهتر شدن دید جراح مفید هستند. برداشتن تعداد زیادی تکه‌های کوچک، بسیار بهتر از تکه‌های بزرگ است، زیرا تکه‌های بزرگ می‌توانند منجر به پارگی سینیوس‌های وریدی شوند.

ماده‌ی دیسک ممکن است از میان رباط طولی پشتی (*Dorsal longitudinal ligament*) عبور کرده و به کانال نخاعی وارد شود، یا در فضای بین سطح پشتی آنولوس فیبروزوس و سطح شکمی رباط طولی پشتی قرار گرفته باشد. هدف از جراحی برداشتن توده بیرون زده و در نتیجه برداشته شدن فشار از روی نخاع و ریشه‌های عصبی است. ماده دیسک می‌تواند کلسیفیه شده و قوامی مشابه پودر مرطوب داشته باشد، یا می‌تواند مانند درزگیر سیلیکونی سفت شده یا مانند یک سنگ ریزه‌های کوچک باشد. بیرون زدگی می‌تواند با یک برآمدگی توام شود که در آن توده بیرون زده، بسیار فیبروزی است. ابزارهای مختلفی را می‌توان برای برداشتن مواد بیرون زده استفاده کرد، اما همه ابزارها باید کند بوده و تیز نباشند. معمولاً از کورت‌های هیپوفیز (*Pituitary Curettes*) برای این کار استفاده می‌شود. همچنین از یک قطعه سیم ارتوپدی گیج ۲۲ تا ۲۶، که از وسط خم شده و به هر شکل دلخواهی درمی‌آید، نیز می‌توان استفاده کرد. با پنس‌های ظریف *DeBakey* می‌توان بخش کوچکی از ماده‌ی دیسک بیرون‌زده را گرفته و خارج کرد. در برخی موارد، جراح بخشی از ماده‌ی بیرون‌زده‌ی دیسک را با پنس گرفته و معمولاً همانند رشته‌ای پیوسته، مقدار قابل توجهی از آن را بیرون می‌کشد تا کانال مهره‌ای آشکار شود.

از این مرحله به بعد می‌توان از گشادکننده‌های خود نگهدار تیز استفاده کرد. بدین منظور دو عدد گشادکننده *Gelpi* بین عضله *Longus colli* و قسمت شکمی بدنه‌ی مهره قرار داده می‌شوند. وجود یک برجستگی خطی در طول قسمت شکمی بدنه‌ی مهره، خط وسط دقیق مهره‌ها و دیسک‌ها را نشان می‌دهد.

برای ایجاد شکاف در بدنه مهره‌ها و دیسک، استفاده از لوپ‌های بزرگنمایی چشمی و چراغ پیشانی ضروری هستند. هنگام استفاده از فرز با سرعت بالا برای برداشتن استخوان، از محلول نرمال سالین برای شستشو استفاده می‌شود. فرزهای گرد کوچک، ۱ تا ۴ میلی‌متری با ۶ تا ۸ شیار باید در دسترس باشند. جراحان مبتدی معمولاً از فرزهای بزرگ استفاده می‌کنند. فرزهای استوانه‌ای سرگرد کف محل شکاف را به خوبی برش نمی‌دهند و نباید از آنها استفاده شود. اندازه شکاف ایجاد شده در بدنه مهره باید نسبتاً کوچک باشد، لذا اندازه آن نباید بیشتر از یک سوم عرض رادیوگرافیک بدنه‌ی مهره و یک سوم طول هر مهره باشد. این امر منجر به ایجاد یک سوراخ تا حدودی بیضی شکل در قسمت شکمی بدنه مهره می‌شود. دیسک با زاویه کمی از قدام به خلف قرار دارد و با عمیق‌تر شدن شکاف (به سمت سطح پشتی مهره)، زاویه آن بیشتر به سمت قدام پیش می‌رود. به همین دلیل، هنگام ایجاد شکاف، باید شکاف بیضی شکل را روی قسمت شکمی بدنه مهره قدامی قرار داد، به طوری که دیسک در قسمت خلفی شکاف بیضی قرار گیرد، در این صورت با عمیق‌تر شدن شکاف، دیسک بیشتر و بیشتر در مرکز شکاف قرار می‌گیرد و نهایتاً شکاف در وسط کانال نخاعی قرار خواهد گرفت. (تصاویر ۱۴ تا ۱۸)

در حین ایجاد شکاف در استخوان اسفنجی بدنه مهره، صفحات انتهایی مهره‌ها در قدام و خلف شکاف قابل مشاهده است. استخوان اسفنجی به رنگ قرمز و صفحه انتهایی به رنگ سفید دیده می‌شود. در برخی از موارد خونریزی از استخوان اسفنجی رخ می‌دهد. در صورتی که خونریزی مانع از مشاهده موضع جراحی گردد، خونریزی باید کنترل شود. این کار با به کار بردن موم استخوان با کمک الواتور فریر (*Freer Elevator*)، کورت یا هر ابزار مناسب دیگر انجام می‌شود. برداشتن استخوان اسفنجی در دو طرف صفحات انتهایی می‌تواند به سرعت به سمت سطح پشتی بدنه مهره‌ها ادامه یابد. در این زمان، استخوان اسفنجی مهره‌ها برداشته می‌شود و استخوان کورتیکال سطح پشتی بدنه مهره مشاهده می‌شود. به عبارت ساده، در هر دو طرف صفحات انتهایی، ساختار قرمز رنگ (استخوان اسفنجی) و سپس ساختار سفید رنگ (استخوان کورتیکال) دیده می‌شود.

به راحتی دچار آسیب می‌شود و در مواردی خونریزی آن قدر شدید است که ادامه‌ی جستجو در کانال مهره‌ای غیرممکن می‌شود و در شرایط نادر، این خونریزی می‌تواند کشنده باشد. حتی در غیاب هرگونه اختلال انعقادی، خونریزهای شدید ممکن است در حدود ۲۵ درصد از سگ‌هایی که تحت جراحی ایجاد و نترال اسلات قرار می‌گیرند، رخ دهد. مصرف هم‌زمان آسپرین یا وجود اختلالات انعقادی، احتمال بروز این عارضه را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

چنانچه خونریزی پس از نمایان شدن کامل کانال مهره‌ای رخ دهد، برای کنترل خونریزی استفاده از پروب صاف یا گرد خم‌شده در زاویه ۹۰ درجه یا کمی بازتر توصیه می‌شود. پروب به آرامی در جهت احتمالی خونریزی وارد کانال شده و سپس به سمت سطح شکمی بالا آورده می‌شود. این حرکت فشار موقتی بر سینوس وارد کرده و معمولاً خونریزی را متوقف می‌کند. حفظ فشار به مدت ۵ دقیقه معمولاً برای خون بندی کافی است. در صورتی که نیاز باشد، افزودن مقدار کمی از موم استخوان در محل می‌تواند به کنترل خونریزی کمک کند.

در شرایط خونریزی شدید، جراح باید تصمیم بگیرد که با پذیرش احتمال خونریزی بیشتر که می‌تواند تهدیدکننده جان حیوان باشد، برداشت ماده دیسک را ادامه دهد یا به‌طور موقت عمل جراحی را برای پیشگیری از پیامدهای ناخواسته ناشی از خونریزی متوقف کند. در بسیاری از موارد، توقف عمل جراحی تصمیم ایمن‌تری است. در صورتی که علائم درد یا اختلالات عصبی پس از جراحی ادامه یابد، انجام جراحی مجدد ۷ تا ۱۰ روز بعد مناسب‌تر است. در طی جراحی مجدد، تشکیل لخته و ترمیم عروق معمولاً باعث می‌شود که خونریزی مجدد مشکل‌ساز نباشد.

در سگ‌هایی که دیسک‌های مجاور در تصاویر رادیوگرافی یا معاینات جراحی کلسیفیه یا دنژناتیو هستند، برخی جراحان برای کاهش احتمال عود، اقدام به فنستریشن (Fenestration) دیسک در این نواحی می‌کنند. این روش بیشتر در ناحیه گردنی، از C2-C3 تا C6-C7 انجام می‌شود. برای این کار، با تیغه اسکالپل شماره ۱۱ یک برش کوچک روی سطح شکمی آنولوس فیبروزوس ایجاد شده و سپس با ابزاری مانند Tartar scraper دندان‌پزشکی، تا حد ممکن مقادیر بیشتری از نوکلئوس پالپوزوس خارج می‌شود. هدف از این اقدام کاهش فشار داخل دیسک و کاهش احتمال بیرون‌زدگی دیسک در آینده است.

میزان عود فتق دیسک پس از جراحی اولیه پایین است، اگرچه فنستریشن پیشگیرانه نیز عدم عود فتق دیسک را تضمین نمی‌نماید. از این‌رو، بسیاری از جراحان این روش را تنها در موارد خاصی به کار می‌برند. تصمیم‌گیری نهایی بر اساس یافته‌های

باید توجه داشت که بخشی از ماده‌ی دیسک امکان دارد بین سطح پشتی آنولوس فیبروزوس و سطح شکمی رباط طولی پشتی قرار گرفته باشد. جراح ممکن است این بخش از ماده دیسک را خارج کند، اما متوجه باقیمانده‌ی ماده‌ی بیرون‌زده درون کانال مهره‌ای نشود.

رباط طولی پشتی ساختاری نازک با رنگ سفید براق است که گاهی ممکن است با سخت‌شامه اشتباه گرفته شود. در حالی که سخت‌شامه به دلیل وجود شبکه‌ی عروقی شکمی، تهرنگی آبی دارد. در برخی موارد، لازم است رباط طولی پشتی با دقت باز شود؛ این کار معمولاً با تیغه‌ی بیستوری شماره‌ی ۱۱ انجام می‌گیرد و باید با نهایت احتیاط صورت گیرد تا به سخت‌شامه آسیبی وارد نشود.

ماده‌ی بیرون‌زده دیسک تا زمانی که کانال مهره‌ای به‌طور کامل قابل مشاهده باشد، برداشته می‌شود. برای بررسی باقی‌مانده‌ی مواد درون کانال، از پروبی گرد که در زاویه‌ی قائمه یا کمی بازتر خم شده است، استفاده می‌شود. این پروب با دقت از طریق برش ایجاد شده در رباط طولی پشتی وارد شده و برای ارزیابی کانال در امتداد شکاف و نیز سوراخ‌های بین‌مهره‌ای به کار می‌رود. قلاب شدن پروب به ریشه‌ی عصب اتفاقی شایع است؛ بنابراین، هرگونه تلاش برای بیرون کشیدن اجباری چیزی که به‌اشتباه ماده‌ی دیسک تصور می‌شود، نادرست و خطرناک است. در اغلب موارد، ماده‌ی دیسک با نیرویی اندک و بدون مقاومت خارج می‌شود. در صورت گیر کردن پروب، باید آن را به آرامی چرخاند تا آزاد گردد (تصویر ۲۰ تا ۲۶).

صرف‌نظر از میزان دقت یا تجربه‌ی جراح، احتمال باز شدن سینوس وریدی همیشه وجود دارد. این وضعیت می‌تواند منجر به خونریزی شدید و حتی کشنده یا ایجاد هماتوم فشاری شود. سینوس وریدی، رگی با فشار بسیار پایین اما نسبتاً بزرگ است. یکی از خطاهای رایج در این شرایط، آسپیراسیون مداوم خون با ابزارهایی مانند ساکشن Frazier به‌منظور بهتر شدن دید جراح است، در حالی که این اقدام می‌تولند بسیار خطرناک باشد. بیماران معمولاً کوچک جثه هستند و تخلیه‌ی خون آن‌ها با ساکشن مداوم حتی برای چند دقیقه ممکن است به راحتی منجر به کاهش قابل توجه حجم خون شود.

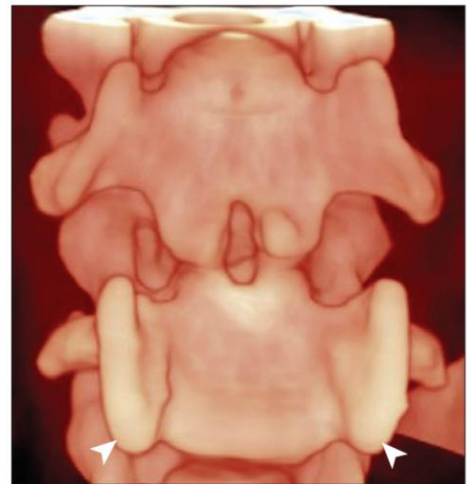
خونریزی‌های استخوانی در هنگام ایجاد و نترال اسلات را می‌توان با موم استخوان کنترل کرد. با این حال، باید از ورود موم یا سایر مواد خون بند به داخل کانال مهره‌ای به‌شدت پرهیز شود، زیرا حتی مقدار اندکی از این مواد می‌تواند سبب فشار مکانیکی بر نخاع شود و به این ترتیب علائمی مشابه فتق دیسک حاد ایجاد کند. علاوه بر این، ورود این مواد ممکن است موجب باز شدن سینوس وریدی و تشدید خونریزی شود. شبکه‌ی وریدی مهره‌ای (Vertebral venous plexus)

مراقبت‌های پس از عمل معمولاً ساده است. این بیماران اغلب در دوران نقاهت، در وضعیت طبیعی و بدون درد هستند. اگر درد باقی مانده باشد، می‌توان این بیماران را با داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی درمان کرد. بیمار باید به مدت ۱۴ روز در استراحت نگه داشته شود و سپس به تدریج به فعالیت‌های عادی خود بازگردد.

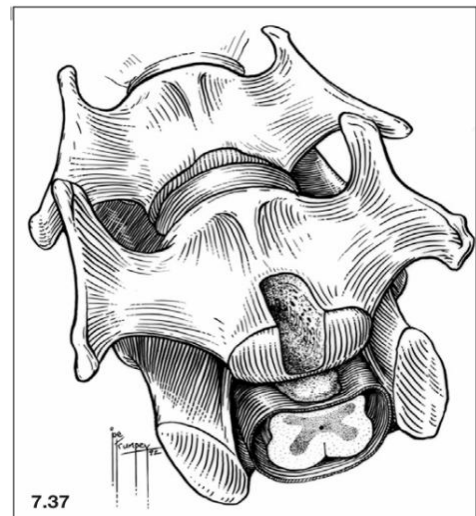
حین عمل جراحی، وضعیت بیمار و تجربه جراح صورت می‌گیرد (تصاویر ۲۷ تا ۳۳).

پس از رفع فشار، رهیافت بسته می‌شود. نیازی به قرار دادن بافت چربی یا عامل خون بند ژلاتینی در شکاف نیست. بجز در سگ‌های بزرگ، نیازی به کنار هم قرار دادن عضله Longus colli نیز نمی‌باشد. عضله Sterohyoideus با الگوی بخیه سرتاسری ساده و بافت زیر جلدی هم با الگوی ساده سرتاسری بخیه می‌شود. پوست با بخیه یا منگنه پوستی بسته می‌شود.

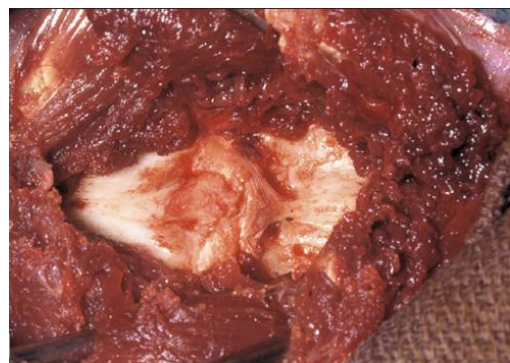
تصویر B۱۴: بازسازی سه‌بعدی و نترال اسلات در C5/6. عرض کلی این شکاف ۳۸٪ است. به بال‌های برجسته C6 (نوک پیکان‌ها) توجه کنید. (۱۲)



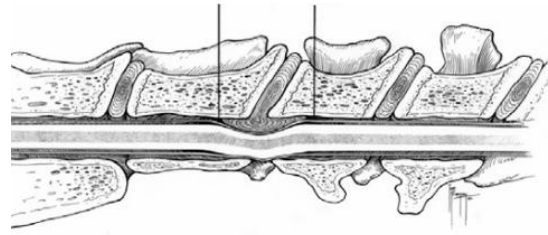
تصویر A۱۴: نمای مهره‌های گردنی که رفع فشار از طریق و نترال اسلات (Ventral Slot Decompression) را نشان می‌دهد. این روش امکان دسترسی به کانال مهره‌ای از طریق بدنه مهره را فراهم می‌کند. شناسایی صحیح فضای مورد نظر بسیار مهم است. (۱۲)



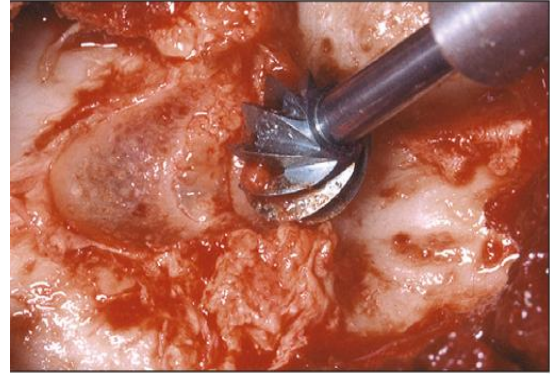
تصویر ۱۵: محل و نترال اسلات با برداشتن عضلات مهره‌ها در دو طرف خط میانی آماده می‌شود. عضلات Longus colli از زائده شکمی جدا می‌شوند. هموستاز در این مرحله مهم است، زیرا خونریزی بیش از حد محل شکاف را پنهان می‌کند. جداسازی عضلات با رکتورهای خودنگهدار حفظ می‌شود و بافت‌ها با تامپون‌های مرطوب محافظت می‌شوند. (۱۲)



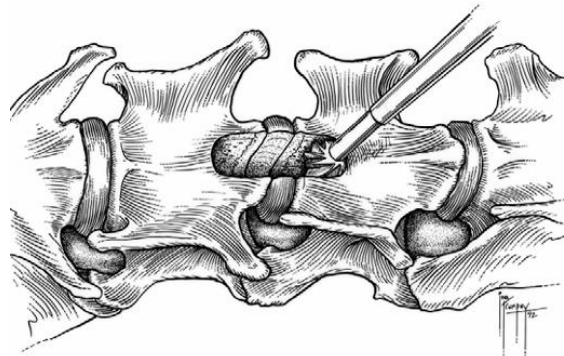
تصویر ۱۶: برش عمودی نشان می‌دهد که به دلیل زاویه‌دار بودن فضای دیسک نسبت به کانال مهره‌ای، ایجاد شکاف باید بیشتر از مهره قدامی مجاور دیسک شروع شود تا از مهره خلفی. این امر همچنین در صورت فروریختن شکاف یا در رفتن ناقص آن، فضایی برای قرار دادن پیچ یا پین فراهم می‌کند. (۱۲)



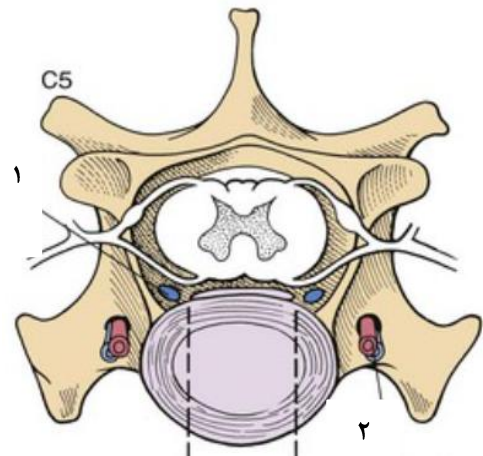
تصویر ۱۷: شکاف در موقعیتی که توضیح داده شد شروع می‌شود. در ابتدا، ایجاد سوراخ فقط در مهره قدامی انجام می‌شود. هدف، ایجاد شکافی تقریباً به اندازه یک سوم عرض مهره و یک سوم طول آن است، به طوری که پس از رسیدن به کانال نخاعی فضای دیسک در مرکز آن قرار گیرد. این اندازه شکاف نباید منجر به بی‌ثباتی شود و باید از شبکه وریدی داخلی مهره دور باشد. (۱۲)



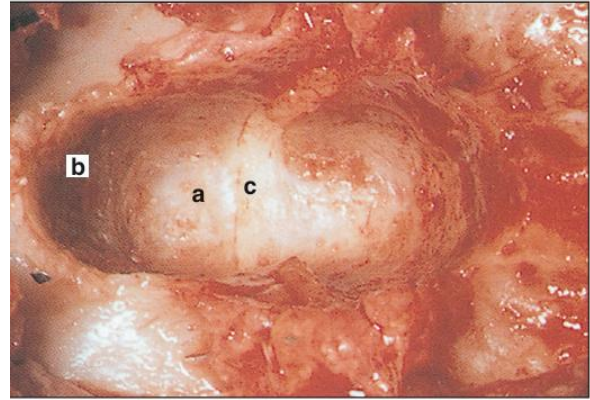
تصویر ۱۸: شکاف تقریباً تکمیل شده. خونریزی از استخوان با موم استخوان کنترل می‌شود. مهم است که محل ایجاد سوراخ تمیز باشد. متوقف کردن سوراخ کاری به صورت دوره‌ای برای تمیز کردن محل و ارزیابی پیشرفت مفید است. (۱۲)



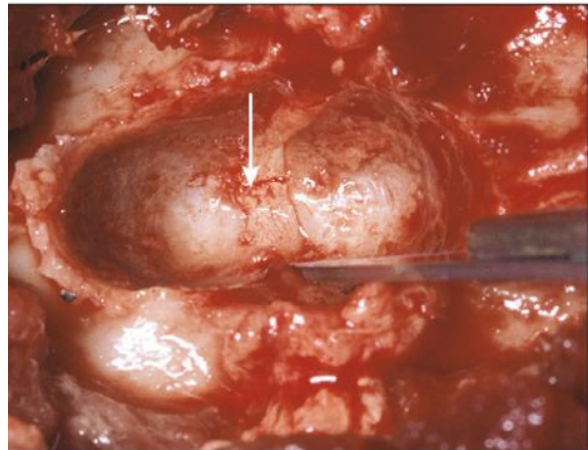
تصویر ۱۹: مقطع عرضی مهره، نشان دهنده سینوس وریدی (۱)، شریان ستون مهره (۲) (۱۳).



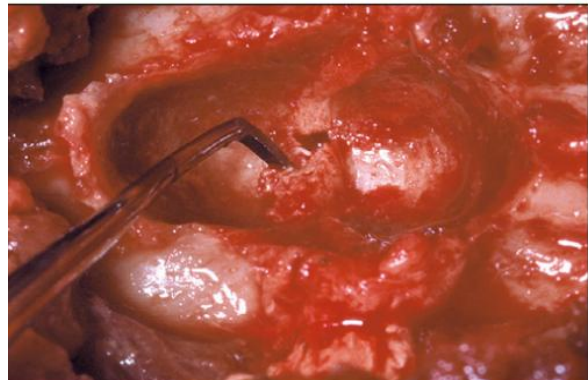
تصویر ۲۰: کف شکاف نشان داده شده است. تخمین دقیق عمق شکاف مهم است. استخوان قشری سفید و سخت است (a)، برخلاف استخوان اسفنجی تیره (b). استخوان اسفنجی با استفاده از یک فرز کوچک از کل ناحیه شکاف برداشته می‌شود. سپس استخوان قشری باقی مانده نازک می‌شود تا برداشتن آن آسان باشد. بهتر است قبل از ورود به کانال مهره‌ای، کل ناحیه نازک شود. آنولوس فیروزوس پشتی قابل مشاهده است (c). (۱۲)



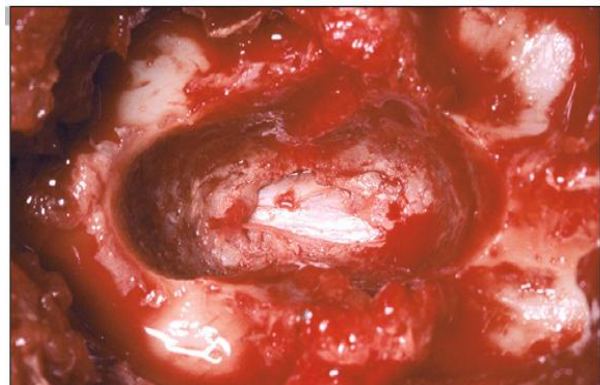
تصویر ۲۱: با استفاده از یک تیغه شماره ۱۱ آنولوس فیروزوس پشتی در هر طرف شکاف برش داده می‌شود. یک برش در تصویر در قسمت بالایی (فلش) دیده می‌شود. برش تا جایی که استخوان قشری برداشته شده است، امتداد می‌یابد. (۱۲)



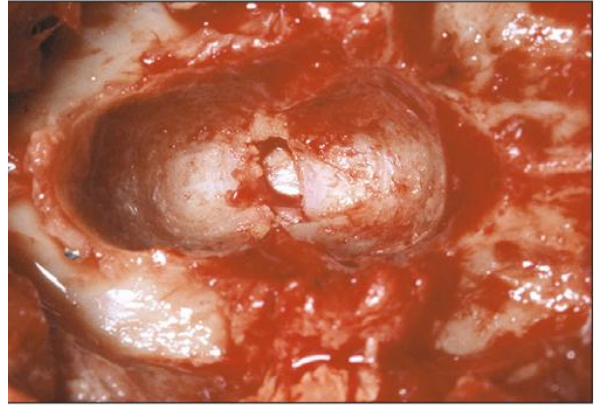
تصویر ۲۲: آنولوس فیروزوس با یک وسیله مناسب (در این مورد، برداشتن آنولوس با tartar scraper Dental) برداشته می‌شود. برداشتن آنولوس فیروزوس را می‌توان با نگه داشتن یک برآمدگی کوچک از آنولوس فیروزوس برای گرفتن با رانژورهای ظریف تسهیل کرد. (۱۲)



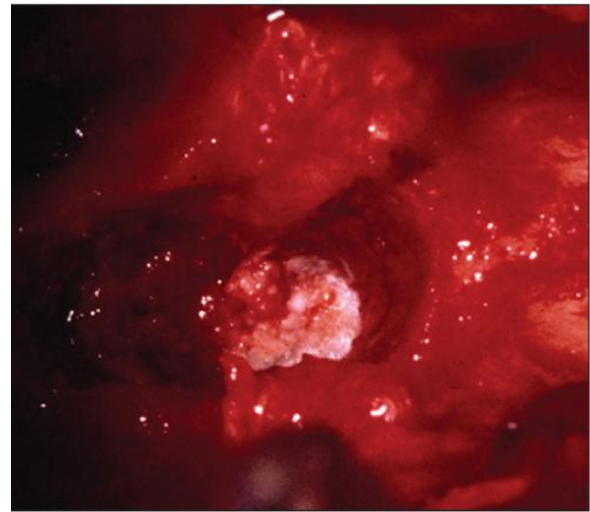
تصویر ۲۳: شکاف تقریباً کامل شده است. کف شکاف پس از برداشتن استخوان و برش بافت رباط با اسکالپل، با رانژورهای ظریف یا یک کورت کوچک بریده می‌شود. هنگام برداشتن مواد دیسک که دچار فتق شده بودند، صبر زیادی لازم است؛ بزرگنمایی و نورپردازی اضافی ترجیح داده می‌شود. پس از برداشتن تمام مواد، نخاع مطابق شکل در مجاورت لبه‌های شکاف قرار خواهد گرفت. اگر دیسک به صورت نامتقارن قرار گرفته باشد، می‌توان پایه شکاف را طوری شکل داد که امکان دید بیشتر در یک طرف فراهم شود، اگرچه این کار ممکن است خطر خونریزی را افزایش دهد. (۱۲)



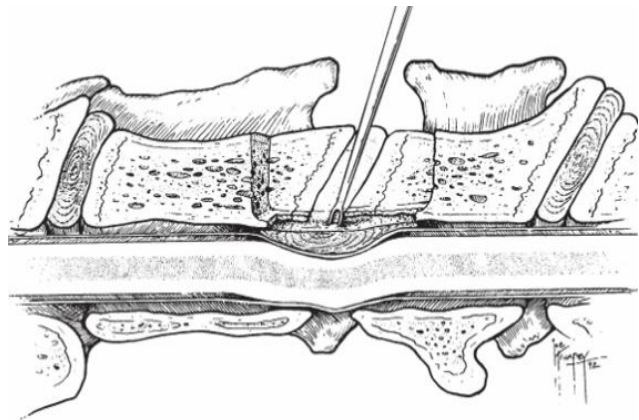
تصویر ۲۴: آنولوس فیبروزوس پشتی برداشته شده است و امکان مشاهده داخل کانال نخاعی را فراهم می‌کند. در اینجا سخت‌شامه براقی قابل مشاهده است. در صورت وجود ماده دیسک بیرون‌زده، عاقلانه است که ابتدا از خط وسط خارج شود تا از آسیب به شبکه وریدی در مراحل اولیه عمل جلوگیری شود. (۱۲)



تصویر ۲۵: برداشتن مواد معدنی دیسک معمولاً ساده است، اگرچه نیاز به صبر و حوصله دارد. (۱۲)



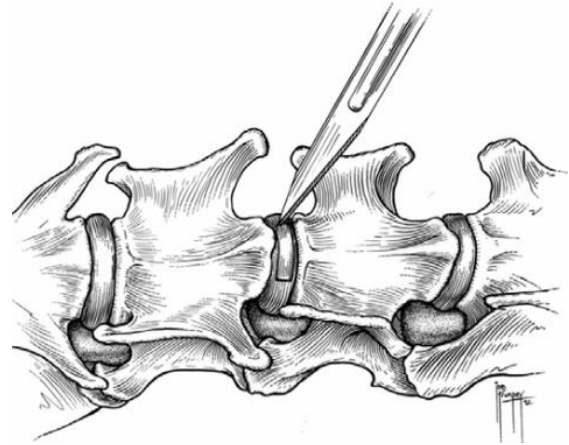
تصویر ۲۶: دسترسی به مواد دیسک در کانال نخاعی از طریق ونترال اسلات. تصویر شماتیک عرضی به موقعیت شروع شکاف نسبت به دیسک توجه کنید. (۱۲)



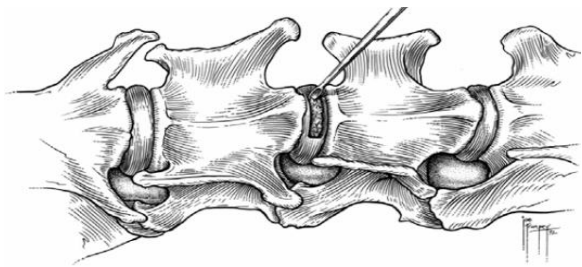
تصویر ۲۷: برای دسترسی به دیسک، عضلات Longus colli ممکن است بریده شوند یا با یک جفت هموستات کوچک و خمیده، تقسیم شوند. (۱۲)



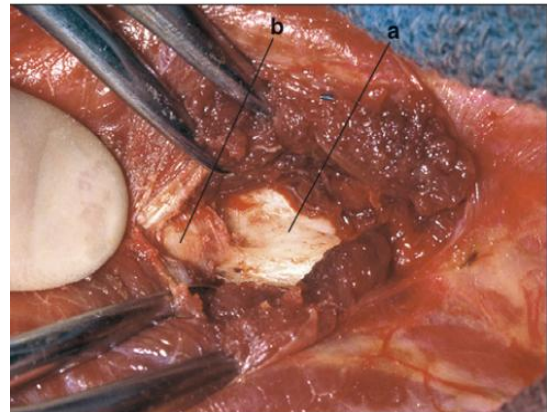
تصویر ۲۸: روش ایجاد فنستریشن. آنولوس فیبروزوس به شکل پنجره برش داده می‌شود تا دسترسی به نوکلئوس پالپوزوس امکان‌پذیر باشد. (۱۲)



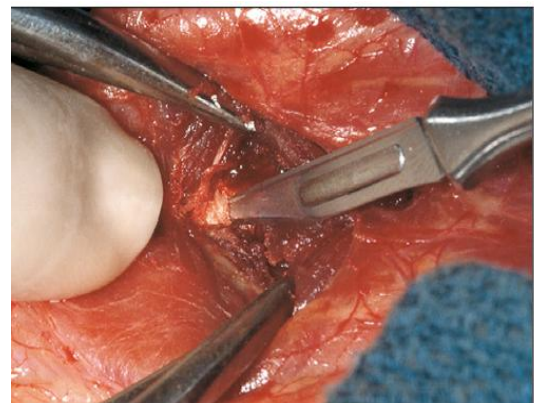
تصویر ۲۹: نوکلئوس پالپوزوس خارج می‌شود. مهم است که ابزار را عمیقاً از طریق آنولوس فیبروزوس پشتی به داخل کانال مهره‌ای فشار داده نشود. رادیوگرافی‌ها تا حدی راهنمای عمق فضای بین مهره‌ای هستند، البته تا زمانی که بزرگنمایی در نظر گرفته شود. پنجره آنولوس فیبروزوس باید بزرگتر از ابزار باشد تا از ایجاد اثر پیستونی که می‌تواند مواد دیسک را به سمت پشت به داخل کانال مهره‌ای فشار دهد، جلوگیری شود. (۱۲)



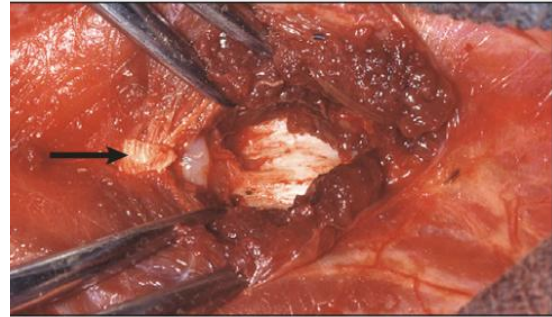
تصویر ۳۰: اگر نیاز به نمایان شدن بیشتر دیسک باشد، جداسازی عضلات توسط رترکتورهای خودنگهدار حفظ می‌شود. تاندون‌های لونگوس کولی نیز ممکن است بریده شوند. سطح شکمی مهره (a) و آنولوس فیبروزوس شکمی (b) قابل مشاهده است. انگشت جراح روی زائده شکمی مهره در قسمت قدامی دیسک قرار دارد. (۱۲)



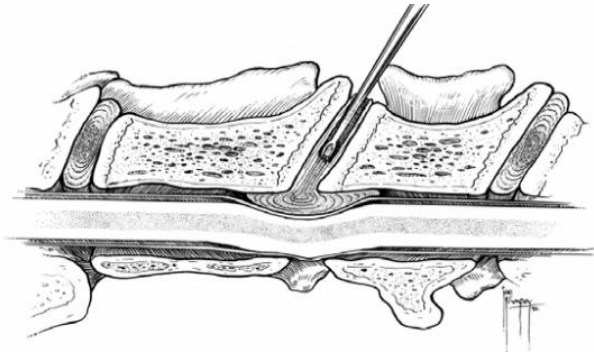
تصویر ۳۱: ایجاد پنجره با ایجاد سوراخی در آنولوس فیبروزوس انجام می‌شود؛ این سوراخ باید تا حد امکان بزرگ باشد تا امکان تخلیه کامل نوکلئوس پالپوزوس فراهم شود. از تیغه اسکالپل شماره ۱۱ نو برای ایجاد روزنه استفاده می‌شود. در این تصویر، انگشت جراح روی زائده شکمی قرار دارد. (۱۲)



تصویر ۳۲: قطعه برداشته شده از آنولوس فیبروزوس در قسمت قدامی فضای دیسک قرار دارد (فلش). یک کورت کوچک یا وسیله نوک تیز برای برداشتن نوکلئوس پالپوزوس با ورود به این فضا، کشیدن به سمت جراح و سپس بلند کردن مواد استفاده می‌شود. (۱۲)



تصویر ۳۳: تصویر شماتیک نشان می‌دهد که ایجاد فنستریشن فقط امکان دسترسی به مواد دیسک در فضای بین مهره‌ای را فراهم می‌کند. مواد دیسکی که در کانال نخاعی قرار دارند را نمی‌توان با این روش خارج کرد. (۱۲)



دو قلابه سگ که طی برداشتن فشار از طریق وینترال اسلات دچار خونریزی شدید شبکه‌ی وریدی شدند و طی ۱۲ ساعت پس از عمل، تتراپارزی حاد و پیشرونده بروز کرده است. در هر دو مورد، هماتوم فشاری بزرگ در داخل کانال نخاعی مشاهده شد که پس از تخلیه و انجام خون بندی با استفاده از ترومبین (Thrombin)، بهبودی کامل حاصل گردید (۱۲).

رهیافتهای جراحی در ناحیه دیسک بین مهره‌ای سینه‌ای-کمری

بیماری دیسک بین مهره‌ای در ناحیه سینه‌ای-کمری یکی از شایع‌ترین اختلالات عصبی در سگ‌ها به شمار می‌رود و عمدتاً نژادهای کندرودیستروفیک را درگیر می‌کند. بیشترین بروز این بیماری در این نژادها بین سنین ۳ تا ۶ سالگی گزارش شده است. بیش از ۵۰ درصد ضایعات در دیسک‌های بین مهره‌ای T12-T13 و T13-L1 رخ می‌دهد و حدود ۸۵ درصد کل ضایعات در محدوده T11-T12 تا L2-L3 مشاهده می‌شود. در مقابل، نژادهای غیرکندرودیستروفیک معمولاً در سنین بالاتر (میانسالی به بعد) مبتلا می‌شوند. با این حال، نباید احتمال بروز بیماری دیسک بین مهره‌ای را در سگ‌های بزرگ‌جثه نادیده گرفت، زیرا این حیوانات نیز ممکن است دچار فتق دیسک هانسن

مزایا

شامل: نیاز حداقلی به جدا سازی بافت‌ها برای دسترسی به بدنه‌ی مهره‌ها جهت انجام شکاف و نیز امکان ایجاد فنستریشن پیشگیرانه (Prophylactic fenestration) در دیسک‌های مجاور است.

محدودیت‌ها و چالش‌ها

با این حال، معایب گزارش شده برای این روش قابل توجه‌اند و شامل کاهش تهویه‌ی ریوی، دیسترس تنفسی، آریتمی‌های قلبی، بی‌ثباتی یا دررفتگی ناقص مهره‌ها (subluxation)، نمایان نشدن کافی دیسک در سوراخ‌های بین مهره‌ای یا بخش‌های جانبی و بروز عفونت‌های پس از عمل جراحی می‌باشند (۱۱).

چالش‌های دیگر این رهیافت شامل احتمال آسیب به ساختارهای حیاتی (از جمله، آسیب به عصب راجعه‌ی حنجره (Recurrent laryngeal nerve)، سوراخ شدن احتمالی مری در صورت اشتباه گرفتن آن با عضله‌ی Longus colli، و آسیب به سایر ساختارهای ناحیه‌ی ورودی قفسه‌ی سینه است. همچنین در صورت جستجوی بی‌احتیاط فضای بین مهره‌ای، خطر آسیب نخاعی در حین ایجاد فنستریشن وجود دارد.

در موارد نادر، خونریزی از شبکه‌ی وریدی ممکن است منجر به عوارض پس از عمل شود. گزارش شده است که در

دارند. هرچند هنوز مشخص نیست که در سگ‌های مسن‌تر احتمال عود بیشتر است یا کمتر، اما در این گروه، اتخاذ رویکرد محافظه‌کارانه در مراحل اولیه بیماری ارجح است. بهترین زمان انجام فنستریشن، مراحل ابتدایی بروز علائم فتق دیسک است. در صورت تشدید علائم یا بروز اولین عود، جراحی توصیه می‌شود. سگ‌هایی که با فلجی ناقص دم مراجعه می‌کنند باید تحت جراحی برداشت فشار از روی نخاع قرار گیرند، زیرا فنستریشن به‌تنهایی کافی نخواهد بود. در بیمارانی که هنوز حس درد عمقی در اندام‌های خلفی حفظ شده است، فنستریشن می‌تواند به عنوان درمان کمکی مناسب مورد استفاده قرار گیرد. مناسب‌ترین زمان انجام جراحی ۲ تا ۳ روز نخست پس از فتق دیسک است که می‌تواند به بهبود سریع‌تر علائم و کاهش خطر عود کمک کند.

رهیافت جراحی

پس از تجویز داروهای پیش‌بیهوشی و القای بیهوشی، ناحیه پشتی-کمری از کتف تا استخوان ایلیم به‌صورت آسپتیک آماده می‌شود. حیوان در وضعیت خوابیده روی جناغ (Sternal recumbency) روی پد گرم‌کننده قرار می‌گیرد تا از افت دمای بدن جلوگیری شود. تصاویر رادیوگرافی جانبی و مدل اسکلت برای تعیین دقیق موقعیت مهره‌ها باید در دسترس باشند.

برای دسترسی به هشت دیسک بین‌مهره‌ای بین T10 تا L5 از رهیافت پشتی-جانبی استفاده می‌شود. در صورت وجود کلسیفیکاسیون یا فتق دیسک خفیف، می‌توان فنستریشن دیسک‌های T9-T10 و L5-L6 را نیز انجام داد؛ هرچند به دلیل شیوع پایین فتق در این نواحی و دشواری‌های تکنیکی، معمولاً انجام نمی‌شود. فنستریشن در دیسک L5-L6 به‌ویژه پرخطر است، زیرا احتمال آسیب به شاخه عصبی شکمی مجاور و در نتیجه نقص در عملکرد عصب رانی وجود دارد.

برش پوستی از ۱ تا ۲ زائده شوکی (Spinous process) در قدام مهره T11 یا مهره آنتی‌کلینال (Anticlinal vertebra) تا حدود یک مهره پیش از استخوان ایلیم ایجاد می‌شود. برش می‌تواند روی خط میانی یا ۱ تا ۲ سانتی‌متر جانبی‌تر از آن باشد. پس از برش عضله Cutaneous trunci و چربی زیرجلدی، فاسیای سطحی کمری-پشتی نمایان می‌شود. سپس فاسیای کمری-پشتی و آپونوروز عضله Longissimus thoracis et

نوع یک یا هانسن نوع دو شوند. در این گروه، دیسک بین‌مهره‌ای L1-L2 شایع‌ترین محل درگیری است. از مهم‌ترین نشانه‌های بالینی این بیماری می‌توان به درد ناحیه پشتی-کمری و بروز اختلالات عصبی در اندام‌های حرکتی خلفی اشاره کرد. در موارد شدید، اختلال عملکرد ادراری نیز ممکن است مشاهده شود. بر خلاف درگیری‌های ناحیه گردنی، دردهای سینه‌ای-کمری معمولاً شروعی تدریجی دارند. حیوان ممکن است قوز (Kyphosis)، کاهش تمایل به دویدن یا پریدن و حساسیت به لمس در ناحیه مذکور را نشان دهد. در برخی موارد، درد بدون علائم عصبی مشاهده می‌شود و ممکن است به اشتباه به عنوان درد گردنی، درد ناشی از بیماری‌های ارتوپدی یا درد شکمی تفسیر شود.

منشأ درد در این بیماری معمولاً ترکیبی از آسیب به آنولوس فیبروزوس، رباط طولی پشتی، تحریک سخت‌شامه و ریشه‌های عصبی است. شدت و نوع علائم عصبی به میزان و سرعت فشردگی نخاع بستگی دارد و می‌تواند از آتاکسی خفیف تا فلجی کامل متغیر باشد. در مواردی که پارگی دیسک به‌صورت ناگهانی (انفجاری) رخ دهد، علاوه بر فشار مستقیم مواد دیسک، آسیب ضربه‌ای به بافت نخاع نیز ایجاد می‌شود.

در اغلب بیماران، ضایعه ماهیت نوروئیک حرکتی فوقانی (Upper Motor Neuron; UMN) دارد و ممکن است با قطع رفلکس تنه‌ای پوستی (Cutaneous trunci reflex) همراه باشد. حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد از موارد، به دلیل ضایعات بین L3-L4 تا L6-L7، دچار نقص نوروئیک حرکتی تحتانی (Lower Motor Neuron; LMN) می‌شوند. از بین رفتن رفلکس کشکک زانو، شایع‌ترین نشانه درگیری LMN است و معمولاً در اثر فتق دیسک در ناحیه L3-L4 و آسیب به قطعه L5 (L4-L6) نخاع ایجاد می‌شود (۱۲).

جراحی ایجاد فنستریشن در دیسک بین‌مهره‌ای

در نژادهای مستعد مانند داشهوند و پکینیز، که کمتر از ۸ سال سن دارند و علائم بالینی از درد پشتی-کمری تا فلجی ناقص متغیر است، جراحی فنستریشن می‌تواند روشی مؤثر برای پیشگیری از عود بیماری باشد، مشروط بر آن‌که حیوان از نظر وضعیت عمومی در سلامت کامل باشد.

مطالعات نشان داده‌اند که تنها حدود ۵ درصد از سگ‌های مبتلا به فتق دیسک سینه‌ای-کمری بیش از ۸ سال سن

قرار دارند و معمولاً در میدان جراحی قابل مشاهده نیستند، مگر آنکه جراح به طور عمدی برای شناسایی آن‌ها اقدام کند. برای اطمینان از عدم آسیب به شاخه شکمی، می‌توان نوک هموستات ماسکیتوی خمیده را به داخل فاسیای بین زوائد عرضی در مجاورت مرز شکمی-جانبی آنولوس فیبروزوس وارد کرده و به آرامی فک‌های ابزار را باز نمود. این عمل گاهی شاخه عصبی شکمی را آشکار می‌سازد و به جراح در اجتناب از آسیب آن کمک می‌کند. در صورت انجام فنستریشن دیسک L5-L6، شناسایی و محافظت از شاخه شکمی عصب کمری پنجم برای جلوگیری از صدمه به آن ضروری است.

آنولوس فیبروزوس جانبی در صورتی بهتر نمایان می‌شود که عضله مجاور آن با پریوست الواتور خمیده و نیمه‌تیز به آرامی به سمت جلو و بالا کشیده شود. این ابزار علاوه بر بهبود دید، از شاخه‌های پشتی اعصاب نخاعی و عروق مربوطه نیز محافظت می‌کند. برای سوراخ کردن دیسک، از تیغه اسکالپل شماره ۱۱ نوک‌تیز جهت ایجاد یا برداشت یک بخش بیضوی از آنولوس فیبروزوس استفاده می‌شود. عمل سوراخ کردن دیسک با کمک Dental Tartar scraper انجام شده و نوکلئوس پالپوزوس با حرکت دایره‌ای خارج می‌شود. نوک ابزار باید به سمت بالا هدایت گردد تا از عبور تصادفی از آنولوس فیبروزوس پشتی جلوگیری شود. در مواردی که دیسک دچار فتق جزئی است، این کار باید با احتیاط انجام شود تا از ورود بیشتر مواد نوکلئوس پالپوزوس به کانال نخاعی جلوگیری شود (تصویر ۳۸). جراح باید تا حد امکان مواد دیسک را خارج سازد.

فنستریشن دیسک T10-T11 نیاز به دقت ویژه دارد تا از بروز پنوموتوراکس جلوگیری شود، زیرا پرده جنب (Pleura) مستقیماً در سطح شکمی این دیسک قرار دارد و با حرکات تنفسی بالا و پایین می‌رود. در صورت شک به وجود پنوموتوراکس، شست‌وشوی ناحیه با محلول نمکی و منبسط کردن ریه‌ها از طریق فشردن کیسه تهویه توصیه می‌شود. مشاهده حباب‌های هوا در ناحیه جراحی نشانه‌ای از پنوموتوراکس قابل توجه است. خونریزی‌های خفیف حین نمایان‌سازی یا فنستریشن معمولاً با اعمال فشار موضعی توسط پریوست الواتور کنترل می‌شوند و به ندرت نیاز به استفاده از هموستات یا الکتروکوتر وجود دارد.

lumborum در امتداد و حدود ۵ میلی‌متر تا ۲ سانتی‌متر جانبی‌تر از زائده شوکی L6 برش داده می‌شوند. در بخش قدامی، انتهای خلفی عضلات Spinalis et Semispinalis thoracis نیز آزاد می‌گردند.

جداسازی میان عضلات Multifidus lumborum و thoracis (از سمت داخلی) و Longissimus dorsi و Sacrocoecygeus dorsalis lateralis (از سمت جانبی)، دسترسی مستقیم به دیسک‌های بین‌مهره‌ای را فراهم می‌کند. در ناحیه کمری این جداسازی آسان‌تر است، اما در نواحی دنده‌ای وضوح و فضای کاری محدودتر می‌شود. باید از آسیب به اعصاب و عروق کوچکی که در مسیر پشتی-جانبی توبرکل دنده‌ها قرار دارند، جلوگیری کرد (تصاویر ۳۴، ۳۵ و ۳۶).

جراحان باتجربه می‌توانند با ایجاد "تونل" به سمت زوائد عرضی (Transverse processes) از گسترش بیش از حد جداسازی عضلات اجتناب کنند. زائده عرضی مهره L1 که در مجاورت آخرین دنده قرار دارد، یکی از مهم‌ترین نشانه‌های آناتومیک در این ناحیه محسوب می‌شود. با اندازه‌گیری فاصله بین زوائد عرضی در تصاویر رادیوگرافی، می‌توان موقعیت سایر دیسک‌ها را با دقت مناسبی تعیین کرد. با پیشروی به سمت مهره‌های T13 تا L1، زوائد عرضی عمق بیشتری پیدا می‌کنند. آنولوس فیبروزوس جانبی دیسک‌ها در قدام قاعده هر زائده عرضی واقع است و در ناحیه خلفی قفسه سینه، دیسک‌ها در موقعیت قدامی-داخلی دنده‌ها قرار دارند. نمایان‌سازی دیسک T10-T11 دشوارتر است، زیرا موقعیتی شکمی-داخلی دارد و تا حدی توسط توبرکل دنده پوشانده می‌شود.

با بالا بردن بافت روی آنولوس فیبروزوس جانبی توسط الواتور پریوست (Periosteal elevator)، دیسک آشکار می‌گردد. استفاده از گشادکننده‌های Gelpi یا Weitlaner دید جراحی را بهبود می‌بخشد. باید توجه داشت که سوراخ‌های بین‌مهره‌ای (Intervertebral foramina) در سطح پشتی دیسک واقع شده‌اند و محل عبور اعصاب و عروق نخاعی هستند؛ لذا از هرگونه آسیب به آن‌ها باید با دقت جلوگیری شود. جداسازی بیش از حد ناحیه شکمی می‌تواند موجب صدمه به شاخه‌های شکمی اعصاب نخاعی شود (تصویر ۳۷).

در ناحیه کمری، شاخه‌های شکمی اعصاب نخاعی در زیر فاسیای بین زوائد عرضی (Intertransverse fascia)

شایع‌ترین عوارض پس از فنستریشن شامل: (۱) عدم موفقیت در تخلیه کامل دیسک، (۲) بروز پنوموتوراکس، (۳) آسیب به اعصاب نخاعی، (۴) آسیب مستقیم به نخاع و (۵) پارگی یا خونریزی از شریان‌های نخاعی می‌باشند.

در اغلب موارد، درجاتی از آسیب عصبی گذرا در چند روز نخست پس از جراحی مشاهده می‌شود. سگ‌ها ممکن است اسکولیوز خفیف با انحراف به سمت جراحی شده و فلجی جزئی عضلات شکمی همان سمت را نشان دهند. در صورت آسیب شاخه شکمی پنجمین عصب کمری (L5-L6)، ممکن است نقص موقت در عملکرد عصب رانی رخ دهد. شدت عوارض مستقیماً با مهارت و دقت جراح دامپزشک مرتبط است.

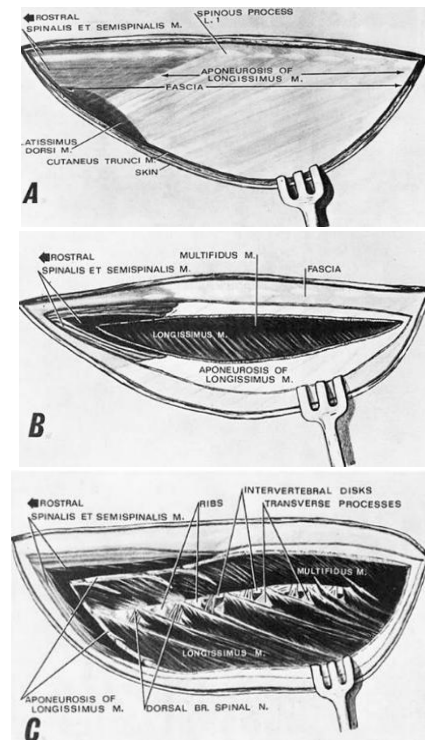
رہیافت پشتی-جانبی برای فنستریشن دیسک‌های سینه‌ای-کمری ترجیح داده می‌شود زیرا: (۱) در صورت نیاز، امکان رفع فشار با همی لامینکتومی را فراهم می‌کند، (۲) موجب حداقل تروما به بافت‌های اطراف می‌شود، و (۳) دسترسی آسان به ۹ دیسک اصلی این ناحیه را میسر می‌سازد.

فنستریشن دیسک‌های پشتی-کمری از نظر فنی دشوارتر از دیسک‌های گردنی است و احتمال بروز آسیب عصبی شدید و گاه دائمی وجود دارد. موفقیت در این عمل مستلزم درک کامل از آناتومی، تسلط بر تکنیک‌های جراحی و رعایت دقیق اصول جراحی آسپتیک است.

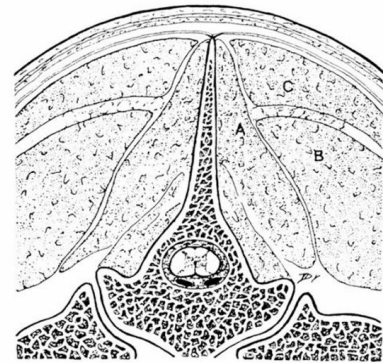
در مواردی که علائم بالینی نیاز به رفع فشار از روی نخاع داشته باشند، ابتدا باید رفع فشار انجام و سپس فنستریشن دیسک صورت گیرد. فنستریشن با روش همی لامینکتومی (Hemilaminectomy) سازگاری بیشتری دارد و می‌توان هر دو را از یک سمت انجام داد. هرچند عضله Multifidus در این روش آسیب قابل توجهی می‌بیند، اما عارضه بالینی مهمی گزارش نشده است. در استفاده از تکنیک "تونل" برای نمایان‌سازی دیسک‌های کمری، معمولاً نیازی به دبریدمان بافت وجود ندارد. انجام همی لامینکتومی در همان سمت یا تقسیم عضلات Multifidus و Longissimus dorsi تا سطح زوائد عرضی به‌منظور بهبود دید، ممکن است مستلزم پاکسازی محدود باشد. در پایان عمل، آپونوروز عضلات Longissimus dorsi و عضلات Spinalis et Semispinalis در ناحیه خلفی قفسه سینه به همراه فاسیای پشتی-کمری روی آن، با بخیه قابل جذب به‌صورت یک‌لایه بسته می‌شوند. بافت زیرجلدی با مواد مشابه کنار هم قرار گرفته و در صورت نیاز فاسیای زیرین نیز گرفته می‌شود تا از ایجاد فضای مرده جلوگیری شود. در نهایت، پوست با هر نوع بخیه مناسب بسته شده و بانداژ فشاری سبک به‌مدت ۴ تا ۷ روز روی محل جراحی باقی می‌ماند.

تصویر ۳۴: آناتومی جراحی رهیافت پشتی-جانبی به دیسک‌های سینه‌ای-کمری سگ.

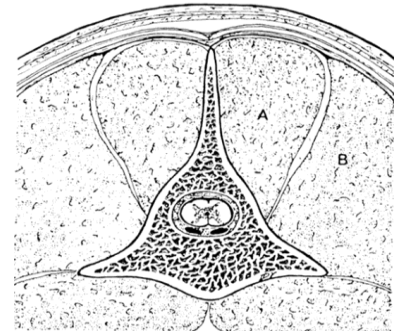
پوست، فاسیای زیرجلدی، چربی و عضله Cutaneous trunci برش داده شده‌اند (A). فاسیای خارجی عمقی تنه، آپونوروز عضله Longissimus thoracis و لبه خلفی عضله spinalis et semispinalis برش داده شده‌اند تا عضلات Multifidus و Longissimus زیرین نمایان شوند (B). عضله Multifidus با کندکاری از Longissimus thoracis جدا می‌شود تا ستون فقرات سینه‌ای-کمری برای ایجاد فنستریشن در دیسک بین مهره‌ای نمایان شود (C). (۱۴)



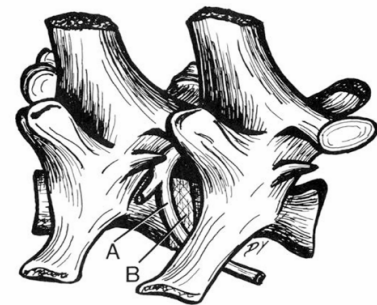
تصویر ۳۵: تصویر مقطعی از عضلات اطراف T12.
 A- عضله Multifidus thoracis.
 B- عضله Longissimus thoracis.
 C- عضلات Spinalis et semispinalis (۱۴)



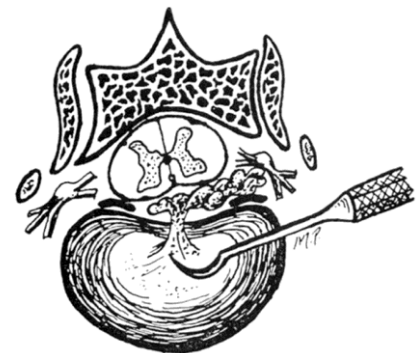
تصویر ۳۶: تصویر مقطعی از عضلات اطراف L4.
 A- عضله Multifidus lumborum.
 B- عضله Longissimus lumborum (۱۴)



تصویر ۳۷: مهره های L3-L4 و ارتباط عصب نخاعی با دیسک بین مهره‌ای.
 A- شاخه شکمی عصب نخاعی L3.
 B- دیسک بین مهره‌ای (۱۴)



تصویر ۳۸: موقعیت صحیح Dental Tartar scraper برای فنس‌تریشن دیسک، در این مورد دیسک تا حدی دچار فتق شده. (۱۴)



می‌شوند. فتق دیسک بین‌مهره‌ای در این بخش از ستون مهره‌ها نسبتاً نادر است و بسیاری از جراحان ممکن است به تغییرات دیسکی مشاهده‌شده در این ناحیه توجه کمتری

همی‌لامینکتومی در ناحیه قدامی مهره‌های سینه‌ای

شایع‌ترین علت جراحی در ناحیه نخاع سینه‌ای، برداشت توده‌های خارج‌سخت‌شامه‌ای است که معمولاً با استفاده از میلوگرافی، سی‌تی‌اسکن و یا ام‌آر‌آی تشخیص داده

شوکی بریده می‌شود. سپس عضله *Spinalis thoracis* با پریوست‌الواتور از سطح زوائد شوکی مهره‌ها جدا شده تا بخش‌های جانبی زوائد شوکی نمایان شود. عضله *Longissimus* به آرامی به سمت جانب کنار زده می‌شود و نیازی به برش ندارد. عضله *Multifidus thoracis* نیز با پریوست‌الواتور بالا آورده شده یا در محل مبدا برش داده می‌شود. رباط *Supraspinous* و عضلات *Interspinales* دست‌نخورده باقی می‌مانند. عضلات *Rotatares Brevis* و *Rotatares Longi* منشأ بریده می‌شوند (تصویر ۳۹). عضله *Levator costae* معمولاً حفظ می‌شود، مگر در مواردی که نیاز به نمایان کردن اتصالی دنده‌ها وجود داشته باشد. پس از نمایان شدن لامینای مهره، برای برداشت بخش جانبی-پشتی آن از فرز پرسرعت استفاده می‌شود (تصویر ۴۰). در صورت لزوم، می‌توان زائده شوکی را تا نزدیکی کانال نخاعی برداشت داد. یک تا دو سانتی‌متر از بخش شکمی زائده شوکی می‌تواند برداشته شود تا لامینا به‌طور جانبی در دسترس قرار گیرد. زائده شوکی جدا شده که توسط لیگامان *Supraspinous* و عضلات *Interspinales* معلق باقی می‌ماند، مشکل خاصی ایجاد نمی‌کند. در صورت نیاز برای نمایان شدن طناب نخاعی، می‌توان سر، گردن و توبرکل دنده را نیز برداشت. این اقدام معمولاً مشکلی ایجاد نمی‌کند، زیرا دنده‌های مجاور از طریق عضلات بین‌دنده‌ای پشتیبان آن هستند. در بخش‌های قدامی ستون مهره‌های سینه‌ای که دنده‌ها در سطح بالاتری نسبت به دیسک قرار دارند، ممکن است برداشت این ساختارها ضروری باشد. هنگام انجام این کار باید از برش در بخش زیرین دنده اجتناب شود، زیرا ممکن است باعث نفوذ به فضای جنب و ایجاد پنوموتوراکس گردد. در برخی نژادها، طول زیاد زوائد شوکی می‌تواند عمق میدان جراحی را افزایش دهد. استفاده از ابزارهای ظریف و نور مناسب برای مشاهده‌ی دقیق طناب نخاعی ضروری است. شریان‌های ناحیه‌ای، شاخه‌هایی از شریان‌های بین‌دنده‌ای هستند و شاخه‌های نخاعی از طریق سوراخی درست بالای گردن دنده وارد می‌شوند. با حفظ برش در نزدیکی خط میانی، می‌توان از آسیب به این عروق جلوگیری کرد. وریدهای متناظر نیز به ورید آزیگوس در خلف قلب و تنه‌ی مهره‌ای-دنده‌ای-گردنی در قدام متصل می‌شوند.

نشان دهند. رباط‌های بین‌مهره‌ای که کف کانال بین مهره‌های T2 تا T10 را تشکیل می‌دهند، نقش حفاظتی در برابر فتق دیسک دارند. در مقایسه با سایر نواحی ستون مهره‌ها، بروز نتوپلازی در مهره‌های سینه‌ای نسبتاً شایع‌تر است. شکستگی‌های مهره‌های سینه‌ای نیز به‌ندرت دیده می‌شوند، زیرا دنده‌ها و زوائد شوکی (*Dorsal spines*) بلند با ایجاد پایداری، از بروز تغییر شکل‌های چرخشی یا آسیب‌های ناشی از خم شدن و باز شدن بیش از حد جلوگیری می‌کنند. تغییرات دژنراتیو مشابه آنچه در مهره‌های گردنی و کمری دیده می‌شود، در مهره‌های سینه‌ای کمتر شایع است. هرچند دژنراسیون دیسک در این ناحیه نیز رخ می‌دهد، اما فتق دیسک به داخل کانال نخاعی به‌ندرت مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد محدودیت حرکتی نسبی در ستون فقرات سینه‌ای، آن را از بروز تغییرات دژنراتیو گسترده مصون نگه می‌دارد.

برای انجام این جراحی، بیمار باید در وضعیت خوابیده روی جناغ قرار گیرد. بالا آوردن جناغ سینه (بدون بالا بردن آرنج‌ها) با استفاده از بالش، کیسه شن یا بالش‌تک، موجب می‌شود ستون فقرات در مقایسه با شانه‌ها در موقعیت بالاتری قرار گیرد. قرار دادن اندام‌های قدامی به سمت عقب یا عبور دادن آن‌ها از زیر جناغ سینه، گاهی دید جراح به مهره‌ها را بهبود می‌بخشد؛ بنابراین آزمایش وضعیت دست‌ها پیش از شروع جراحی می‌تواند، مفید باشد.

رهیافت جراحی

برش در خط میانی پشتی، روی پوست و بافت زیرجلدی تا فاسیای سطحی و زوائد شوکی مهره‌های سینه‌ای امتداد می‌یابد. در دو طرف خط میانی، برش به‌صورت مایل به سمت شکمی ادامه یافته و تا لامینای پشتی که پایه زوائد شوکی را تشکیل می‌دهند، پیش می‌رود.

در این مرحله، عضلات *Cutaneous trunci* و *Trapezius* نمایان می‌شوند و در امتداد محل اتصالشان به زوائد شوکی جدا می‌گردند. سپس عضلات *Rhomboideus* و *Latissimus dorsi* نیز به همین ترتیب جدا شده و کتف با استفاده از گشادکننده خودنگهدار مانند *Gelpi* یا *Weitlaner* به سمت جوانب کنار زده می‌شود.

اتصال عضله *Serratus dorsalis cranialis* و نیز عضلات *Spinalis* و *Semispinalis thoracis* به زوائد

محدودیت‌ها و چالش‌ها

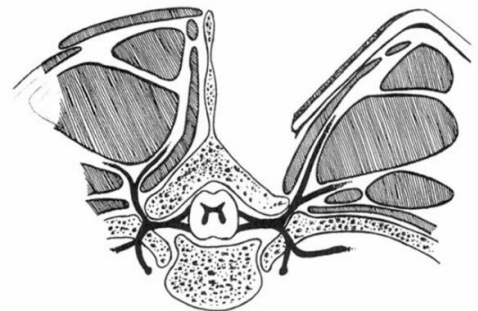
لامینکتومی‌های وسیع در چندین فضای دیسکی، مستلزم برداشت پایه‌های زوائد شوکی متعدد است و ممکن است به تثبیت ستون مهره‌ها برای جلوگیری از ناپایداری نیاز داشته باشد. این امر، ابزار و مهارت بیشتری می‌طلبد و پیچیدگی جراحی را افزایش می‌دهد. در برخی موارد، در این رهیافت دید جراح به بخش زیر طناب نخاعی محدود است. در قسمت قدامی ستون مهره‌های سینه‌ای، قرارگیری کتف مانع دید جانبی به نخاع می‌شود و ابزارها باید از سمت پشتی کانال نخاعی وارد شوند؛ بنابراین استفاده از ابزارهای زاویه‌دار ضروری است، که معمولاً در جراحی‌های گردنی یا کمری کاربرد ندارند. برداشت سر و گردن دنده، به‌ویژه در چندین فضای دیسکی، نیز به دشواری عمل می‌افزاید. با وجود این، اثرات بی‌ثبات‌کننده‌ی لامینکتومی‌ها در ناحیه سینه‌ای به دلیل حمایت دنده‌ها کمتر از نواحی گردنی یا کمری است. این روش امکان نمایان‌سازی وسیع طناب نخاعی را فراهم می‌کند و برداشت ایمن‌تر تومور یا نمونه‌برداری دقیق‌تر از بافت مجاور را ممکن می‌سازد. با این حال، نزدیکی به آنورت، ورید آزیگوس و قفسه سینه، خطر نفوذ ناخواسته به این ساختارها را افزایش می‌دهد. آسیب به ریشه‌های عصبی نیز می‌تواند منجر به از دست رفتن عملکرد اندام‌های قدامی و عضلات بین‌دنده‌ای شده و در نتیجه بر تنفس حیوان تأثیر بگذارد.

در پایان جراحی، پیوند چربی آزاد گرفته‌شده از بافت زیرجلدی در محل همی‌لامینکتومی قرار داده می‌شود. هموستاز دقیق، از ایجاد خونریزی زیر بافت چربی جلوگیری کرده و تشکیل بافت اسکار را کاهش می‌دهد. هرچه پیوند چربی سریع‌تر تحت بازسازی عروقی قرار گیرد، تشکیل بافت اسکار روی طناب نخاعی کمتر خواهد بود. عضلات *Serratus*، *Rhomboideus*، *Trapezius dorsalis cranialis* باید در موقعیت طبیعی خود بخیه شوند تا عملکرد حرکتی کتف حفظ گردد. سایر عضلات پشتی بدون نیاز به بخیه‌ی مستقیم به ستون مهره‌ها بسته می‌شوند.

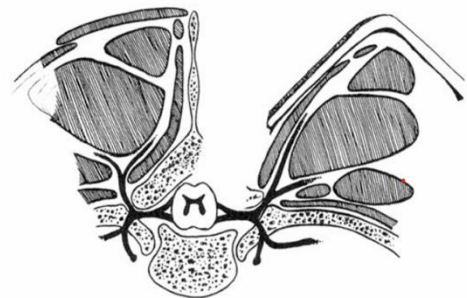
مراقبت‌های پس از جراحی مشابه سایر روش‌های جراحی ستون مهره‌ها است. لنگش اندام قدامی در روزهای ابتدایی شایع است و معمولاً با کاهش حساسیت عضلات کششی کتف برطرف می‌شود.

مزایا

این رهیافت جراحی، در کنار روش‌های جراحی متداول در نواحی گردنی و کمری، به جراح اجازه می‌دهد تا ضایعات کانال نخاعی را از سوراخ پس‌سری (*Foramen magnum*) ضایعات خارج‌سخت‌شامه‌ای، به‌ویژه در صورت برداشتن قسمتی کوچکی از لامینای پشتی یا قاعده زائده شوکی برای دسترسی بهتر به سطح پشتی طناب نخاعی را می‌توان از طریق این رهیافت برداشت.



تصویر ۳۹: در معرض دید قرار گرفتن لامینای پشتی جانبی (۱۴).



تصویر ۴۰: همی لامینکتومی که نخاع را در معرض دید قرار می‌دهد (۱۴).

همی لامینکتومی مهره‌های سینه‌ای خلفی و کمری

همی لامینکتومی در نواحی سینه‌ای خلفی و کمری برای دسترسی به کانال نخاعی و برداشتن ضایعاتی به کار می‌رود که سبب فشار مستقیم یا غیرمستقیم بر نخاع می‌شوند. این ضایعات شامل تومورهای داخل یا خارج سخت‌شامه، گرانولوم‌ها، قطعات استخوانی ناشی از شکستگی مهره و نیز بیرون‌زدگی یا برآمدگی دیسک بین‌مهره‌ای (شایع‌ترین علت) می‌باشند.

اصطلاح "همی لامینکتومی" از نظر تکنیکی اندکی نادرست است، زیرا لامینا بخش استخوانی واقع در پشت کانال نخاعی و در خلف مفاصل مهره‌ای است؛ در حالی که بخش اصلی استخوانی که طی این جراحی برداشته می‌شود پدیکل (Pedicule) است، یعنی قسمت استخوانی جانبی کانال نخاعی که بین جسم مهره و سطوح مفصلی قرار دارد. به همین دلیل، برخی نویسندگان این عمل را "پدیکولکتومی" (Pediclectomy) می‌نامند. با این حال، اصطلاح همی لامینکتومی به‌طور سنتی و رایج برای توصیف این روش جراحی به کار می‌رود که شامل برداشت بخشی از قوس مهره‌ای در یک طرف زائده شوکی به‌منظور دسترسی به کانال نخاعی است.

زمان و فوریت مداخله جراحی

تعیین زمان مداخله و ضرورت رفع فوری فشار از نخاع، موضوع بررسی چندین مطالعه بالینی بوده است. اگرچه نتایج این مطالعات متفاوت است و امکانات مراکز جراحی (از جمله دسترسی به تصویربرداری و تیم جراحی در ساعات غیراداری) با یکدیگر فرق دارد، اما در مجموع یک توافق کلی درباره‌ی اصول تریاژ بیماران مبتلا به فشردگی نخاعی وجود دارد.

در موارد فشردگی نخاع ناحیه‌ی سینه‌ای-کمری ناشی از بیرون‌زدگی یا برآمدگی دیسک بین‌مهره‌ای، دستورالعمل‌های عمومی زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- فقدان درد عمقی به‌مدت کمتر از ۱۲ ساعت: جراحی اورژانسی باید توصیه شود. پیش‌آگهی برای بازبایی توانایی راه‌رفتن حدود ۵۰٪ است. تاکنون هیچ مطالعه‌ای اثربخشی گلوکوکورتیکواستروئیدها، از جمله متیل پردنیزولون سدیم سوکسینات، را در این وضعیت نشان نداده است؛ بنابراین تجویز آن‌ها توصیه نمی‌شود.

۲- فقدان درد عمقی بیش از ۲۴ ساعت: در صورت فراهم بودن شرایط، جراحی باید انجام شود. فراهم بودن شرایط به معنای جراحی صبح روز بعد در صورت مراجعه در طول شب، و انجام جراحی در کوتاه‌ترین زمان ممکن در صورت مراجعه در طول روز و عدم به تاخیر انداختن جراحی به روز بعد است. هیچ همبستگی بین طول مدت فلجی قبل از جراحی و نتیجه نهایی پس از جراحی گزارش نشده است.

۳- از بین رفتن حرکات ارادی به صورت حاد کمتر از ۱۲ ساعت، درد عمقی وجود دارد: بسته به شرایط تیم جراحی و روند پیشرفت علائم عصبی، جراحی اورژانسی توصیه می‌شود. در این موارد احتمال از بین رفتن حس درد عمقی وجود دارد، زیرا پاتوفیزیولوژی بیماری ایستا نیست و ممکن است پیشرفت کند. بنابراین پیش‌آگهی محتاطانه است، ولی ضعیف محسوب نمی‌شود.

۴- درد عمقی وجود دارد، از زمان از بین رفتن حرکات ارادی بیش از ۲۴ ساعت گذشته است: در صورت فراهم بودن شرایط، جراحی انجام شود. پیش‌آگهی بسیار خوب است و حدود ۹۶٪ سگ‌ها دوباره قادر به راه‌رفتن می‌شوند. میانگین زمان بهبودی حرکتی حدود دو هفته است.

۵- نمی‌تواند راه برود (Non-ambulatory).

حرکات ارادی وجود دارد: در صورت بستری در عصر، جراحی باید صبح روز بعد انجام شود. معاینات عصبی متوالی برای اطمینان از عدم بدتر شدن وضعیت حیوان توصیه می‌شود. در برخی مواردی که در طول روز پذیرش می‌شوند، در صورتی که وضعیت در معاینه عصبی پلیدار باشد و تصویر برداری غیر تهاجمی (سی تی اسکن یا ام آر آی) صبح روز بعد در دسترس باشد، جراحی تا صبح به تاخیر انداخته می‌شود تا از انجام میلوگرافی پرهیز شود. پیش‌آگهی برای راه‌رفتن مطلوب است و اغلب طی حدود یک هفته حاصل می‌شود.

۶- پارزی با توانایی راه رفتن (Ambulatory)

(paretic): جراحی می‌تواند روز بعد انجام شود، اگر بیمار از نظر وضعیت عمومی پایدار باشد و امکانات و تیم جراحی در دسترس باشند، جراحی را می‌توان زودتر انجام داد. پیش‌آگهی برای بازبایی فعالیت حرکتی عالی است. در صورت محدودیت مالی صاحب حیوان، استراحت در قفس را می‌توان در نظر گرفت. اما باید به صاحبان حیوان نسبت

به‌عنوان نشانگر استفاده شود. با این حال، گم‌شدن سوزن در بافت زیرجلدی پدیده‌ای رایج است و ممکن است صرف وقت برای پیدا کردن آن، زمان جراحی را افزایش دهد.

۵- تکنیک متیلن بلو:

در این روش، به‌جای باقی گذاشتن سوزن، پس از تصویربرداری، مقدار کمی (حدود ۰/۱ میلی‌لیتر) از محلول استریل متیلن بلو ۱٪ به محل زائده شوکی تزریق و سپس سوزن خارج می‌شود. ناحیه رنگ‌آمیزی‌شده در حین جراحی به‌عنوان راهنما استفاده می‌شود. البته ممکن است میزان رنگ‌گیری کافی نباشد و موقعیت دقیق به‌خوبی مشخص نگردد.

۶- رادیوگرافی حین عمل:

تصویربرداری در حین جراحی، دقیق‌ترین و قابل‌اعتمادترین روش برای تأیید موقعیت محل جراحی است و در صورت وجود تجهیزات، توصیه می‌شود که همیشه از این روش استفاده شود.

تصمیم‌گیری در مورد رهیافت جراحی

در بسیاری از موارد، همی‌لامینکتومی به‌جای لامینکتومی پشتی (Dorsal Laminectomy) انتخاب می‌شود. این روش سریع‌تر بوده و امکان دسترسی مطلوبی به بخش‌های پشتی، جانبی و شکمی کانال نخاعی از یک طرف را فراهم می‌سازد. در حالی‌که لامینکتومی پشتی اجازه دسترسی به هر دو طرف کانال را می‌دهد، این روش دسترسی مستقیم به کف کانال نخاعی و دیسک بین‌مهره‌ای را فراهم نمی‌کند. در ناحیه کمری خلفی، ریشه‌های عصبی مهم در محدوده همی‌لامینکتومی قرار دارند؛ بنابراین در برخی موارد می‌توان با لامینکتومی پشتی از تماس با این ریشه‌ها اجتناب کرد. با این حال، در صورت اجرای دقیق، همی‌لامینکتومی در سراسر ستون مهره‌های سینه‌ای و کمری قابل انجام است. همی‌لامینکتومی اساساً روشی برای برداشتن فشار از روی نخاع است. هدف اصلی، برداشتن کامل توده فشاری بدون دستکاری مستقیم ساختارهای عصبی حیاتی می‌باشد. اصول پایه‌ی جراحی شامل: رعایت کامل اصول جراحی آسپتیک و حداقل تروما، دسترسی به توده فشاری بدون آسیب به سخت‌شامه (Dura mater)، برداشتن کامل عامل فشار و کنترل دقیق خون‌ریزی (زیرا هماتوم پس از عمل می‌تواند مجدداً سبب فشار روی نخاع شود) است.

به‌خطر بدتر شدن وضعیت عصبی از جمله فلج شدن بیمار هشدار داده شود.

تعیین محل (Localization):

یافتن دقیق محل ضایعه و تعیین ناحیه مناسب برای انجام همی‌لامینکتومی ممکن است برای جراحان کم‌تجربه دشوار باشد. چندین روش برای شناسایی محل مناسب وجود دارد:

۱- شمارش مهره‌ها:

جراح باید ابتدا تعداد مهره‌های کمری را بشمارد. این امر با استفاده از تصاویر میلوگرام‌ها و اکثر سی‌تی‌اسکن‌ها به‌وضوح قابل مشاهده است. در اغلب حیوانات، هفت مهره کمری وجود دارد، اما در برخی به‌دلیل وجود مهره‌های انتقالی (Transitional vertebra)، ممکن است تغییراتی دیده شود. گاهی آخرین دنده از اولین مهره کمری منشأ می‌گیرد یا فقط در یک طرف وجود دارد. در محل اتصال کمری-خاجی نیز ممکن است نیم‌مهره (Hemivertebra) وجود داشته باشد.

۲- لمس زوائد شوکی:

لمس زائده شوکی مهره هفتم کمری، که در میان بخش‌های قدامی بال ایلیم قرار دارد، نقطه‌ی مرجع مناسبی است. پس از شناسایی آن، می‌توان به‌صورت شمارشی به سمت قدام حرکت کرد تا مهره مورد نظر مشخص شود. در حیوانات چاق، ممکن است به‌برش محدود پوست و جداسازی چربی کمری نیاز باشد تا زوائد شوکی مستقیماً لمس شوند.

۳- استفاده از دنده‌ها در ناحیه پشتی-کمری:

در این ناحیه، دنده‌ها به‌عنوان راهنما برای تعیین موقعیت مهره‌ها مفید می‌باشند، اما وجود دنده‌های کوچک یا وستیجیال (Vestigial vertebra) و مهره‌های انتقالی ممکن است موجب خطا گردد. بنابراین تطبیق دقیق با تصاویر حاصل از تصویربرداری‌های تشخیصی ضروری است.

۴- تکنیک سر سوزن فلزی (Needle Localization):

می‌توان پیش از جراحی، یک سر سوزن هیپودرمیک ظریفی (مثلاً ۲۲G) را به داخل زائده شوکی مهره وارد کرده و یک تصویر رادیوگرافی جانبی تهیه کرد تا محل دقیق سوزن مشخص شود. سپس بخش بیرونی سوزن جدا شده و بخش فلزی آن زیر پوست باقی می‌ماند تا در حین جراحی

رہیافت اصولی شامل استفاده از فرزهای کوچکتر برای برداشتن تدریجی استخوان از سطح پشتی-جانبی پدیکل مهره در دو طرف فضای دیسک آسیب دیده است، تا جایی که استخوان اسفنجی نمایان شود. شناخت لایه استخوان اسفنجی (قرمز) میان کورتکس خارجی و داخلی (سفید) کلید موفقیت است. استفاده از فرز باید با زاویه ای شکمی انجام شود و فرز هرگز مستقیماً به سمت کانال نخاعی هدایت نگردد. این کار تا ایجاد پنجره ای بیضی یا مستطیلی شکل در ناحیه پشتی و جانبی کانال نخاع ادامه می یابد (تصاویر ۴۳ تا ۴۵).

در این مرحله، استخوان کورتیکال داخلی به آرامی برداشته می شود تا بدون پارگی پریوست داخلی، نخاع نمایان شود. استفاده از ابزارهای با نوک گرد برای جلوگیری از آسیب به سینوس های وریدی توصیه می شود. پس از مشاهده توده فشاری، آن باید بدون تماس با نخاع برداشته شود.

در مواردی که ماده دیسک به سخت شامه چسبیده است به ویژه در بیرون زدگی هانسن نوع دو، برداشتن کامل ماده دیسک بدون دستکاری نخاع ممکن نیست. در این شرایط، فرز کوچک برای ایجاد حفره ای در استخوان بدنه مهره و دیسک تا سطح مقابل استفاده می شود تا بتوان مواد دیسک را از طریق جانبی خارج کرد (تصویر ۴۶).

بستن برش و مراقبت های پس از عمل در خصوص قرار دادن چربی یا سایر مواد در محل لامینکتومی اختلاف نظر وجود دارد. اگر عمل طبق اصول انجام شود، تشکیل اسکار و بافت فیبروز معمولاً منجر به فشار ثانویه نمی شود. استفاده از مقدار کمی چربی اتولوگ برای جلوگیری از چسبندگی توصیه می شود، اما باید از قراردادن حجم زیاد چربی اجتناب شود. فاسیای عمقی با نخ قابل جذب تک رشته ای با الگوی سرتاسری ساده بسته می شود و سپس لایه های زیرجلدی و پوست به صورت معمول بخیه می شوند.

استفاده از کورتیکواستروئیدها و آنتی بیوتیک ها پس از رفع فشار نخاعی توصیه نمی شود، زیرا شواهدی مبنی بر اثربخشی آنها وجود ندارد و عوارض جانبی این داروها در بیماران نورو سرجری قابل توجه است. ضمن اینکه عفونت زخم در این موارد نادر است.

مهم ترین بخش مراقبت پس از عمل، مدیریت مثانه است. بیمارانی که حرکات ادراری دارند معمولاً قادر به ادرار کردن خود به خودی هستند؛ در غیر این صورت باید مثانه به صورت

وضعیت بیمار و آماده سازی جراحی

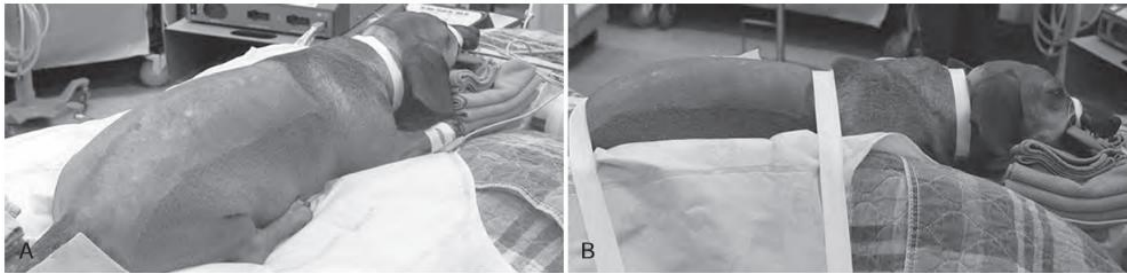
همی لامینکتومی از رهیافت پشتی نزدیک به خط میانی بدن انجام می شود. موهای ناحیه ضایعه باید به طور کامل تراشیده شده و حدود ۵ سانتی متر در هر طرف به صورت جانبی امتداد یابد. محدوده آماده شده برای برش پوست باید در بخش های قدامی و خلفی به اندازه کافی وسیع باشد تا جراح در صورت نیاز بتواند ناحیه جراحی را گسترش دهد. در سگ و گربه، پوست ناحیه پشت تحرک زیادی دارد و همین امر امکان اصلاح جزئی محل برش نسبت به محل مهره ها را فراهم می کند. بیمار باید در وضعیت خوابیده روی جناغ روی میز جراحی قرار گیرد و ستون مهره ها در محور مستقیم بدن تثبیت شود. هرگونه خمیدگی جانبی یا چرخش می تواند منجر به خطای موقعیت یابی گردد. استفاده از وسایل کمکی مانند کیسه های شن، حوله های لوله شده یا نوارهای ارتوپدی برای حفظ وضعیت صحیح بیمار بسیار مفید است (تصویر ۴۱).

رہیافت جراحی

برش پوست به طول حدود چهار مهره ایجاد و تا فاسیای کمری امتداد داده می شود. فاسیا در خط میانی پشتی بین زوائد شوکی با تیغ جراحی یا الکترواسکالپل برش داده می شود. با استفاده از پریوست الواتور، زوائد شوکی معمولاً در چهار مهره مجاور از عضلات جداسازی می شوند. در ناحیه کمری، این جداسازی تا زوائد عرضی و در ناحیه سینه ای تا محل اتصال دنده ادامه می یابد. سپس رباط بین زوائد شوکی (Interspinous Ligament) با پیچی به صورت طولی برش داده شده و عضلات Transversospinalis به طرفین کنار زده می شوند. در این مرحله از گشادکننده Gelpi برای ایجاد میدان دید مناسب استفاده می شود. گاهی لازم است اتصالات تاندونی عضلات محوری از سطوح مفصلی جدا شوند تا دید بهتری حاصل شود. هرچند این کار با خونریزی جزئی همراه است، ولی با کنترل مناسب مشکلی ایجاد نمی کند.

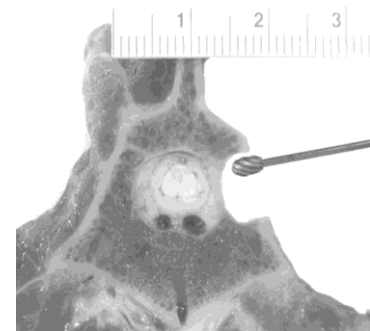
به جای رانژورهای سنتی، استفاده از فرز پرسرعت (High Speed Burr) ترجیح دارد، زیرا دسترسی دقیق تر و با حداقل تماس با سخت شامه را فراهم می کند. اشتباه شایع در این مرحله، تلاش برای ورود زود هنگام به کانال نخاعی با فرز بزرگ است که منجر به ایجاد برشی کوچک، با لبه های تیز و دسترسی ناکافی می شود (تصویر ۴۲).

میلین و ایجاد ارتباطات عصبی جدید را تسریع می‌کند. شنا (در صورت تحمل بیمار) پس از کشیدن بخیه‌ها بسیار مفید است. اندام‌ها باید دست‌کم سه نوبت در روز، هر بار حدود ۱۵ دقیقه حرکت داده شوند. بیمار باید تشویق شود تا بایستد، وزن خود را تحمل کند و به تدریج شروع به راه رفتن نماید (۱۴).

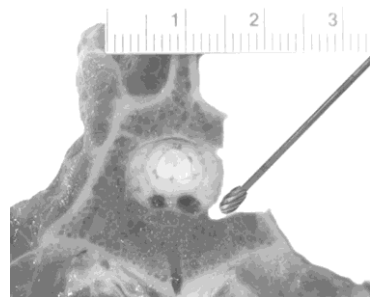


تصویر ۴۱: بیمار قبل از بستن با نوار چسب سفید، برای عمل همی لامینکتومی روی تخت جراحی قرار گرفته است. توجه داشته باشید که پاها کنار بدن قرار گرفته‌اند (A). همان سگ، پس از پر شدن باد پد و بستن نوار چسب لکوپلاست برای اطمینان از ثابت ماندن حیوان حین جراحی (B). (۱۶)

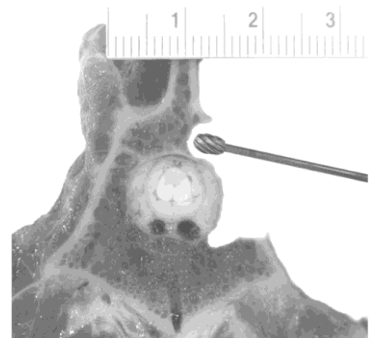
تصویر ۴۲: رهیافتی که با مته بزرگتری انجام می‌شود و مستقیماً وارد کانال مهره‌ای می‌شود، منجر به ایجاد روزنه کوچک، محدود شدن دسترسی و کاهش توانایی جراح برای برداشتن توده مزاحم بدون دستکاری نخاع می‌شود. (۱۴)



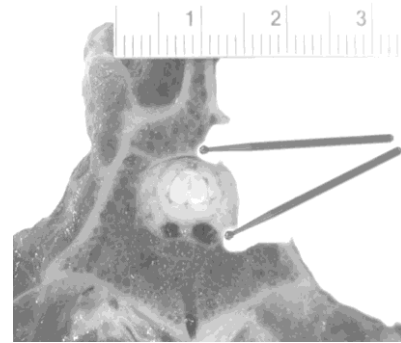
تصویر ۴۳: سوراخ نمودن از سطح پشتی کانال مهره‌ای، در مرکز مهره، شروع می‌شود. سوراخ از استخوان قشری بیرونی (به رنگ سفید)، سپس استخوان اسفنجی (قرمز) و در نهایت به استخوان قشری داخلی (دوباره سفید) پیش می‌رود. استخوان قشری بیرونی و استخوان اسفنجی به سمت شکم به داشته می‌شوند. (۱۴)



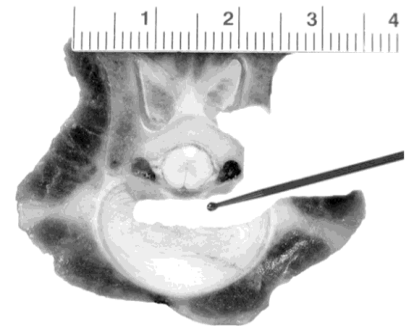
تصویر ۴۴: همی لامینکتومی می‌تواند به سمت پشت ستون مهره امتداد یابد. دسته مته پرسرعت به گونه‌ای هدایت می‌شود که جراح همیشه مته را به سمت استخوان فشار می‌دهد، نه به سمت کانال نخاعی، تا از ورود تصادفی به کانال نخاعی جلوگیری شود. (۱۴)



تصویر ۴۵: از یک فرز کوچک‌تر برای ورود به کانال نخاعی استفاده می‌شود. فرز نیز طوری نگه داشته می‌شود که جراح به سمت کانال نخاعی فشار نیاورد. از کنار فرز برای ورود به کانال نخاعی استفاده می‌شود، ترجیحاً بدون اینکه به لایه داخلی پریوست آسیبی وارد شود. (۱۴)



تصویر ۴۶: در برخی شرایط، مانند مواد چسبنده دیسک یا دیسک‌های هانسون نوع ۲، توده را نمی‌توان بدون دستکاری سخت‌شامه برداشت، که باید از آن اجتناب شود. در این موارد، دیسک و صفحات انتهایی مهره در زیر سطح پشتی آنالوس فیبروزوس برداشته می‌شوند. سپس می‌توان دیسک را به داخل حفره‌ای که تشکیل شده است کشید و در نتیجه فشار روی نخاع را کاهش داد. (۱۴)



کمتر از روش‌های لامینکتومی پشتی که مستلزم در معرض قراردادن دوطرفه و فاستکتومی (Facetectomy) جزئی هستند، تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

مقایسه سوپراکتیو میان روش‌های مختلف رفع فشار، به‌ویژه در موارد بیماری دیسک بین‌مهره‌ای، به دلیل وجود متغیرهای متعدد مرتبط با بیرون‌زدگی یا برآمدگی خودبه‌خودی دیسک‌ها در ناحیه پشتی-کمری، همواره با ابهام همراه بوده است. در بسیاری از موارد، نوع روش رفع فشار بر اساس ترجیح شخصی یا زمینه آموزشی جراح انتخاب شده است. در گذشته، محدودیت روش‌های تصویربرداری مانند رادیوگرافی و میلوگرافی، انتخاب منطقی و دقیق‌ترین تکنیک جراحی را دشوار یا حتی ناممکن می‌کرد. با گسترش دسترسی به تصویربرداری پیشرفته از جمله سی‌تی‌اسکن و ام‌آر‌آی، تعیین محل دقیق ضایعه خارج‌سخت‌شامه و انتخاب مناسب‌ترین روش رفع فشار به‌صورت عینی‌تر امکان‌پذیر شده و زمینه برای استفاده از تکنیک‌های جراحی با حداقل تهاجم فراهم گردیده است.

به همین دلایل، اگرچه لامینکتومی پشتی سال‌هاست که نتایج بالینی مطلوبی به‌دنبال داشته، اما امروزه به‌ندرت برای درمان بیرون‌زدگی یا برآمدگی ساده دیسک بین‌مهره‌ای سینه‌ای-کمری در سگ‌های کندرودیسترفیک یا غیرکندرودیسترفیک به‌کار می‌روند. با این حال، در بسیاری از شرایط پاتولوژیک از جمله شکستگی‌ها و

لامینکتومی پشتی (Dorsal laminectomy)

روش‌های گوناگونی برای برداشتن فشار روی نخاع در ناحیه سینه‌ای-کمری سگ‌ها توصیف شده‌اند. این تکنیک‌ها از نظر میزان برداشت استخوان تفاوت دارند و شامل همی‌لامینکتومی، مینی‌همی‌لامینکتومی، پدیکولکتومی، پدیکولکتومی و لامینکتومی پشتی نیز اصلاحات دیگر روش لامینکتومی مانند لامینوتومی و لامینوپلاستی هستند. هر یک از این روش‌ها دارای موارد کاربرد، مزایا و محدودیت‌های خاص خود بوده و در صورت اجرای صحیح، دو اصل بنیادین جراحی نخاع - یعنی برداشتن فشار از روی نخاع و برداشت توده فشاری - را برآورده می‌کنند. هیچ تکنیک واحدی برای تمامی موارد مناسب‌ترین گزینه محسوب نمی‌شود.

همی‌لامینکتومی، مینی‌همی‌لامینکتومی (Mini-hemilaminectomy) و پدیکولکتومی (تصویر ۴۷) به‌ویژه برای برداشت مواد بیرون‌زده یا برآمده دیسک بین‌مهره‌ای از درون کانال نخاعی بدون آنکه خطر قابل توجهی در اثر تشکیل غشای لامینکتومی ایجاد کنند طراحی شده‌اند. در این روش‌ها، میزان برداشت استخوان در معرض قرار گرفتن کانال نخاعی و طناب نخاعی در مقایسه با تکنیک‌های برداشتن فشار پشتی حداقلی است. پایداری ستون مهره‌ها نیز در این روش‌ها (حتی در صورت انجام همزمان فنستریشن پیشگیرانه دیسک بین‌مهره‌ای)

نقیصه لامینکتومی پشتی معمولاً در ناحیه ضایعه متمرکز است و در صورت وجود فشردگی یا ادم نخاعی، تا زمانی که چربی اپیدورال طبیعی در حاشیه مشاهده شود، می‌توان آن را گسترش داد. پهنای نقیصه بر اساس فضای بین زوائد مفصلی قدامی و خلفی تعیین می‌شود (تصویر ۴۹). برداشتن کامل زوائد مفصلی در چندین محل ممکن است ناپایداری ستون مهره‌ها را افزایش دهد، هرچند در اغلب موارد بالینی این موضوع مشکل‌ساز نیست.

در حین برداشت استخوان، سه لایه متمایز قابل تشخیص‌اند:

کورتکس بیرونی سفید و متراکم (Outer cortical bone)، استخوان اسفنجی قهوه‌ای مایل به قرمز (Cancellous bone)، کورتکس داخلی نازک و سفید (Inner cortical bone).

خون‌ریزی از استخوان اسفنجی با موم استخوان کنترل می‌شود. با نزدیک شدن به قشر داخلی، از فرز کوچک‌تر استفاده می‌شود (تصاویر ۵۰ تا ۵۲). صفحه نازک استخوان کورتیکال داخلی تا پایان مرحله برداشت برای محافظت از نخاع حفظ می‌شود و در نهایت با زاویه حدود ۴۵ درجه نسبت به محور نخاع برداشته می‌شود تا از سوراخ‌شدن تصادفی و ورود ناگهانی فرز به داخل کانال نخاعی جلوگیری شود (تصویر ۵۳). در صورت نیاز به میدان دید بیشتر، بخش‌هایی از زوائد مفصلی مجاور نیز زیر برداشته می‌شوند تا دسترسی به تمامی عرض نخاع فراهم شود. در این مرحله می‌توان ضایعات داخل یا خارج سخت‌شامه را برداشت. حفظ پدیکل‌ها در سطح پشتی مجاور نخاع ضروری است تا از تشکیل غشای فیبروزه و ایجاد فشار ثانویه جلوگیری شود.

در برخی موارد، برش روی سخت شامه (Durotomy) برای برداشت ضایعات داخل سخت‌شامه یا ارزیابی پیش‌آگهی ضایعات شدید نخاعی انجام می‌شود. برش سخت‌شامه با قیچی Potts-Smith زاویه‌دار یا سوزن ظریف ۲۰G تا ۲۵G در خط میانی پشتی ایجاد می‌شود. این برش ضمن کاهش فشار داخل نخاعی، اغلب بدون عارضه ترمیم می‌شود.

در مرحله بستن زخم، عضلات نکروزه یا له‌شده برداشته می‌شوند تا از افتادگی عضلانی در حفره لامینکتومی جلوگیری شود. سپس قطعه‌ای از اسفنج ژلاتینی قابل جذب (Gelfoam) به صورت خیمه‌ای شکل در مجاورت پدیکل

در رفتگی‌های ستون مهره‌ها، ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ها، کیست‌های سینوویال، کیست‌های عنکبوتیه، نئوپلاسم‌های مهره‌ای یا نخاعی یا سیرینکس (Syrinxes) (کیست مایع در داخل نخاع) و در برخی موارد بیماری دیسک بین‌مهره‌ای، لامینکتومی پشتی همچنان روش انتخابی برای دسترسی گسترده به نخاع، برداشتن موثر فشار و برداشت کامل ضایعه در مواردی که سایر تکنیک‌ها کارایی ندارند، است.

رهیافت جراحی

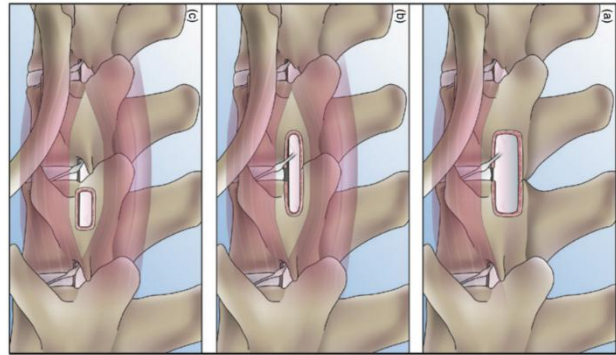
پس از تأیید محل ضایعه با استفاده از میلوگرافی، سی‌تی‌اسکن یا ام‌آر‌آی، حیوان در وضعیت خوابیده روی جناغ قرار گرفته و ناحیه سینه‌ای-کمری به صورت آسپتیک آماده جراحی می‌شود. برش پوست در مجاورت خط میانی پشتی در ناحیه درگیر انجام می‌شود. طول برش بسته به وسعت ضایعه تعیین می‌شود. فاسیای سینه‌ای-کمری به صورت دوطرفه و در مجاورت زوائد شوکی برش داده می‌شود. سپس با استفاده از پریوست الواتور، عضلات فوق‌محوری (Epaxial) به صورت دوطرفه تا سطح شکمی زوائد عرضی جداسازی و کنار زده می‌شوند (تصویر ۴۸). استفاده از گشادکننده‌های خودنگهدار Gelpi یا Beckman امکان ایجاد میدان جراحی بدون آسیب و با کشش یکنواخت را فراهم می‌کند. له‌شدگی عضلات فوق‌محوری می‌تواند سبب درد پس از عمل، تأخیر در ترمیم و تشکیل غشای لامینکتومی شود. شاخه‌های کوچک شریان‌های بین‌دنده‌ای یا کمری در حین جداسازی با کوتر دوقطبی خونبندی می‌شوند. در این مرحله باید از آسیب به شاخه‌های عروقی سوراخ بین‌مهره‌ای که در خون‌رسانی نخاع نقش دارند، اجتناب شود. زوائد شوکی مهره‌های مجاور فضای مورد نظر با رانزور استخوان برداشته می‌شوند (تصویر ۴۹). این روش نسبت به اره‌کردن استخوان، به‌ویژه در سگ‌های نژادهای کوچک، ایمن‌تر است. در ادامه، با استفاده از میکروموتور پرسرعت و فرز تخم‌مرغی شکل، باقی‌مانده زوائد شوکی برداشته می‌شود. کنترل دقیق خون‌ریزی، شست‌وشو با سرم استریل و جمع‌آوری مایع با ساکشن، دید مناسب را برای جراح فراهم می‌کند و از افزایش حرارت و تجمع ذرات استخوانی جلوگیری می‌نماید. از فرزهای کند یا مستهلک نباید استفاده شود زیرا باعث افزایش گرما و آسیب بافتی می‌شوند.

بروز خون‌ریزی یا سوراخ‌شدگی دستگاه گوارش را به‌طور چشمگیری افزایش دهد.

مراقبت‌های پس از عمل شامل تخلیه دستی مثانه یا استفاده از سوند ادراری، آب‌درمانی، استفاده از ویلچر (در صورت نیاز) و سایر اقدامات حمایتی عمومی است. به‌طور معمول، بیماران زمانی از بیمارستان ترخیص می‌شوند که کنترل ارادی ادرار را مجدداً به دست آورده باشند. اگرچه تجربه بالینی نشان می‌دهد بازگشت زودهنگام حیوان به محیط آشنا، باعث افزایش انگیزه و آرام حیوان و صاحب آن شده، بازگشت کنترل ادرار را تسریع می‌کند و به بازیابی سریع‌تر عملکرد حرکتی کامل کمک می‌نماید (۱۴).

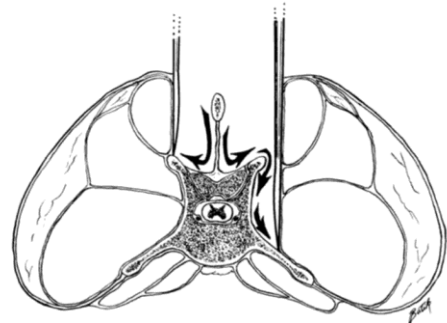
ها قرار داده می‌شود تا فضای اپیدورال پر و از چسبندگی جلوگیری شود. استفاده از چربی یا عضله به‌عنوان پیوند در این ناحیه نتایج متغیر و گاه نامطلوب داشته است.

مسکن‌های پس از عمل، عمدتاً از گروه مخدرها بوده و معمولاً طی ۱۲ تا ۲۴ ساعت نخست پس از جراحی تجویز می‌شوند. با توجه به شواهد محدود موجود در مطالعات تجربی و احتمال بروز عوارض گوارشی، ادامه درمان با کورتیکواستروئیدها در دوره پس از عمل توصیه نمی‌شود. داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی نیز به‌ندرت در این مرحله استفاده می‌شوند، زیرا اغلب بیماران پیش از عمل یا حین آن، تحت درمان با کورتیکواستروئیدها قرار گرفته‌اند. تجویز هم‌زمان یا متوالی این دو گروه دارویی می‌تواند خطر

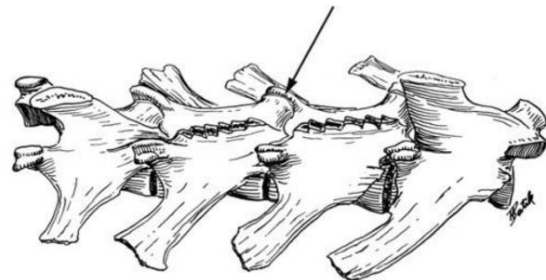


تصویر ۴۷: تصاویری که رهیافت و تقیصه‌ی استخوانی همی لامینکتومی (a)، مینی همی لامینکتومی یا پدیکولکتومی یا فورامینوتومی (b) و پدیکولکتومی جزئی را نشان می‌دهد (c) (۱۷).

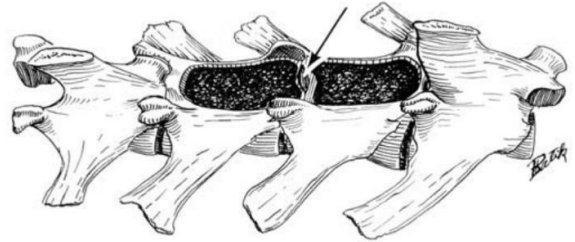
تصویر ۴۸: کنار زدن پریوست عضلات فوق محوری برای لامینکتومی پشتی. فلش‌ها جهت نیروی اعمال شده به الواتور را برای بالا بردن پریوست بدون آسیب نشان می‌دهند. (۱۴)



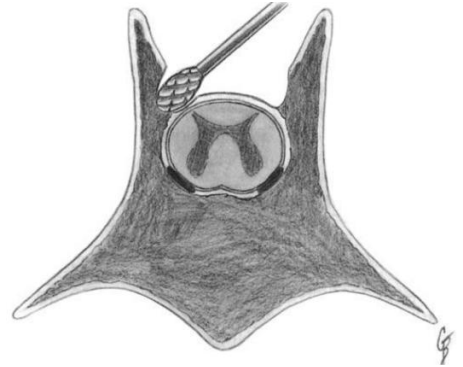
تصویر ۴۹: فلش نشان دهنده فضای مفصلی بین برجستگی‌های مفصلی قدامی و خلفی است که به‌عنوان راهنما برای گسترش جانبی لامینکتومی پشتی استفاده می‌شود. (۱۴)



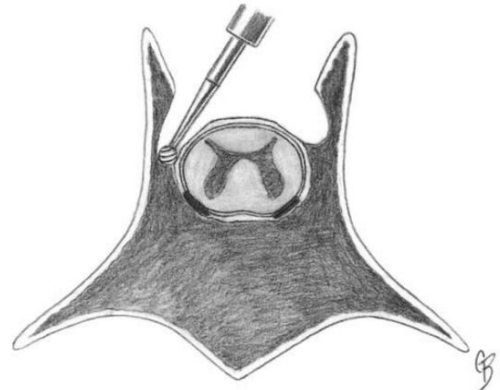
تصویر ۵۰: استخوان قشری خارجی و بیشتر لایه میانی استخوان اسفنجی، از جمله لایه زوائد مفصلی خلفی، برداشته شده‌اند. فلش، استخوان قشری متراکم در فضای بین مهره‌ای و رباط Interarcuate را نشان می‌دهد. (۱۴)



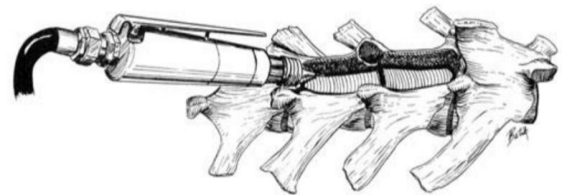
تصویر ۵۱: پس از برداشتن لایه میانی (استخوان اسفنجی)، برداشت پایه‌ها با فرزی به قطر ۴ میلی‌متر آغاز می‌شود. (۱۴)



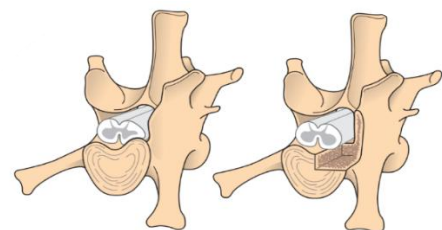
تصویر ۵۲: برداشت بیشتر لایه میانی اسفنجی لامینای جانبی با استفاده از یکی از فرزهای گرد کوچک انجام می‌شود. (۱۴)



تصویر ۵۳: برداشت بصورت زاویه‌دار در استخوان اسفنجی اطراف حاشیه صفحه نازک استخوان قشری داخلی، از فرزکاری مستقیم روی نخاع جلوگیری می‌کند و منجر به لبه‌های صاف و عمیقاً برش خورده می‌شود. این تکنیک، هم دسترسی و هم رفع فشار را افزایش داده و برداشتن ضایعات توده‌ای خارج سخت‌شامه را تسهیل می‌کند. (۱۴)



تصویر ۵۴: تصویر شماتیک از عمل جراحی کورپکتومی جانبی (مهره خلفی نشان داده شده است). (۱۳).



مجاورت دیسک آسیب‌دیده ایجاد می‌شود. این شکاف در سطح دیسک بین‌مهره‌ای و درست در ناحیه شکمی سوراخ بین‌مهره‌ای قرار دارد. در طول عمل، پدیکل، لامینا و سطوح مفصلی دست‌نخورده باقی می‌مانند (۱۶).

کورپکتومی جانبی (Lateral corpectomy)

کورپکتومی جانبی روشی است که به منظور تسهیل برداشت بیرون‌زدگی‌ها یا برآمدگی‌های مزمن دیسک بین‌مهره‌ای به کار می‌رود. در این روش، شکافی در بدنه مهره در

می‌رود و این بیرون‌زدگی‌ها معمولاً در خط میانی قرار دارند، بروز عارضه‌ای به صورت انتخاب اشتباه سمت جراحی تاکنون گزارش نشده است. با این حال، محدودیت دید جراح نسبت به طناب نخاعی از جمله معایب این روش محسوب می‌شود. شایع‌ترین عارضه گزارش شده، برداشتن فشار ناکافی از روی نخاع است. در صورت نیاز به گسترش موضع عمل برای دستیابی به برداشت مؤثرتر فشار و انجام همزمان همی‌لامینکتومی، باید توجه داشت که به دلیل احتمال تضعیف ساختاری مهره، تثبیت ستون فقرات ضروری است. در مطالعه‌ای آزمایشگاهی (in vitro) نشان داده شد که انجام هم‌زمان کورپکتومی جانبی و همی‌لامینکتومی منجر به بی‌ثباتی قابل توجه ستون مهره‌ها می‌شود (۱۸). با این وجود، مطالعات بالینی نشان داده‌اند که در صورت انتخاب اشتباه دیسک، انجام کورپکتومی جانبی دیگری در دیسک قدامی یا خلفی دیسک اولیه، بدون بروز عوارض قابل توجه، امکان‌پذیر است؛ چنان‌که در یک گزارش بالینی، انجام سه کورپکتومی جانبی متوالی در یک سگ بدون هیچ‌گونه عارضه‌ای گزارش شده است (۱۹ و ۲۰).

در پایان خلاصه‌ای از رهیافت‌های جراحی منتشر شده و نتایج گزارش شده برای فتق دیسک بین مهره‌ای حاد (IVDH) در سگ که مهره‌های کمری - سینه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد ذکر می‌شود (جدول ۱) (۱).

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

حیوان در وضعیت خوابیده روی جناغ یا خوابیده به پهلو (Lateral recumbency) روی میز جراحی قرار می‌گیرد. پس از انتخاب رهیافت مناسب، بخش جانبی آنولوس فیبروزوس و بدنه مهره مجاور در معرض دیده قرار داده می‌شود. دیسک مورد نظر با تیغه اسکالپل شماره ۱۱ برش داده شده و به کمک فرز با دور بالا، یک شکاف جانبی در بدنه مهره و بخش میانی دیسک ایجاد می‌شود.

ابعاد تقریبی شکاف بر اساس یافته‌های تصویربرداری پیش از عمل تعیین می‌شود، اما معمولاً به صورت حدودی به ابعاد زیر است:

حاشیه خلفی: یک‌چهارم طول مهره خلفی، حاشیه قدامی: یک‌چهارم طول مهره قدامی، حاشیه شکمی: حدود نصف ارتفاع بدنه مهره، عمق نقیصه: برابر با نصف تا دوسوم عرض بدنه مهره.

در این مرحله، استخوان کورتیکال خارجی و استخوان اسفنجی داخلی در امتداد محور طولی ستون فقرات و از طریق دیسک بین‌مهره‌ای برداشته می‌شوند (تصویر ۵۴). خون‌ریزی از بافت استخوانی اسفنجی با استفاده از موم استخوان کنترل می‌گردد. سپس، استخوان کورتیکال داخلی تا حدی نازک می‌شود تا بتوان آن را با رانژور به آرامی برداشت. با برداشتن پریوست و باقی‌مانده آنولوس فیبروزوس، رباط طولی پشتی نمایان می‌شود. در صورت وجود خون‌ریزی از سینوس‌های وریدی، کنترل آن با ژل فوم و یا سرجی‌سل (Surgicel) انجام می‌گیرد. در پایان، برش جراحی به صورت معمول بسته می‌شود و مراقبت‌های پس از عمل مشابه سایر روش‌های جراحی است (۱۳).

از نظر عوارض پس از عمل، از آنجا که کورپکتومی جانبی عمدتاً برای بیرون‌زدگی‌های مزمن دیسک بین‌مهره‌ای به کار

جدول ۱: خلاصه‌ای از رهیافت‌ها و نتایج گزارش شده برای فتق دیسک بین مهره‌ای حاد مهره‌های کمری - سینه ای سگ

محدودیت‌ها	مزایا	شرح	رهیافت جراحی
<ul style="list-style-type: none"> عدم دسترسی به بخش شکمی کانال نخاعی برای برداشتن دیسک نگرانی در مورد تشکیل اسکار لامینکتومی، به ویژه اگر بیش از یک محل متوالی باشد. 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش میزان نمایان شدن نخاع در مقایسه با همی لامینکتومی بهبود دسترسی به ضایعات فشاری پشتی 	<p>برداشتن زوائد شوکی و بخش متغیری از لامینا با حفظ زوائد مفصلی</p>	لامینکتومی پشتی
<ul style="list-style-type: none"> باقی ماندن فشردگی نخاع شایع است. (اهمیت بالینی نامشخص است) 	<ul style="list-style-type: none"> کاهش اسکار لامینکتومی بهبود دسترسی به بخش شکمی کانال نخاعی برای برداشتن دیسک بهبود دسترسی برای فنستریشن 	<p>برداشتن نیمی از قوس مهره‌ای، شامل لامینا، پدیکل و زوائد مفصلی</p>	همی لامینکتومی
<ul style="list-style-type: none"> باقی ماندن فشردگی نخاع شایع است. (اهمیت بالینی نامشخص است) 	<ul style="list-style-type: none"> کمتر تهاجمی نسبت به همی لامینکتومی دسترسی بهتر به قسمت شکمی کانال نخاعی برای برداشتن دیسک دسترسی بهتر برای فنستریشن 	<p>مشابه همی لامینکتومی است اما زائده مفصلی حفظ می شود.</p>	مینی همی لامینکتومی / پدیکولکتومی
<ul style="list-style-type: none"> خونریزی از سینوس وریدی شایع است. وخامت گذرای پس از جراحی شایع است. باقی ماندن فشردگی نخاع شایع است. (اهمیت بالینی نامشخص است) 	<ul style="list-style-type: none"> امکان رفع فشار شکمی با حداقل دستکاری نخاع را فراهم می کند. ممکن است برای فتق دیسک مزمن و شکمی مفید باشد. 	<p>برداشتن جزئی بدنه مهره‌های سینه ای - کمری که دچار دیسک بیرون زده/برآمده در داخل کانال نخاعی شده.</p>	کورپکتومی جزئی
<ul style="list-style-type: none"> فشردگی نخاع را تسکین نمی دهد بهبودی کوتاه و طولانی در آسیب‌های شدید 	<ul style="list-style-type: none"> کمتر تهاجمی نسبت به لامینکتومی نتیجه خوب برای آسیب‌های درجه ۱ و ۲ 	<p>برداشتن مکانیکی نوکلئوس پاپوزوس از طریق ایجاد پنجره‌ای در آنولوس فیبروزوس</p>	فنستریشن بدون لامینکتومی

منابع:

- Moore SA, Tipold A, Olby NJ, Stein V, Granger N, Canine Spinal Cord Injury Consortium (CANSORT SCI). Current approaches to the management of acute thoracolumbar disc extrusion in dogs. *Frontiers in veterinary science*. 2020 Sep 3;7:610. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00610>
- Brisson, B.A. Intervertebral disc disease in dogs. *Vet. Clin. N. Am. Small Anim. Pract.* 2010, 40, 829–

858.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.06.001>
3. Griffin, J.F.; Levine, J.; Kerwin, S.; Cole, R. Canine thoracolumbar intervertebral disk disease: Diagnosis, prognosis, and treatment. *Compendium* 2009, 31, E3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19412898/>
 4. Brown, E.A.; Dickinson, P.J.; Mansour, T.; Sturges, B.K.; Aguilar, M.; Young, A.E.; Korff, C.; Lind, J.; Ettinger, C.L.; Varon, S.; et al. FGF4 retrogene on CFA12 is responsible for chondrodystrophy and intervertebral disc disease in dogs. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2017, 114, 11476–11481. <https://doi.org/10.1073/pnas.1709082114>
 5. Dickinson, P.J.; Bannasch, D.L. Current Understanding of the Genetics of Intervertebral Disc Degeneration. *Front. Vet. Sci.* 2020, 7, 431. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00431>
 6. Fenn, J.; Olby, N.J.; Canine Spinal Cord Injury Consortium (CANSORT-SCI). Classification of Intervertebral Disc Disease. *Front. Vet. Sci.* 2020, 7, 579025. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579025>
 7. Hansen, H.J. A pathologic-anatomical interpretation of disc degeneration in dogs. *Acta Orthop. Scand.* 1951, 20, 280–293. <https://doi.org/10.3109/17453675108991175>
 8. Hansen, H.J. A pathologic-anatomical study on disc degeneration in dog, with special reference to the so-called enchondrosis intervertebralis. *Acta Orthop. Scand. Suppl.* 1952, 11, 1–117. <https://doi.org/10.3109/ort.1952.233.suppl-11.01>
 9. Jeffery, N.D.; Levine, J.M.; Olby, N.J.; Stein, V.M. Intervertebral disk degeneration in dogs: Consequences, diagnosis, treatment, and future directions. *J. Vet. Intern. Med.* 2013, 27, 1318–1333. <https://doi.org/10.1111/jvim.12183>
 10. da Costa, R.C.; Samii, V.F. Advanced imaging of the spine in small animals. *Vet. Clin. N. Am. Small Anim. Pract.* 2010, 40, 765–790. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.05.002>
 11. Cojocararu RG, Sicoe B, Gaspar C, Grigoreanu A, Orghici G, Tibru I, Lacatus R. Case report: Double adjacent ventral slot in two medium-sized breed dogs. *Frontiers in Veterinary Science.* 2024 May 15;11:1346816. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1346816>
 12. Wheeler SJ, Sharp NJ. Small animal spinal disorders, diagnosis and surgery. 1994 Nov 10, 93-159.
 13. Fossum TW. Small Animal Surgery Textbook-E-Book: Small Animal Surgery Textbook-E-Book. Elsevier Health Sciences; 2012 Aug 15.
 14. Creed JE, Yturraspe DJ. Thoracolumbar and Sacral Spine. In: *Current Techniques in Small Animal Surgery* 2014 Oct 24 (pp. 743-759). Teton NewMedia.
 15. Piermattei DL, Johnson KA, ScienceDirect. An atlas of surgical approaches to the bones and joints of the dog and cat. Philadelphia: Saunders; 2004 Jan.
 16. Johnston SA, Tobias KM. Veterinary Surgery: Small Animal Expert Consult-E-BOOK: Veterinary Surgery: Small Animal Expert Consult-E-BOOK. Elsevier Health Sciences; 2017 Jun 14.

17. Shores A, Brisson BA, editors. Advanced techniques in canine and feline neurosurgery. John Wiley & Sons; 2023 Mar 21.
18. Hill TP, Lubbe AM, Guthrie AJ. Lumbar spine stability following hemilaminectomy, pediculectomy, and fenestration. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2000;13:165–71. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1632655>
19. Flegel T, Boettcher IC, Ludewig E, Kiefer I, Oechtering G, Bottcher P. Partial lateral corpectomy of the thoracolumbar spine in 51 dogs: assessment of slot morphometry and spinal cord decompression. *Vet Surg.* 2011 Jan;40(1):14–21.
20. Forterre F, Revés NV, De Risio L. Thoracolumbar Disc Disease: Dorsal Approaches versus Lateral versus Ventral Approaches. What to Do If I'm on the Wrong Side or Site (Level)?. *Advances in intervertebral disc disease in dogs and cats.* 2015 Jan 29:232-
<https://doi.org/10.1002/9781118940372.ch31>

Abstracts in English

Surgical Approaches for the Management of Intervertebral Disc Disease in Small Animals: Methods and Challenges

Mohamad Mahdi Dehghan^{1,2*}, Mahshid Farmand¹, Fatemeh Saadinam^{1,2}

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

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

mdehghan@ut.ac.ir*

Background: Intervertebral disc disease (IVDD) is one of the most common neurological disorders in small animals, particularly dogs, and represents a major cause of spinal pain and neurological dysfunction. The disease results from progressive disc degeneration and herniation, leading to compression of the spinal cord and nerve roots with significant impact on the animal's quality of life.

Objective: This review aims to describe the main surgical approaches for the treatment of cervical and thoracolumbar IVDD in small animals, highlighting their principles, advantages, limitations, and associated challenges.

Methods: This study was conducted as a narrative review based on textbooks, peer-reviewed national and international articles, and the authors' experiences regarding the surgical management of IVDD in small animals.

Results: Intervertebral disc disease (IVDD) develops as a consequence of disc degeneration and subsequent protrusion or extrusion, leading to compression of the spinal cord and nerve roots, which may result in clinical signs such as pain, ataxia, paresis or paralysis, and loss of sphincter control, thereby markedly impairing the animal's quality of life. Management of this condition depends on the severity of neurological deficits and the response to conservative treatment; however, in severe cases, surgical intervention becomes essential. In the cervical region, the ventral slot technique is considered the primary method for decompression, whereas in the thoracolumbar region, procedures such as hemilaminectomy, dorsal laminectomy, and corpectomy are employed. The choice of surgical technique depends on the location of the lesion, the severity of clinical signs, and the overall condition of the patient. When performed timely and appropriately, surgical treatment often yields favorable outcomes and, in many cases, leads to complete recovery of neurological function.

Conclusion: This article reviews surgical approaches for the treatment of cervical and thoracolumbar intervertebral disc disease (IVDD) in small animals. Surgical intervention plays a pivotal role in the effective management of IVDD, with accurate diagnosis, appropriate case selection, access to advanced imaging, and surgical expertise being critical determinants of prognosis. The ventral slot technique remains the standard approach for cervical disc extrusion, while hemilaminectomy and fenestration are the most commonly employed procedures for thoracolumbar IVDD. When performed with proper technique and timely intervention, surgical management can significantly improve outcomes and restore neurological function in affected animals.

Keywords: Intervertebral disc disease, ventral slot, fenestration, hemilaminectomy, dorsal laminectomy, corpectomy.



التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

<http://eltiamjournal.ir/>


تکنیک‌های پایدارسازی ستون مهره‌ها در حیوانات کوچک: مروری بر آخرین پیشرفت‌ها

حسین کاظمی مهرجردی^{۱*}، خسرو صفری نیکرو^۱

۱. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*h-kazemi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

 <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.5>



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: آسیب‌های ستون فقرات در حیوانات کوچک به‌ویژه در سگ‌ها، یکی از شایع‌ترین و پیچیده‌ترین چالش‌ها در دامپزشکی تخصصی به شمار می‌آیند. این آسیب‌ها اغلب در اثر تصادف، سقوط یا گازگرفتگی ایجاد شده و به دلیل ریسک بالای بی‌ثباتی مکانیکی و ضایعات عصبی، نیازمند رویکردی دقیق، سیستماتیک و جراحی هستند. هدف: هدف از این مقاله، معرفی و مقایسه دقیق روش‌های جراحی پایدارسازی ستون فقرات در حیوانات کوچک، با تمرکز بر نواحی گردنی، سینه‌ای، کمری و کمری-خاجی و ارائه راهنمایی بالینی برای انتخاب مناسب‌ترین روش در شرایط مختلف بالینی است.

روش کار: در این مطالعه مروری، اطلاعات برگرفته از منابع علمی معتبر و تجارب بالینی، پیرامون ارزیابی آسیب‌های ستون مهره‌ای با استفاده از مدل سه‌کمپارتمانی، برنامه‌ریزی قبل از عمل با تکیه بر تصویربرداری پیشرفته (سی‌تی اسکن و ام‌آر‌آی)، روش‌های جاناندازی و تکنیک‌های جراحی شامل استفاده از پین/پیچ به‌همراه پلی‌متیل متاکریلات، پلیت‌های قفل‌شونده مثل Locking Compression Plate (LCP) و String of Pearl (SOP)، پیچ‌های ترانس‌آرتیکولار و سایر تکنیک‌های دیگر گردآوری و تحلیل شده‌اند.

نتایج: یافته‌ها نشان می‌دهند که انتخاب صحیح تکنیک تثبیت بر اساس ناحیه آسیب‌دیده، وضعیت عصبی بیمار، ویژگی‌های آناتومیک مهره‌ها و ابزارهای در دسترس جراح، نقش حیاتی در جلوگیری از عوارض بعد از عمل، حفظ عملکرد نخاعی و تسریع روند بهبودی دارد. روش‌هایی مانند استفاده از پیچ‌های تک‌کورتکسی همراه با پلی‌متیل متاکریلات یا پلیت‌های قفل‌شونده، نسبت به تکنیک‌های قدیمی‌تر، ایمنی و پایداری بیشتری فراهم می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی: مدیریت موفق آسیب‌های ستون فقرات در حیوانات کوچک نیازمند ارزیابی دقیق، تصویربرداری هدفمند، انتخاب تکنیک جراحی مناسب و مراقبت‌های پس از عمل است. مقاله حاضر با مرور جامع تکنیک‌های تثبیت ستون مهره، راهنمایی عملی برای تصمیم‌گیری بالینی ارائه می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: ستون مهره، شکستگی، بی‌ثباتی مهره‌ای، تثبیت جراحی، حیوانات کوچک

مقدمه

شکستگی‌ها و دررفتگی‌های ستون فقرات به دلیل تنوع در محل، شدت بی‌ثباتی و ضایعات مختلف مرتبط با محل آسیب چالش منحصر به فردی را ایجاد می‌کنند. اغلب شکستگی‌ها به همراه دررفتگی، بیرون‌زدگی دیسک ناشی از ضربه و سایر آسیب‌های سیستمیک رخ می‌دهند. به همین دلیل اتخاذ تصمیمات دقیق درمانی بر پایه تصویربرداری پیشرفته، رعایت اصول استاندارد جراحی و انتخاب درست ایمپلنت‌ها اهمیت زیادی دارد تا بهترین ماندگارترین نتایج حاصل شود (۱، ۲). در آسیب‌های ناشی از تروما مانند سقوط، تصادف رانندگی، گازگرفتی و یا سایر حوادث دیگر می‌توان فرض کرد که بیمار ممکن است از نظر سیستمیک ناپایدار باشد. در چنین موقعیت‌هایی تثبیت وضعیت عمومی بدن و مراقبت‌های اولیه، اولین قدم‌های درمانی هستند. در صورت پایدار بودن وضعیت بیمار، قبل از تجویز آرام‌بخش/ مسکن باید معاینه کامل عصبی برای تعیین محل دقیق ضایعه و تعیین پیش‌آگهی انجام شود. این معاینه شامل بررسی حس وضعیت بدن، واکنش به درد عمقی، رفلکس‌ها و توانایی حرکت اندام‌هاست. اعصاب جمجمه‌ای نیز باید معاینه شوند تا از عدم وجود شواهدی از ضربه به سر اطمینان حاصل شود. پس از آن، تصویربرداری دقیق مقطعی اهمیت دارد تا بتوان تصمیمات درمانی درست گرفت و جراحی را به‌درستی برنامه‌ریزی کرد. این بررسی‌ها می‌توانند شامل سونوگرافی متمرکز جهت بررسی آسیب به اندام‌های شکمی و قفسه سینه و همچنین رادیوگرافی یا سی‌تی اسکن برای ارزیابی شکستگی‌ها و بی‌ثباتی‌های ستون فقرات باشند، به‌ویژه مواردی که ممکن است نیازمند درمان فوری باشند. پیش از هر گونه جابه‌جایی یا عمل جراحی، کنترل درد بیمار و مراقبت از وضعیت عمومی بدن ضروری است. برای مدیریت درد، می‌توان از اپیوئیدهایی مانند مورفین یا متادون استفاده کرد و در صورت مناسب بودن شرایط، داروهای ضدالتهاب غیراستروئیدی نیز قابل توصیه هستند (۲).

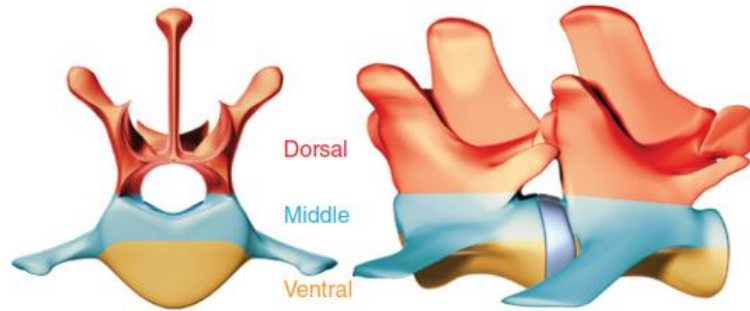
در مواردی که شکستگی باز وجود دارد یا احتمال عفونت مطرح است، باید هرچه سریع‌تر درمان آنتی‌بیوتیکی وسیع‌الطیف مانند سفالوسپورین‌ها یا آمینوگلیکوزیدها آغاز شود. اگر بی‌ثباتی شدید یا آسیب عصبی وجود داشته باشد، انجام جراحی برای تثبیت ستون فقرات ضروری خواهد بود. این روند شامل تصویربرداری دقیق برای دستیابی امن به

محل آسیب و همچنین انتخاب صحیح ایمپلنت‌ها می‌شود. در زمان جراحی باید با دقت کامل از صدمه یا دستکاری بیش از حد نخاع و ریشه‌های عصبی خودداری شود و همچنین مراقبت لازم برای جلوگیری و مدیریت عوارض ثانویه مانند بیرون‌زدگی دیسک انجام گیرد. مراقبت‌های پس از عمل بخش بسیار مهمی از درمان است و شامل کنترل درد، پیشگیری از عوارض بی‌حرکتی مثل زخم بستر یا مشکلات ریوی، ارزیابی منظم بهبود وضعیت عصبی و توانبخشی تدریجی برای بازگشت قدرت و حرکت به بیمار خواهد بود. به‌طور خلاصه، شکستگی‌ها و جابجایی‌های ستون فقرات به دلیل ریسک بالای آسیب‌های سیستمیک و بی‌ثباتی، همواره نیازمند رویکردی چند تخصصی هستند که از پایدارسازی عمومی و تصویربرداری پیشرفته تا جراحی دقیق و مراقبت‌های بعد از عمل را پوشش می‌دهد تا بیمار بهترین نتیجه درمانی و توانبخشی را کسب کند (۲).

برنامه‌ریزی پیش از عمل

در مرحله پیش از عمل، تصاویر رادیوگرافی استاندارد با نماهای عمود برهم از بخش آسیب‌دیده ستون مهره برای ارزیابی نوع و محل آسیب و به‌دست آوردن دید کلی از ابعاد مهره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. ایده‌آل است که برای ارزیابی دقیق آسیب ستون مهره‌ها، از ترکیب ام‌آر‌آی و سی‌تی اسکن استفاده شود. ام‌آر‌آی توانایی فوق‌العاده‌ای در نمایش جزئیات نخاع، آسیب‌های بافت نرم اطراف و بیرون‌زدگی دیسک‌های ناشی از تروما دارد. در مقابل، سی‌تی اسکن بهترین انتخاب برای بررسی ساختارهای استخوانی، بازسازی سه‌بعدی ضایعه، و همچنین تشخیص بی‌ثباتی‌هایی است که حتی با نبود جابجایی مشهود، ممکن است وجود داشته باشند (۲). علاوه بر این، سی‌تی اسکن امکان آنالیز دقیق آناتومی بیمار، بررسی مسیر مناسب ایمپلنت‌ها، تعیین زوایای ورود امن و انتخاب بهترین محل برای قرار دادن پیچ در استخوان کورتیکال را فراهم می‌کند (۲، ۳). در این روند، برای تصمیم‌گیری بهتر درباره آسیب‌های ستون فقرات، از مفهوم سه‌کمپارتمانی استفاده می‌شود (۲، ۴). براساس این دیدگاه، ستون مهره‌ای به سه بخش تقسیم می‌شود: بخش پشتی، بخش میانی و بخش شکمی. کمپارتمان پشتی شامل ساختارهایی مانند زوائد خاری، لیگامان‌های پشتی، لامینا، زوائد مفصلی و پدیکل‌هاست. کمپارتمان میانی شامل لیگامان طولی پشتی،

عنوان بی ثبات در نظر گرفته می شود و معمولاً نیاز به تثبیت و حمایت بیشتر خواهد داشت (تصویر ۱). البته این ارزیابی تنها بر پایه تقسیم بندی سه کمپارتمانی انجام نمی شود و عوامل دیگری مانند وضعیت عصبی بیمار، مدت زمانی که از حادثه گذشته، وجود سایر آسیب های همزمان و نتایج تصویربرداری هم باید حتماً در تصمیم گیری نهایی لحاظ شوند (۲).



تصویر ۱. تصویری از سه بخش موجود در مهره های کمری. بخش پشتی با رنگ قرمز شامل زوائد خاری، ساختارهای لیگامانی پشتی، لامینا، فاست های مفصلی و پدیکل ها است. بخش میانی با رنگ آبی شامل لیگامان طولی پشتی، قسمت پشتی آنولوس فیبروزوس، کف کانال نخاعی و زوائد عرضی می باشد. بخش شکمی با رنگ زرد شامل جسم مهره، آنولوس فیبروزوس، نوکلئوس پولپوزوس و لیگامان طولی شکمی است (۲).

برداشت فشار علاوه بر تثبیت ستون مهره

پشتی همراه با حفظ زواید مفصلی قابل رفع فشار هستند و چون جاناندازی این آسیب ها دشوار است، انجام همزمان لمینکتومی پشتی ممکن است برای کاهش فشاری که به دلیل ناهماهنگی یا بد قرار گرفتن ایجاد شده، مفید باشد (۱). در مواردی که جابه جایی مهره رخ داده است، اگرچه رسیدن به هم راستایی کامل و آناتومیک ایده آل ترین نتیجه محسوب می شود، اما به دلیل ماهیت مزمن یا شدت آسیب ممکن است دستیابی به این هدف همیشه ممکن نباشد. حتی در این شرایط، تثبیت ستون مهره ای با وجود آن که هم راستایی ایده آل به دست نیامده، همچنان می تواند سودمند واقع شود و باید انجام شود. ترکیب تثبیت مهره ای همراه با رفع فشار از نخاع، بستر مناسبی را برای بهبود عملکرد نخاع فراهم می کند، از پیشرفت آسیب جلوگیری می نماید و به حفظ پایداری بلندمدت ستون فقرات پس از جراحی کمک شایانی می کند (۲).

آسیب های گردنی

شکستگی ها یا دررفتگی های مهره های گردنی معمولاً نیازمند نیروی زیادی هستند، زیرا عضلات اطراف این ناحیه تا حدی در هنگام تروما نقش محافظتی دارند. رایج ترین علت نیاز به تثبیت مهره های گردنی، شکستگی های ناپایدار بدنه مهره است (۱).

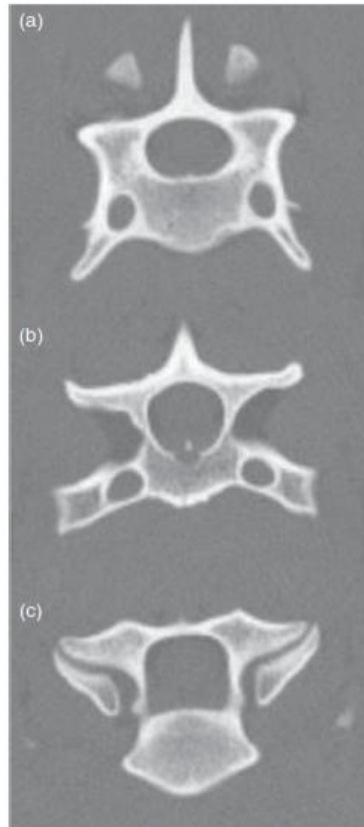
بخش پشتی آنولوس دیسک و بخش پشتی بدنه مهره ها می شود. در نهایت، کمپارتمان شکمی شامل سایر قسمت های بدنه مهره، نوکلئوس پولپوزوس، بخش باقی مانده آنولوس و لیگامان طولی شکمی است. این تقسیم بندی به ارزیابی میزان بی ثباتی آسیب و انتخاب روش درمانی مناسب کمک زیادی می کند. اگر دو یا بیش از دو کمپارتمان ستون فقرات آسیب دیده باشند، ضایعه به

در برخی موارد لازم است برای درمان فشار وارد شده توسط همتوم ها، بیرون زدگی های دیسک ناشی از ضربه، یا قطعات جابه جاشده استخوانی به کانال نخاعی دسترسی پیدا کرد. نوع روش جراحی بستگی به محل فشاری دارد که ایجاد شده است (۱). برای تصمیم گیری درباره نیاز به رفع فشار همزمان با تثبیت مهره ها، تصویربرداری مقطعی با ام آر آی و سی تی اسکن مطمئن ترین راه تشخیص است و به تیم درمان کمک می کند تا دقیق ترین برنامه درمانی را براساس شرایط بیمار انتخاب کنند (۲). برای ستون مهره گردنی، می توان از روش شکاف شکمی (Ventral slot) استفاده کرد، اما این روش میزان محدودی از کانال مهره ای را نمایان می کند. در بعضی موارد ممکن است لازم باشد لمینکتومی پشتی به صورت جداگانه انجام شود، اما این تصمیم باید با احتیاط گرفته شود زیرا مستلزم یک جراحی سنگین و دوم است (۱). برای آسیب های ناحیه سینه ای - کمری، معمولاً در صورتی که فشار در بخش شکمی یا شکمی جانبی قرار داشته باشد، همی لمینکتومی، مینی همی لمینکتومی (با حفظ زواید مفصلی)، یا پدیکولکتومی جزئی (Partial pediclectomy) همراه با تثبیت ستون مهره ها انجام می شود (۱). شکستگی ها و دررفتگی های کمری - خارجی معمولاً از طریق لمینکتومی

ملاحظات آناتومیکی

آناتومی ستون مهره‌های گردنی برای تثبیتی محکم همیشه چالش برانگیز است، چرا که این ناحیه دارای استخوان متراکم محدود بوده و در نزدیکی ساختارهای مهم عصبی-عروقی قرار دارد (تصویر ۲). در سگ‌های بزرگ استفاده از رهیافت پشتی به منظور تثبیت ستون مهره‌های گردنی رواج کمتری دارد. بدنه مهره بیشترین حجم استخوان را برای تثبیت دارد و به آسانی از رهیافت استاندارد شکمی قابل دسترسی است. با این حال، بخش میانی بدنه مهره در بیشتر سگ‌های بزرگ به طور متوسط تنها ۶ تا ۱۲ میلی‌متر ارتفاع دارد. همچنین به دلیل شکل ساعت‌شنی بدنه مهره، بیشترین عمق استخوانی در نزدیکی صفحه انتهایی مهره قرار دارد و کمترین عمق در قسمت میانه آن مشاهده می‌شود (۲). زاویه دیسک‌های بین‌مهره‌ای در جهت مورب از قدامی-پشتی به خلفی-شکمی است؛ بنابراین بیشترین حجم استخوان زمانی به

دست می‌آید که ایمپلنت‌ها موازی با صفحات انتهایی مهره قرار گیرند. با این حال، وجود جناق و محدودیت در دسترسی به بخش انتهایی ستون فقرات گردنی می‌تواند قرارگیری ایمپلنت به صورت موازی با صفحه انتهایی در مهره‌های ششم و هفتم گردنی را دشوار کند. زائده‌های عرضی مکان‌های اضافی قابل استفاده برای تثبیت فراهم می‌سازند، اما استخوان در این ناحیه بسیار نازک بوده و باید مراقب بود که به مجرای عرضی (Transverse foramen) که در مهره‌های اول تا ششم گردنی وجود داشته و شریان مهره‌ای را در خود جای داده، نفوذ نکند. در حالی که برخی از بخش‌های ستون فقرات (مانند ستون فقرات کمری) امکان تثبیت مضاعف با استفاده از پدیکل مهره‌ای را نیز فراهم می‌کنند، استفاده از این روش در ستون مهره‌ای گردنی توصیه نمی‌شود، زیرا عرض پدیکل در این ناحیه محدود بوده و در میان مهره‌های گردنی یکسان نیست، که باعث می‌شود تثبیت با پین یا پیچ بسیار دشوار باشد (تصویر ۲) (۲).



تصویر ۲. تصاویر سی‌تی اسکن محوری در سطوح مختلف مهره پنجم گردنی در یک سگ نژاد بزرگ: (الف) دقیقاً در قسمت خلفی صفحه‌ی انتهایی قدامی مهره پنجم گردنی؛ پدیکل‌ها و ابعاد جسم مهره نسبتاً بزرگ هستند، سوراخ‌های عرضی برجسته‌اند. (ب) وسط جسم مهره؛ ابعاد پدیکل‌ها بسیار کوچک شده‌اند و عمق جسم مهره به طور قابل توجهی کاهش یافته است. (ج) دقیقاً در قسمت قدامی صفحه انتهایی خلفی مهره پنجم گردنی؛ جسم مهره دوباره بزرگ‌تر می‌شود و استخوان بیشتری برای جای‌گذاری ایمپلنت فراهم می‌کند. با این حال، ابعاد پدیکل‌ها هنوز کوچک هستند (۲).

انتخاب ایمپلنت

استفاده از پین‌های صاف یا پین‌های سر رزوه پروفایل مثبت (Positive-profile threaded pins) به صورت دوکورتکسی (Bicortical) مدت‌ها به عنوان روش استاندارد برای تثبیت مهره‌های گردنی شناخته می‌شد. با این حال، در این روش خطر آسیب به ساختارهای عصبی و عروقی زیاد است، زیرا حتی پین‌هایی که در زوایای مجاز (۳۰ تا ۴۰ درجه) و لندمارک‌های توصیه‌شده (میدلاین شکمی) وارد می‌شوند، ممکن است به کانال مهره‌ای، سوراخ عرضی یا سوراخ بین‌مهره‌ای آسیب بزنند (۱، ۲، ۵-۷). به همین دلیل استفاده از ایمپلنت‌های دوکورتکسی در مهره‌های گردنی دیگر توصیه نمی‌شود. با وجود کمتر بودن میزان درگیری استخوان و نگرانی درباره مقاومت ایمپلنت، تثبیت با پیچ‌های تک‌کورتکسی در مقایسه با پین‌های دوکورتکسی نتایج مطلوب‌تری داشته و از بروز آسیب‌های جدی ایاتروژنیک جلوگیری می‌کند (۱، ۲، ۷، ۸). تثبیت با پیچ‌های تک‌کورتکسی امروزه به عنوان تکنیک استاندارد شناخته شده است و در نشریات علمی اخیر به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (۲، ۹-۱۳). پیچ‌های تک‌کورتکسی همراه با پلی‌متیل متاکریلات بیشترین آزادی عمل را در انتخاب موقعیت پیچ ارائه می‌دهند. با این حال، حجم زیاد سیمان ممکن است با بافت‌های نرم مجاور تداخل ایجاد کرده و همچنین فرآیند خارج‌سازی ایمپلنت را طولانی‌تر نماید. استفاده از تثبیت با پلیت در این روش مزایای مهمی از جمله حذف حجم زیاد ایمپلنت‌ها، بهبود فرآیند بسته شدن بافت نرم و سهولت در خارج‌سازی ایمپلنت در صورت نیاز را دارد. بسته به میزان راحتی جراح با تکنیک موردنظر و موجودی ابزارها، از پلیت‌های قفل‌شونده همراه با پیچ‌های تک‌کورتکسی برای تثبیت ناحیه شکمی بدنه مهره استفاده می‌شود. پلیت‌های قفل‌شونده چندمحوری (Polyaxial locking plates) در مقایسه با پلیت‌های قفل‌شونده با زاویه ثابت، امکان قرارگیری پیچ در طیف مشخصی از زاویه‌های مختلف را فراهم می‌کنند که انعطاف‌پذیری بیشتری در تثبیت پیچ ایجاد می‌کند. پلیت‌های غیرقفل‌شونده مرسوم به دلیل نیاز به شکل‌دهی دقیق برای ایجاد تماس مناسب بین پلیت و استخوان و ایجاد اصطکاک نباید مورد استفاده قرار گیرند (۱، ۲).

در حال حاضر بیشتر پلیت‌های مورد استفاده در دامپزشکی از جنس استنلس استیل ساخته شده‌اند، که استفاده از تصویربرداری ام‌آر‌آی پس از جراحی را غیرممکن می‌سازد. ایمپلنت‌های تیتانیومی به میزان قابل توجهی باعث کاهش ایجاد آرتیفکت در ام‌آر‌آی شده و به عنوان فلز ترجیحی در ابزارهای جراحی مهره، صرف‌نظر از اینکه این ابزارها پیچ‌های آلایژ تیتانیوم همراه با پلی‌متیل متاکریلات باشند یا سیستم‌های پلیت، شناخته می‌شوند (۲، ۱۴).

آماده‌سازی بیمار و دسترسی به ستون فقرات

گردنی

حالت گماری دقیق سگ بیهوش شده به پشت و قرار دادن ستون مهره گردنی در حالت نسبتاً کشیده، به تطابق و جاناندازی برخی شکستگی‌ها/دررفتگی‌ها کمک می‌کند (۱). سگ در وضعیت خوابیده به پشت قرار گرفته و دست‌ها به سمت عقب بسته می‌شوند (تصویر ۳). ستون مهره‌های گردنی با استفاده از حوله و کیسه‌های بین (Bean bag) حمایت شده تا ستون فقرات در حالت افقی و موقعیت طبیعی قرار گیرد (۱، ۲). لندمارک‌های استخوانی برای رهیافت شکمی شامل بال‌های مهره اول، افزایش فاصله بین زواید شکمی مهره‌های دوم و سوم گردنی نسبت به مهره‌های دیگر، زواید عرضی برجسته مهره ششم و اولین جفت دنده‌ها هستند (۱). به دسترسی به ستون مهره‌های گردنی از طریق روش استاندارد میدلاین شکمی یا پارامدین راست صورت می‌گیرد. در روش پارامدین به منظور بهبود دسترسی به انتهای ستون فقرات گردنی می‌توان عضله استرونوسفالیوکوس راست را تا حدی از محل اتصالش به استخوان جناغ جدا کرد. در برخی موارد، جداکردن استخوان منوبریوم جناغی از هم نیز ضرورت پیدا می‌کند (۱، ۲، ۱۵).

جاناندازی

به چند روش می‌توان مهره‌های گردنی ناپایدار را جانانداخت. فورسپس‌های جاناندازی نوک‌تیز را می‌توان با احتیاط در اطراف قسمت میانی بدنه مهره قرار داد تا آن را جابجا کرد. پیچ‌ها یا پین‌های سررزوه‌دار کوچک با پروفایل مثبت نیز در صورتی که در ناحیه‌ای قرار داده شوند که استحکام استخوان را برای تثبیت جراحی به خطر نیندازند، می‌توانند برای جاناندازی استخوان استفاده شوند. همچنین، در

کوچک و گربه‌ها از پیچ‌های ۲ یا ۲/۷ میلی‌متری استفاده می‌شود (۱). با این حال، استفاده از پیچ‌های کنسلوس توصیه نمی‌شود، زیرا این پیچ‌ها به دلیل داشتن قطر مرکزی کوچک‌تر و سختی کمتر، برای این نوع تثبیت مناسب نیستند. در این موارد، پیچ‌های نان‌سلف-تپ (Nonselftapping screw) می‌توانند گزینه مناسبی باشند، زیرا سطح بزرگ‌تری از رزوه‌ها در قسمت نوک پیچ دارند و به خوبی می‌توانند به استخوان محدود موجود درگیر شوند. از سوی دیگر، پیچ‌های سلف-تپ ممکن است به‌طور ناخواسته از کورتکس عبور کرده و وارد کانال مهره‌ای شوند، زیرا استخوان کورتیکال مجاور کانال مهره‌ای معمولاً نازک‌تر است و خطر آسیب ایاتروژنیک به نخاع وجود دارد (۲).



تصویر ۳. عکس مربوط به پوزیشن سگ برای انجام دیسترکشن و تثبیت ناحیه گردنی.

ضروری است. عمق سوراخ توسط دیس گیج اندازه‌گیری شده و برای انتخاب طول پیچ مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طول اندازه‌گیری شده معمولاً ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر اضافه می‌شود تا پیچ‌ها بتوانند به خوبی داخل پلی‌متیل متاکریلات قرار گرفته و تثبیت مناسبی ایجاد کنند. سپس پیچ‌ها با دقت قرار داده شده و به آرامی بسته می‌شوند تا زمانی که افزایش مقاومت نشان‌دهنده تماس نوک پیچ با کورتکس مقابل باشد (تصویر ۴). اگر از پیچ‌های سلف-تپ استفاده شود، پس از ایجاد سوراخ با مته، بدون نیاز به تپینگ پیچ‌ها قرار داده می‌شوند. باید دقت شود که پیچ به محض رسیدن به کورتکس مقابل یا عمق اندازه‌گیری شده متوقف شود، زیرا پیچ‌های سلف-تپ خطر بیشتری برای نفوذ به کانال مهره‌ای دارند (۲).

پیش از استفاده از پلی‌متیل متاکریلات، برداشت بخشی از عضله لانگوس کولی کارگذاری سیمان را راحت‌تر می‌کند. اگر چند مهره درگیر تثبیت شوند، می‌توان از سیم‌های

سگ‌های نژاد کوچک گاهی فقط با استفاده از پنس دستی می‌توان جاناندازی را انجام داد (۱).

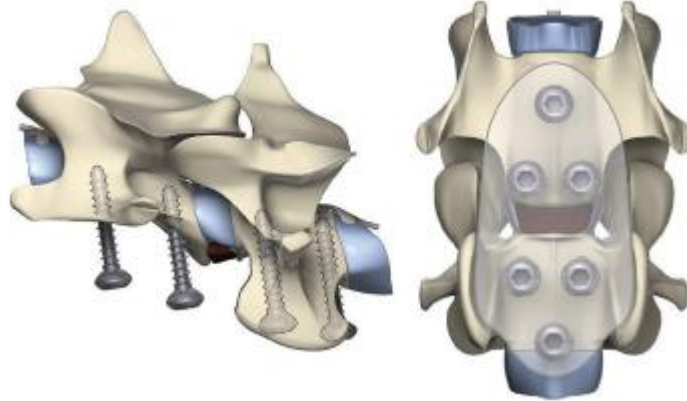
تکنیک جراحی

تثبیت با پیچ تک‌کورتکس و پلی‌متیل متاکریلات

سطح شکمی بدنه مهره‌ها برای جایگذاری پیچ‌های تک-کورتکس همراه با پلی‌متیل متاکریلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که استخوان نزدیک به صفحات انتهایی مهره‌ها بزرگترین ابعاد را دارد، محل قرارگیری پیچ باید تا حد امکان در قسمت قدامی یا خلفی بدنه مهره باشد. باید دقت شود که صفحه انتهایی مهره سوراخ نشود و پیچ موازی با فضای دیسک که به سمت خلفی شکمی/قدامی پشتی زاویه‌دار است، وارد شود. معمولاً برای سگ‌های متوسط تا بزرگ از پیچ‌های کورتیکال ۳/۵ میلی‌متری و برای سگ‌های

در موارد دررفتگی مهره گردنی معمولاً تثبیت مهره‌های مجاور کافی است، اما در شکستگی مهره گردنی گاهی لازم است تثبیت از روی مهره آسیب‌دیده عبور کند (۱). برای هر پیچ به قطر ۳/۵ میلی‌متری، ابتدا سوراخی با استفاده از مته ۲/۵ میلی‌متری ایجاد می‌شود. جهت مته باید موازی با صفحات انتهایی مهره‌ای، از عقب به جلو و از پایین به بالا باشد تا بیشترین عمق استخوان درگیر شود. جهت و زاویه مناسب صفحات انتهایی را می‌توان پیش از عمل در نمای رادیوگرافی جانبی بیمار مشخص کرد. برای پیشگیری از عبور بیش از حد مته و سوراخ کردن کورتکس مقابل، می‌توان از ابزارهایی مانند دریل‌استاپ (Drill stop) استفاده کرد. پس از ایجاد سوراخ، با دیس گیج (Depth gauge) یا پروب کوچک یکپارچگی کورتکس اطراف سوراخ با دقت بررسی می‌شود. این مرحله بسیار حیاتی است، زیرا اطمینان از سالم بودن کورتکس اطراف سوراخ قبل از مرحله تپینگ (Tapping) و قرار دادن پیچ‌ها

ضخامت این پوشش باید حدود ۱ تا ۱/۵ سانتی متر باشد. بیشتر از این سطح، به ویژه بالاتر از سطح عضله لانگوس کولی توصیه نمی‌شود، زیرا سیمان بیرون زده می‌تواند به مری یا نای فشار وارد کند و منجر به اختلال بلع یا علائم تنفسی گردد (۱).



تصویر ۴. استفاده ساختار پیچ تک‌کورتکس و پلی متیل متاکریلات در تثبیت مهره‌های گردنی. پیچ‌ها به موازات جهت صفحه انتهایی مهره قرار می‌گیرند تا از تداخل با فضای دیسک جلوگیری شود (۲).

قفل‌شونده امکان استفاده از پیچ‌های تک‌کورتکسی را فراهم می‌کنند، چرا که تثبیت سفت و محکم وابسته به اصطکاک بین ایمپلنت و استخوان نیست. این ویژگی به‌طور قابل توجهی خطر آسیب به نخاع، ریشه‌های عصبی و عروق توسط ایمپلنت‌های دوکورتکسی را کاهش می‌دهد (۲).

چالش‌های تکنیکی در استفاده از پلیت‌های قفل‌شونده عمدتاً ناشی از موقعیت از پیش تعیین‌شده سوراخ‌های پیچ در پلیت و زاویه ثابت مسیر پیچ‌ها است. ابعاد بیشتر پلیت‌ها امکان قرار دادن دو پیچ متوالی در هر بدنه مهره‌ای را فراهم می‌کند، اما باید مراقب بود که فضای مایل دیسک بین مهره‌ای به‌طور تصادفی آسیب نبیند (شکل ۵). فرآیند دریل کردن تک‌کورتکسی و تپ کردن دقیق (مگر اینکه از پیچ‌های سلف-تپ استفاده شود) مشابه فرآیند قرار دادن پیچ‌های معمولی است. طول پیچ باید قبل از تپ کردن و از طریق سوراخ‌های پلیت قفل‌شونده اندازه‌گیری شود. از آنجایی که بیشتر این پلیت‌ها روی استخوان قرار می‌گیرند و پیچ‌ها قبل از رسیدن به استخوان از یک فضای خالی عبور می‌کنند، این نکته باید در نظر گرفته شود. پلیت باید با فشار انگشت تا جای ممکن به استخوان نزدیک نگه داشته شود و در طول کار در موقعیت درست ثابت بماند. قرار دادن اولین پیچ بسیار مهم است، زیرا پس از قفل شدن، مسیر و زاویه قرارگیری سایر پیچ‌ها را تعیین می‌کند؛ به همین دلیل دقت در جای‌گذاری اولیه ضروری است (۲). دو سیستم

کریشنر برای تقویت پلی‌متیل متاکریلات با خم کردن آنها به دور پیچ یا اتصال آن‌ها با سیم سیرکلاژ با قطر کوچک استفاده کرد. در مواردی که دو مهره تثبیت می‌شوند، ۲۰ گرم پلی‌متیل متاکریلات معمولاً برای ایجاد پوشش سیمانی یکنواخت اطراف سر و بخش ابتدایی پیچ‌ها کافی است.

پلیت‌های بدنه مهره

مهم‌ترین مزیت استفاده از پلیت برای تثبیت ستون مهره، کاهش ضخامت ایمپلنت و سهولت بستن محل جراحی پس از کارگذاری سازه است. با این حال، استفاده از پلیت‌های معمولی و مرسوم در ستون مهره گردنی دشوار است. پایداری ایمپلنت در این پلیت‌ها وابسته به سطح تماس و اصطکاک میان پلیت و استخوان است؛ این اصطکاک توسط کشش پیچ روی پلیت به درستی شکل داده شده و تماس عالی با استخوان ایجاد می‌شود. به دلیل آناتومی پیچیده مهره‌ها، شکل‌دهی مناسب پلیت و همچنین تماس مناسب آن با استخوان دشوار است. علاوه بر این، در پلیت‌های معمولی برای جلوگیری از شل شدن زود هنگام پیچ‌ها بهتر است که پیچ هر دو کورتکس را درگیر کند که این موضوع با توجه به ریسک بالای آسیب با پیچ‌های دوکورتکسی چالش‌برانگیز است (۱).

توسعه پلیت‌های قفل‌شونده راه‌حلی برای استفاده از پیچ‌های تک‌کورتکسی در پلیت‌های معمولی که بر اصطکاک تکیه دارند، ارائه کرده است (۹، ۱۶). پلیت‌های قفل‌شونده در مقایسه با پلیت‌های مرسوم چندین مزیت مهم دارند. نخست، به دلیل قفل شدن پیچ‌ها، پلیت‌ها نیازی به انطباق کامل با سطح ناهموار بدنه‌های مهره‌ای شکمی ندارند، بلکه می‌توانند با فاصله‌ای چند میلی‌متری از سطح استخوان قرار بگیرند. مزیت دوم این است که پلیت‌های

شدن اولین پیچ و اتصال کامل پلیت به استخوان، تغییر مسیر پیچ‌های بعدی دشوار خواهد شد. بنابراین برنامه‌ریزی دقیق، موقعیت‌دهی صحیح و جایگذاری دقیق پیچ‌ها فوق‌العاده اهمیت دارند تا از قرار دادن پلیت قفل‌شونده در محل نامناسب جلوگیری شود (۱).

رایج پلیت‌های قفل‌شونده برای تثبیت ستون مهره در دامپزشکی (String of Pearls (SOP) و Locking Compression Plate (LCP) هستند. هر دو نوع پلیت دارای مسیر پیچ ثابت هستند بدین معنا که پیچ‌ها عمود بر پلیت قرار می‌گیرند. این موضوع می‌تواند هنگام کار با این نوع ایمپلنت‌ها چالش فنی ایجاد کند، زیرا به محض قفل



تصویر ۵. تصویری از یک پلاک ۳/۵ قفل‌شونده که روی اجسام مهره‌ای پنجم و ششم گردنی قرار داده شده است. به دلیل مکانیزم قفل‌شونده، نیازی به شکل‌دهی پلاک وجود ندارد و می‌تواند به صورت برجسته روی استخوان قرار گیرد. پیچ‌ها به صورت تک‌کورتکسی در اجسام مهره‌ای قرار داده می‌شوند (۲). دریل و جلوگیری از درگیری نامناسب رزوه‌ها لازم است.

پلیت‌های SOP

هسته پیچ‌های مخصوص LCP بزرگ‌تر از پیچ‌های کورتیکال معمولی بوده و سلف‌تپ هستند. بنابراین، استفاده از مته با قطر مناسب و متناسب با اندازه پلیت ضروری است (تصویر ۵) (۱، ۲).

به دلیل هسته گرد خود، پلیت SOP قابلیت شکل‌گرفتن در هر جهت را دارد و همین مسئله آن را به یک ایمپلنت همه‌کاره تبدیل می‌کند. با این حال، با هر بار شکل دادن، مسیر پیچ‌ها به‌ویژه در انتهای پلیت تغییر می‌کند. با پلیت SOP می‌توان چندین بدنه مهره را تثبیت کرد و حتی می‌توان دو پلیت SOP را کنار هم قرار داد تا آزادی عمل بیشتری برای جایگذاری پیچ‌ها و تقویت ساختار تثبیت فراهم شود (تصویر ۶) (۱).

پلیت‌های LCP

پلیت‌های قفل‌شونده چندمحوری (پلی‌آکسیال)
پلیت‌های قفل‌شونده چندمحوری (پلی‌آکسیال) نسبت به پلیت‌های قفل‌شونده با زاویه ثابت این مزیت را دارند که پیچ‌ها می‌توانند با زاویه‌ای تا ۱۵ درجه (بسته به نوع ایمپلنت) قرار داده شوند. این ویژگی انعطاف بیشتری در جای‌گذاری پیچ‌ها ایجاد می‌کند، اما نمی‌تواند به‌طور کامل مشکل قرار گرفتن نامناسب سوراخ‌های پیچ روی ساختارهای پیچیده استخوانی را رفع کند. بنابراین صرف‌نظر از نوع پلیت، برنامه‌ریزی دقیق قبل از جراحی با کمک تصویربرداری دقیق و اجرای بی‌نقص در طول عمل ضروری است (۲).

پلیت LCP دارای سوراخ‌های هیبریدی است که امکان جایگذاری پیچ‌های کورتیکال معمولی و پیچ‌های قفل‌شونده را فراهم می‌کند. با این حال، برای استفاده در امتداد ستون مهره، فقط باید از پیچ‌های قفل‌شونده بهره برد. بخش قفل‌شونده سوراخ‌های LCP رزوه‌دار هستند که سر رزوه‌دار پیچ‌های قفل‌شونده در آن‌ها قفل می‌شود. گایدهای دریل رزوه‌دار اختصاصی برای اطمینان از موقعیت صحیح سوراخ



تصویر ۶. تصاویر استفاده از دو پلیت String of Pearls (SOP) برای تثبیت ستون فقرات گردنی (۲).

پایدارتر است) و ستون مهره‌ای کمری (که انعطاف‌پذیرتر است) محسوب می‌شود و به همین دلیل فشار بیشتری به طور طبیعی روی این ناحیه وارد می‌شود. شکستگی یا دررفتگی مهره‌های سینه‌ای قدامی به دلیل پایداری ذاتی و حفاظت ناشی از عضلات اندام‌های قدامی و قفسه سینه، نادر است. بازوی اهرمی طبیعی ستون کمری در مقابل ستون سینه‌ای کم‌تحرك، موجب ایجاد نقطه تمرکز فشار در محل اتصال سینه‌ای-کمری می‌شود (۱، ۲).

ملاحظات آناتومیکی

ساختار آناتومیک ناحیه سینه‌ای-کمری ستون مهره‌ها در بیماران مختلف متفاوت است و همین موضوع، هنگام تثبیت این ناحیه چالش‌هایی ایجاد می‌کند. زوایای مفصلی در مهره‌های سینه‌ای قدامی کمتر متمایز هستند و مفصل شدن سر دنده‌ها، بخشی از لامینا را می‌پوشاند و دسترسی به تنه مهره را سخت‌تر می‌کند. برای حل این مشکلات، می‌توان سر دنده را تراشید، دنده را جدا کرد و یا از سر دنده‌ها و سطوح مفصلی با استفاده از سیم سرکلاژ برای کمک به قرار دادن برخی ابزارهای تثبیت‌کننده در پشت ستون مهره‌ای استفاده کرد. البته باید مراقب خطرات جراحی مانند سوراخ شدن پرده جنب یا آسیب به رگ‌های اصلی خونی هنگام سوراخ کردن استخوان بود (۲). مهره‌های کمری دارای زوایای مفصلی، عرضی و فرعی کاملاً متمایزی هستند که به‌عنوان نقاط راهنما برای قرار دادن ایمپلنت مفید خواهند بود (۱).

سایر تکنیک‌ها

به‌عنوان یک گزینه جایگزین یا مکمل برای تثبیت بدنه‌های مهره‌ای با روش پیچ تک‌کورتکسی / پلی‌متیل متاکریلات، می‌توان از پیچ‌های دوکورتکسی در ناحیه زائده‌های عرضی ستون فقرات گردنی استفاده کرد (شکل ۷). در سگ‌های نژاد متوسط تا بزرگ، پیچ‌های کورتیکال ۳/۵ میلی‌متری به صورت دوطرفه به گونه‌ای قرار می‌گیرند که عمود بر سطح شکمی باشند و در مرکز هر زائده عرضی جای بگیرند. طول پیچ‌ها باید به اندازه‌ای باشد که هم به‌طور کامل از هر دو کورتکس عبور کنند و هم ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر از سطح شکمی بیرون بزنند تا امکان قرار دادن آن‌ها در پلی‌متیل متاکریلات فراهم شود. برای جلوگیری از آسیب به سوراخ عرضی و شریان مهره‌ای، باید دقت شود که پیچ‌ها در نزدیکی پایه زائده عرضی کار گذاشته نشوند (۲). همچنین، تقویت تثبیت پیچ‌ها با استفاده از یک پین خمیده و سیم سرکلاژ نیز پیشنهاد شده و از لحاظ بیومکانیکی بررسی و تأیید شده است (۲، ۶). در نهایت، برای تثبیت بیشتر ۲۰ گرم پلی‌متیل متاکریلات در اطراف پیچ‌ها و میله تقویتی قرار داده می‌شود (۲).

آسیب‌های سینه‌ای-کمری

ترومای ستون مهره‌ها بیشتر در ناحیه سینه‌ای-کمری رخ می‌دهد و بیشترین شیوع آسیب در محل اتصال مهره‌های سینه‌ای و کمری دیده می‌شود. علت این امر این است که این قسمت، محل اتصال بین ستون مهره‌ای سینه‌ای (که



تصویر ۷. تصویری از روش تثبیت با کارگذاری پیچ در زوائد عرضی به صورت دوکورتکسی همراه با پلی متیل متاکریلات و پین تقویتی (۷). پین اشتاینمن شکل داده شده با استفاده از سیم سرکلاژ به پیچها متصل شده و سپس اطراف پیچها و پین ماده پلی متیل متاکریلات قرار داده می شود.

خط عمودی) در مهره های کمری بیشترین تماس بین پیچ و استخوان را ایجاد می کند، اما رسیدن به این زاویه با تکنیک جراحی باز به دلیل مزاحمت بافت های نرم دشوار است. به همین دلیل، در عمل معمولاً زاویه ورود پیچها برای تطبیق با وضعیت عضلات به ۳۰ تا ۴۵ درجه کاهش پیدا می کند، بدون اینکه درگیری استخوانی به طور قابل توجهی کاهش یابد (۱).

زاویه های مناسب برای قرار دادن ایمپلنتها بسته به اینکه کدام قسمت ستون مهره ای آسیب دیده، متفاوت است (این زوایا در جدول ۱ آورده شده اند). توصیه می شود که با استفاده از تصاویر تخصصی مانند سی تی اسکن، بهترین زاویه و عمق لازم برای قرار دادن ایمپلنتها قبل از جراحی اندازه گیری و تعیین شود (۲، ۳). اگرچه بر اساس مطالعات تصویربرداری، زاویه ورود بیشتر (حدود ۶۰ درجه نسبت به

جدول ۱. زوایا و لندمارک های توصیه شده برای قرار دادن ایمپلنت های ستون فقرات (۲). محدوده داخل پرانتز برگرفته از منبع (۳)

لندمارک	زاویه ورود از محور عمود	محل
توبرکل دنده و قاعده زائده فرعی	۲۲ (۲۰-۲۵) درجه	مهره دهم سینه ای
توبرکل دنده و قاعده زائده فرعی	۲۸ (۲۵-۳۵) درجه	مهره یازدهم سینه ای
توبرکل دنده و قاعده زائده فرعی	۳۰/۵ (۲۵-۳۵) درجه	مهره دوازدهم سینه ای
توبرکل دنده و قاعده زائده فرعی	۴۴/۵ (۴۰-۴۵) درجه	مهره سیزدهم سینه ای
محل اتصال بین پدیکل و زائده عرضی	۶۰ (۵۵-۶۵) درجه	مهره اول-ششم کمری
قسمت خلفی قائده زائده مفصلی قدامی	۲۰ (۰-۲۰) درجه	مهره هفتم کمری

شوند و زوائد عرضی مهره ها و یا سر دنده ها دیده شوند. برای این که قسمت پشتی ستون مهره ای حداکثر پایداری را داشته باشد، بهتر است رباط بین مهره ای پشتی دست نخورده باقی بماند، مگر اینکه نیاز به برداشتن آن باشد. هنگام جراحی از مسیر پشتی، بسیار مهم است که مراقب وجود قطعات شکسته استخوان ناشی از تروما و نخاعی که در معرض دید قرار گرفته است، بود (۲).

حالت گماری و رهیافت جراحی

برای رهیافت استاندارد پشتی ستون فقرات، معمولاً بیمار را روی شکم (حالت جناغی) می خوابانند. برای اینکه بدن بیمار در وضعیت مناسب و ثابت باقی بماند و بتوان ایمپلنتها را با زاویه های درست قرار داد، از چسب، کیسه های شنی یا کیسه های بین استفاده می شود. در تثبیت های دوطرفه باید عضلات دو طرف کمر کنار زده

جاندازی

سربه‌سر کردن شکستگی مهره‌ها باید بادقت و توجه زیادی انجام شود. این روش معمولاً در آسیب‌های حاد اهمیت دارد، اما در موارد آسیب‌های مزمن ممکن است امکان‌پذیر نباشد و در جابجایی‌های جزئی هم همیشه ضروری نیست. در بیشتر موارد، بخش آسیب‌دیده به‌طور معمول به سمت جلو (قدامی) و پایین (شکمی) جابه‌جا می‌شود. بسته به ابعاد بیمار و میزان بی‌ثباتی مهره‌ها، می‌توان از روش‌های مختلفی برای بازگرداندن شکستگی به حالت طبیعی استفاده کرد. گاهی اوقات تغییر وضعیت بیمار به تنهایی می‌تواند باعث جافتادن قطعات آسیب‌دیده شود. ابزارهایی همچون فورسپس استخوانی نوک‌تیز یا پنس شان‌گیر که روی زائده‌های خاری مهره‌ها قرار می‌گیرند، می‌توانند باعث جانداختن قطعات شوند. همچنین تکنیک‌هایی مثل قرار دادن پیچ‌ها در موقعیت‌های خاص روی مهره‌ها و استفاده از حلقه‌های نخ نایلون ضخیم با فشار و کشش کنترل‌شده نیز مفید هستند. پس از سربه‌سر کردن شکستگی و یا جابجایی، از سیم‌های کریشنر برای تثبیت و حفظ مهره‌ها استفاده می‌شود. بستن عضلات اپاکسیال ممکن است چالش برانگیز باشد، اما بخیه‌های تشکی یا ضربدری که میان زائده‌های خاری اعمال می‌شوند، معمولاً برای هماهنگی و تثبیت لایه‌های عضلانی کافی هستند. در پایان، بستن لایه‌های زیرجلدی و پوست به‌صورت استاندارد باید انجام شود (۲).

انتخاب ایمپلنت

تکنیک‌های متنوعی برای تثبیت آسیب‌های ستون فقرات پشتی-کمری وجود دارد. این تکنیک‌ها شامل پین و پلی‌متیل متاکریلات، پلیت‌های قفل‌شونده، تثبیت اسکلتی خارجی، تثبیت قطعه‌ای اصلاح‌شده و پلاک‌گذاری زائده خاری می‌باشد (۱، ۲).

تثبیت با پین دو کورتکس و پلی‌متیل متاکریلات

استفاده از پلی‌متیل متاکریلات این مزیت را دارد که می‌توان ایمپلنت‌ها را با زاویه‌هایی متنوع و متناسب با محل جراحی قرار داد. این نکته در بخش‌هایی از ستون مهره‌ای که آناتومی پیچیده‌ای دارند یا زاویه مناسب قرار دادن پیچ به راحتی به دست نمی‌آید، بسیار کمک‌کننده است. برخلاف پلیت‌ها که انعطاف‌پذیری کمتری دارند، پلی‌متیل متاکریلات آزادی عمل بیشتری ایجاد می‌کند (۲).

ساختارهای مبتنی بر پیچ، پیچ‌های کورتیکال نسبت به پیچ‌های کنسلوس (اسفنجی) ترجیح داده می‌شوند، زیرا هسته بزرگ‌تر و سختی بالاتری دارند. در سازه‌های پلی-متیل متاکریلات، معمولاً پین‌های سرروزه با پروفایل مثبت بر پیچ‌های ساده ارجحیت دارند، چون هم محکم‌تر در جای خود باقی می‌مانند و هم به دلیل داشتن هسته قطورتر، سازه را مقاوم‌تر می‌کنند (۲، ۸، ۹). همچنین توصیه می‌شود که پین‌ها به گونه‌ای قرار گیرند که هر دو کورتکس استخوان را بگیرند تا سازه محکم‌تر شود (۲). در سازه‌هایی که از پلی‌متیل متاکریلات و پین‌ها استفاده می‌شود تثبیت دوطرفه ارجح است. در این سازه‌ها ایده‌آل این است که در هر طرف و برای هر مهره، یک پین قرار داده شود.

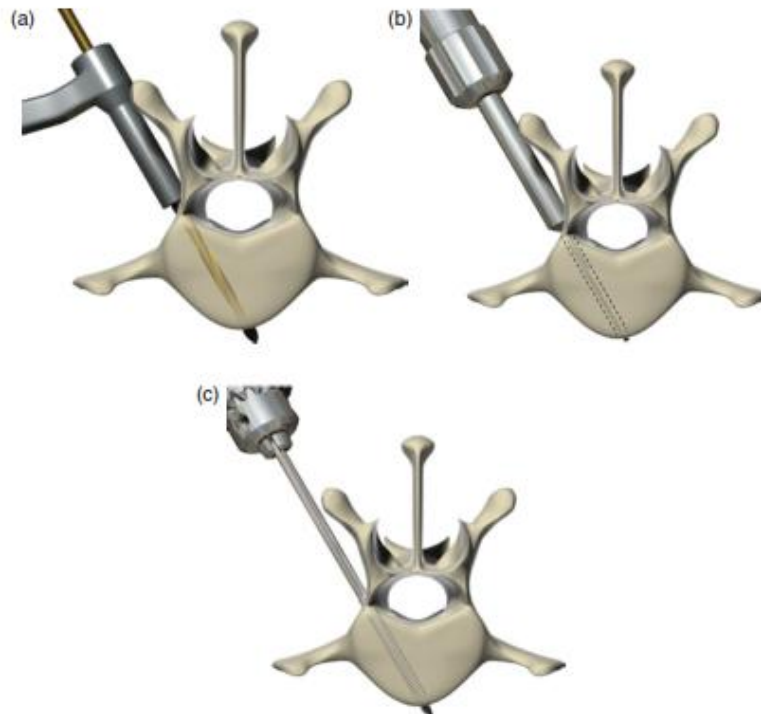
برای قرار دادن پیچ‌های کورتیکال، لازم است که ابتدا محل قرار دادن پیچ‌ها با مته مناسب سوراخ شود (جدول ۲). به منظور پیشگیری از نکرور حرارتی استخوان، توصیه می‌شود دریل کردن با سرعت بالا و پیچ‌گذاری با سرعت پایین صورت گیرد (۲). با توجه به نزدیکی عروق بزرگ در سمت شکمی-جانبی ستون مهره‌های سینه‌ای-کمری می‌توان با دریل استاپ از ورود بیش از اندازه مته جلوگیری کرد (۲، ۱۷، ۱۸). همچنین پیش‌حفاری برای قرار دادن پین‌های سرروزه مثبت نیز اهمیت دارد. پیش‌حفاری با مته‌ای انجام می‌شود که قطر آن کمی کمتر از قطر پین نهایی است و پین باید با سرعت پایین (حدود ۱۵۰ دور در دقیقه) کار گذاشته شود. مطالعات نشان داده‌اند که این عمل، خطر ایجاد ترک‌های ریز در حین قرار دادن پین را کاهش داده و به حذف ذرات استخوانی که در غیر اینصورت می‌تواند در سوراخ ایجاد شده گیر کند و به مرور زمان منجر به ناپایداری ایمپلنت شود، کمک کند. در سگ‌های بزرگ، پس از سوراخ کردن کورتکس اول می‌توان با کریشنر وایر یا پروب صاف مسیر عبور پین در داخل پدیکل مهره را بررسی کرد. طول پین بر اساس اندازه سوراخ تعیین‌شده با دپس گیج مشخص می‌شود و باید مشابه اندازه به‌دست‌آمده از سی‌تی اسکن باشد. دپس گیج همچنین برای لمس دیواره‌های سوراخ و اطمینان از سالم بودن استخوان به‌کار می‌رود. برای جلوگیری از آسیب به بافت‌های نرم در محل خروج پین، باید نوک برنده پین را پیش از کارگذاری در استخوان قطع کرد (شکل ۸). این روش، در صورت انجام با دقت کافی ریسک‌های جراحی را کاهش می‌دهد، از

فضا اجازه این کار را نمی‌دهد (شکل ۹). خم کردن پین می‌تواند باعث شل شدن و آسیب استخوان گردد و باید با احتیاط انجام شود. پین‌ها باید تا حدی کوتاه شوند که ۱۵-۲۰ میلی‌متر از آن بیرون بماند تا در سیمان استخوانی جای داده شود. معمولاً نیازی به ایجاد شیار روی انتهای پین‌های بیرون‌زده وجود ندارد، زیرا پین‌ها معمولاً در زوایای متفاوت وارد می‌شوند و احتمال شل شدن سیمان کم است. بسته به نوع آسیب (دررفتگی یا شکستگی) و میزان ناپایداری، تثبیت ممکن است به یک مهره مجاور از سمت قدام و یک مهره مجاور از سمت خلف (در شکستگی یا دررفتگی ذاتاً پایدار) محدود شود، یا شامل دو مهره در هر طرف از نقطه آسیب (در شکستگی یا دررفتگی ناپایدار) باشد (۱، ۲).

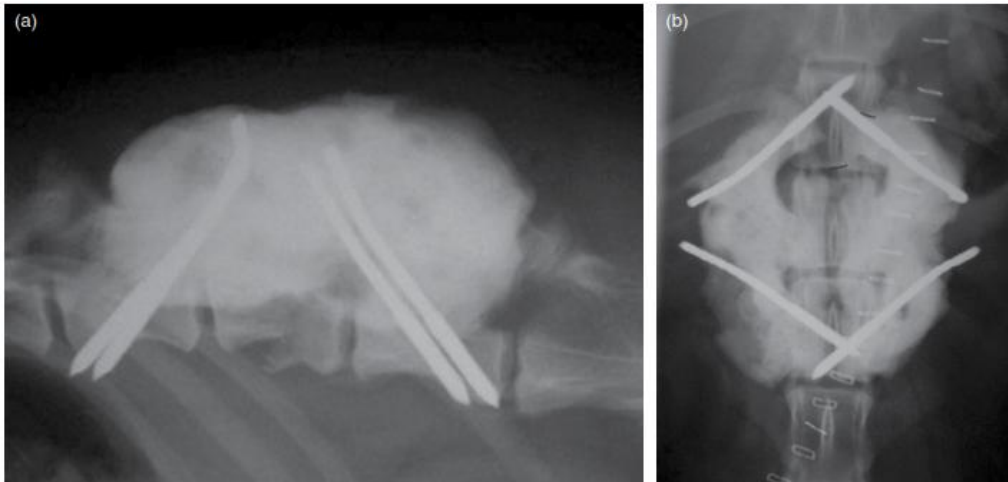
آسیب‌های ناخواسته پیشگیری می‌کند و موجب تثبیت بلندمدت مناسب ایمپلنت خواهد شد (۲). پین‌ها را می‌توان با ماژیک استریل یا ایجاد شیار علامت‌گذاری کرد تا عمق ورود مشخص باشد. جایگذاری پین به آرامی و با سرعت کم و تا عمق از پیش تعیین‌شده انجام می‌شود. کل نوک پین باید تا انتها وارد شود تا رزوه‌های پین کاملاً با کورتکس دوم درگیر شوند. پین‌های دیگر نیز به همین روش کار گذاشته می‌شوند. هر پین زاویه و محل ورود خاص خود را دارد و عمق ورود ممکن است متفاوت باشد. جهت قرارگیری پین‌ها با ید طوری تنظیم شوند که پین‌های قدامی از جهت خلفی به قدامی و پین‌های خلفی از جهت قدامی به خلفی گذاشته می‌شوند تا نیاز به سیمان کمتر شود. خم کردن پین‌ها معمولاً ضروری نیست مگر در موارد خاصی که زاویه ورود نیاز به آن دارد و اغلب

جدول ۲- اندازه‌های پیشنهادی پیچ و پین به همراه اندازه مته مربوطه (۲)

سایز سگ	سایز پیچ کورتیکال	سایز پین	سایز سرمته
کوچک	۲	۵/۶۴	۱/۵
متوسط	۲/۷	۳/۳۲	۲
بزرگ	۳/۵	۱/۸	۲/۷



تصویر ۸. قرار دادن پین با پروفایل مثبت به صورت دو کورتکسی در مهره کمری. (الف) جسم مهره با زاویه و عمق از پیش اندازه‌گیری شده با استفاده از لندمارک‌های آناتومیکی سوراخ می‌شود. باید مراقب بود که مته از کورتکس مقابل عبور نکند. (ب) از دیس گیج برای بررسی سوراخ ایجاد شده استفاده می‌شود تا طول و یکپارچگی آن تعیین شود. (ج) یک پین با پروفایل مثبت با سرعت کم (۱۵۰ دور در دقیقه) قرار داده می‌شود. پین باید تا عمق از پیش تعیین شده، که با تصویربرداری قبل از عمل اندازه‌گیری شده است، پیش برود (۲).



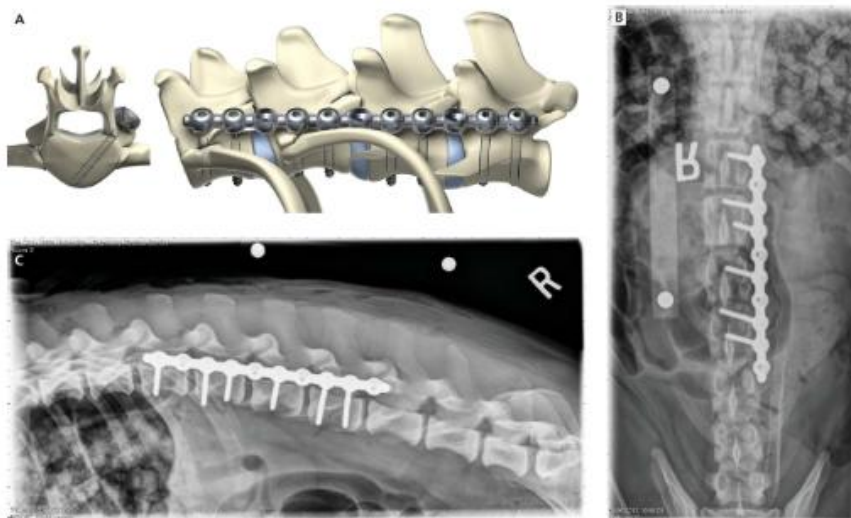
تصویر ۹. رادیوگرافی‌های پس از عمل از سازه پین و پلی‌متیل متاکریلات برای تثبیت شکستگی جسم مهره اول کمری. توجه داشته باشید که پین‌ها به سمت داخل زاویه دارند؛ این در سازه‌های چهار پینی ترجیح داده می‌شود (۲).

تثبیت با پلیت مهره‌ای

پلیت‌های قفل‌شونده مانند پلیت SOP یا LCP که قبلاً توضیح داده شده‌اند نیازی به فرم‌دهی زیاد پلیت جهت ایجاد تماس کامل بین پلیت و استخوان برای اصطکاک ندارند. مکانیزم قفل‌شونده باعث می‌شود این پلیت‌ها نسبتاً به صورت صاف و بدون انحنای زیاد، با فاصله قابل قبول از استخوان در امتداد ستون فقرات قرار بگیرند (شکل ۱۰). زاویه قرار دادن پیچ و مسیر ایمپلنت همانند تثبیت با پین است. به دلیل محل از پیش تعیین‌شده سوراخ‌های پیچ روی پلیت، نوع و اندازه پلیت تعداد پیچ‌های قابل قرارگیری در هر مهره را تعیین می‌کند. اغلب پلیت‌ها روی دو مهره قدامی و دو مهره خلفی نسبت به محل آسیب قرار می‌گیرند تا تعداد پیچ‌های کافی تامین شده و از قرار دادن پیچ در فضای دیسک بین‌مهره‌ای یا نزدیک سوراخ بین‌مهره‌ای جلوگیری شود. تثبیت دوطرفه با پلیت نیز رایج است تا آزادی عمل بیشتری در جایگذاری پیچ‌ها ایجاد کرده و استحکام کل ساختار را افزایش دهد. با اینکه این پلیت‌ها شاید محدودیت‌هایی در زاویه قرار دادن پیچ داشته باشند و آزادی عمل کمتری نسبت به پلی‌متیل متاکریلات فراهم کنند، اما به‌خاطر ضخامت کمترشان، بستن عضلات راحت‌تر انجام می‌شود و اگر نیاز به خارج کردن ایمپلنت باشد، راحت‌تر از پلی‌متیل متاکریلات خواهد بود. همچنین، زمانی که نخاع در معرض دید قرار دارد، استفاده از پلیت‌ها می‌تواند خطر آسیب ناشی از حرارت تولید شده در هنگام سفت شدن پلی‌متیل متاکریلات را کاهش دهد (۲).

تثبیت خارجی اسکلتی

تثبیت خارجی ستون فقرات نسبت به روش‌های داخلی کمتر رایج است، اما مزایای خاص خود را دارد. یکی از مزایای اصلی آن فراهم آوردن محدوده وسیع‌تری از زاویه‌های قرارگیری پین در بدنه مهره‌ها است، چرا که این روش برخلاف تثبیت داخلی به موقعیت دستگاه یا عضلات اطراف محدود نمی‌شود. به علاوه، امکان خارج کردن ایمپلنت‌ها پس از بهبودی کامل بدون نیاز به جراحی ثانویه و سنگین وجود دارد. پین‌های رزوه‌دار مورد استفاده در این روش می‌توانند از طریق جراحی باز یا به روش کم‌تهاجمی با استفاده از فلوروسکوپ و بدون نیاز به برش بزرگ کار گذاشته شوند. مطالعات نشان داده‌اند که کارگذاری بسته پین‌ها سبب بهبود گیرایی پین در استخوان و کاهش آسیب به عروق پاراورتبرال می‌شود. برای تثبیت مناسب پین‌ها به صورت دوطرفه، معمولاً یک پین در هر مهره و در دو مهره قدامی و دو مهره خلفی نسبت به محل آسیب قرار داده می‌شوند. در خارج از بدن، پین‌ها با یک ساختار مستحکم مانند پلی‌متیل متاکریلات یا قوس‌های فیبر کربنی به هم متصل می‌شوند که پایداری لازم را فراهم می‌آورد. با این حال، این روش معایب خاصی نیز دارد. استفاده از تثبیت خارجی نیاز به همکاری کامل صاحب حیوان دارد، چرا که مراقبت روزانه و رعایت اصول ضدعفونی برای تمیز نگه داشتن پین‌ها و دستگاه کاملاً ضروری است (۲). همچنین، دستگاه‌های تثبیت خارجی می‌توانند برخی از جنبه‌های توانبخشی پس از عمل را دشوار کنند و در نتیجه تأثیر منفی بر سرعت و کیفیت بهبودی داشته باشند (۲، ۱۹).



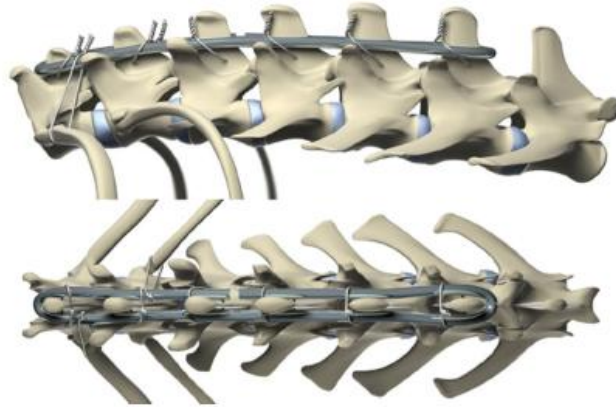
تصویر ۱۰. قرار دادن پلاک String of pearl (SOP) در ستون فقرات کمری-سینه‌ای. برای جلوگیری از قرار دادن پیچ در فضای دیسک بین مهره‌ای، همه سوراخ‌های پلاک با پیچ پر نمی‌شوند. (B, C) تصاویر رادیوگرافی از یک سگ با تثبیت پلاک SOP کمری.

استپلینگ نخاعی/تثبیت قطعه‌ای

(Spinal stapling/segmental fixation)

مته‌ای با اندازه مناسب برای ایجاد سوراخ در قاعده زائده‌های خاری قدامی‌ترین و خلفی‌ترین مهره‌ها استفاده کرد. در این روش، پین‌ها باید از سوراخ‌ها عبور داده شده و در زاویه ۹۰ درجه خم شوند. این تکنیک تنها برای بیماران کوچک و با وزن سبک مناسب است، زیرا در بیماران بزرگ‌تر پین‌هایی با قطر بالاتر ممکن است به درستی در محل خم نشوند. اما در بیشتر بیماران، پین‌ها باید پیش از عمل شکل داده شوند و در موقعیت‌های قدامی و خلفی محل هدف تثبیت قرار گیرند. این پین‌ها باید تا جای ممکن نزدیک به قاعده زائده‌های خاری قرار داده شوند. پس از قرارگیری، انتهای آزاد پین‌ها باید باهم همپوشانی و تراز شوند و روبه‌روی هم قرار گیرند. برای تثبیت نهایی با استفاده از یک مته کوچک سوراخ‌های کوچکی در قاعده هر زائده خاری که در تثبیت گنجانده شده، ایجاد می‌شود. سپس سیم سرکلاژ از میان این سوراخ‌ها عبور داده شده و دور پین‌ها پیچیده می‌شود تا آن‌ها را در جای خود محکم کند. این روش تثبیت باید تا جای ممکن نزدیک به سطح زائده‌های خاری باشد. در صورت نیاز به تثبیت بیشتر سوراخ‌های اضافی می‌توانند در زائده‌های مفصلی ایجاد شوند تا سیم سرکلاژ به هر طرف سازه متصل شود. همچنین، می‌توان سیم سرکلاژ را زیر سر زائده‌ها به صورت حلقه‌ای عبور داده و محکم کرد تا پایداری بیشتری برای سازه فراهم شود (تصویر ۱۱) (۲).

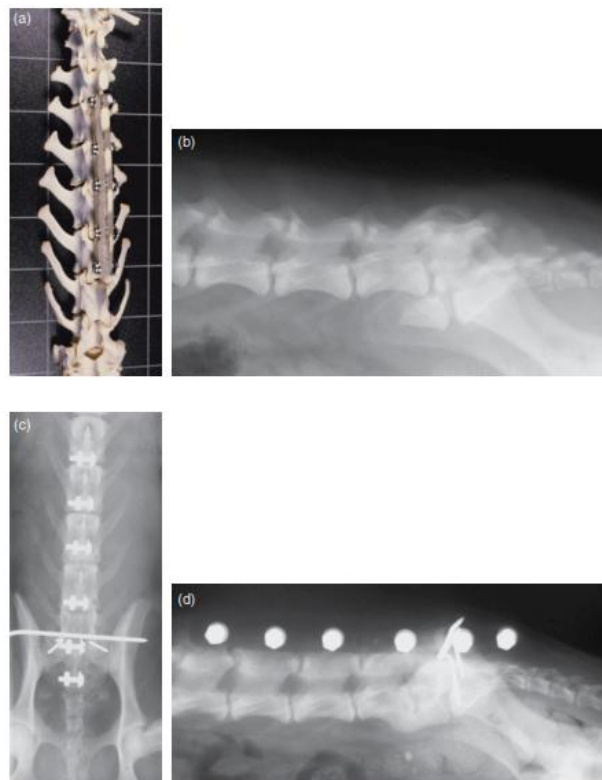
استپلینگ نخاعی (که با عنوان تثبیت قطعه‌ای نخاع نیز شناخته می‌شود) نوعی تثبیت با استحکام کمتر است که می‌تواند در سگ‌های کوچک‌تر برای درمان ضایعات نسبتاً پایدار ستون مهره‌ای که انتظار می‌رود به سرعت ترمیم شوند، در نظر گرفته شود (۲). این روش در مواردی که شکستگی دوطرفه در کمان مهره‌ای یا زائده‌های خاری وجود دارد، مناسب نیست (۲، ۲۰). باید از بزرگترین پین ممکن که قابلیت خم شدن به شکل متناسب با بیمار را دارد، استفاده شود. استفاده از یک پین که طول مورد نیاز برای تثبیت را پوشش دهد، ایده‌آل‌ترین روش برای مقاومت در برابر کشش، به‌ویژه زمانی که ستون فقرات در حالت خمیدگی قرار دارد، به شمار می‌رود. برای تثبیت مؤثر باید دو تا سه مهره قدامی و خلفی از ناحیه آسیب‌دیده تحت پوشش قرار گیرند. معمولاً از دو پین (یکی در هر طرف) استفاده می‌شود. با این حال، در بیماران کوچک‌تر تثبیت یک‌طرفه نیز ممکن است کافی باشد. برای دسترسی رهیافت استاندارد دوطرفه توصیه می‌شود، با این شرط که لیگامان بین‌خاری پشتی تا حد امکان حفظ شود. اگر این لیگامان قطع شود، باید با نخ نایلونی ضخیم به صورت حلقه‌ای و قرقه‌ای (Loop and pulley fashion) مجدداً بخیه زده شود. در بیماران بسیار کوچک می‌توان از



تصویر ۱۱. تصاویر جانبی (الف) و پشتی-شکمی (ب) از مهره‌های ستون فقرات در ناحیه سینه‌ای-کمری. یک پین استاینمن خم شده و شکل داده شده است تا به طور کامل در اطراف قدامی‌ترین و خلفی‌ترین زوائد خاری قرار گیرد. سیم سرکلاژ از طریق پایه زوائد خاری قرار گرفته و به پین استاینمن محکم می‌شود تا آن را در جای خود نگه دارد. سیم سرکلاژ اضافی را می‌توان زیر سر دنده‌ها حلقه کرد تا ثبات بیشتر سازه حفظ شود (۲).

لوبرا محدودیت‌هایی دارند؛ از جمله اینکه برای تثبیت شکستگی‌ها در سگ‌های بزرگ‌تر و عضلانی‌تر پایدار نیستند. همچنین گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهند این پلیت‌ها ممکن است باعث نکروز فشاری در زائده‌های خاری شوند. علاوه بر این برای عملکرد مؤثر نیاز به یک ستون فقرات پشتی سالم و دست‌نخورده وجود دارد. امروزه، پلیت‌های لوبرا عمدتاً با روش‌های نوین و تثبیت پایدارتر جایگزین شده‌اند (تصویر ۱۲) (۲).

پلیت‌های لوبرا (Lubra plates) نوعی پلیت‌های پلاستیکی منحنی و جفت هستند که در دو طرف زائده‌های خاری مهره قرار می‌گیرند و ناحیه مورد نظر برای تثبیت را پوشش می‌دهند. این پلیت‌ها با ایجاد تثبیت پشتی اضافه به تثبیت شکستگی کمک می‌کنند. برای نصب آن‌ها، از پیچ‌های جراحی که بین زائده‌های خاری قرار داده می‌شوند، استفاده می‌شود. این پلیت‌ها می‌توانند در بیمارانی که زائده‌های خاری به اندازه کافی بزرگ دارند، همراه با انعطاف‌پذیری، پایداری ایجاد کنند. با این وجود پلیت‌های



تصویر ۱۲. (الف) تصویر پلیت لوبرا که بر روی مدل ستون فقرات اعمال شده‌اند. (ب) تصویر رادیوگرافی جانبی از شکستگی-دررفتگی مهره هفتم کمری. (ج و د) تصویر رادیوگرافی پشتی-شکمی و جانبی از شکستگی-دررفتگی مهره هفتم کمری (۲).

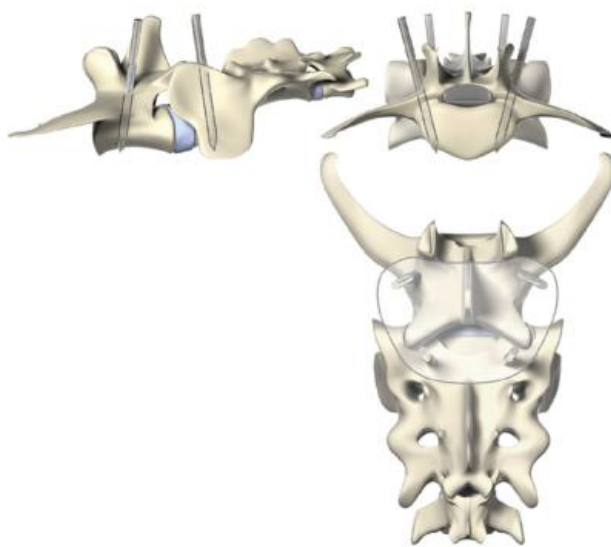
ستون فقرات کمری - خاجی

آسیب‌های ستون فقرات کمری- خاجی معمولاً در اثر خم‌شدگی بیش از حد و ضربات با انرژی بالا رخ می‌دهند. شایع‌ترین صدماتی که بر اتصال کمری- خاجی در سگ‌ها تأثیر می‌گذارد، شامل شکستگی صفحه انتهایی خلفی مهره‌ی هفتم کمری و جابجایی شکمی استخوان خاجی هستند. این آسیب‌ها اغلب ناشی از خم‌شدن بیش از حد شدید و نیروهای فشاری است که معمولاً در نتیجه تصادفات رانندگی مشاهده می‌شوند. از آنجا که این نوع جراحات اغلب همراه با صدمات دیگری مانند تروماهای شکمی، شکستگی‌های لگنی و شکستگی‌های مهره‌های دمی هستند، ارزیابی دقیق آناتومی ناحیه آسیب‌دیده و انجام تصویربرداری جهت تعیین بهترین روش تثبیت و درمان کاملاً ضروری است (۲).

آناتومی

بال‌های ایلیم و مفاصل ساکروایلیاک دسترسی به ستون فقرات در جهات پشتی و پشتی-جانبی را محدود می‌کنند. در این ناحیه زائده‌های مفصلی L7-S1 به دلیل پهنای قابل توجه خود نسبت به سایر مهره‌های کمری، نقش تثبیت‌کننده حیاتی را ایفا می‌کنند. پدیکل مهره هفتم

کمری نسبت به سایر مهره‌های کمری دیگر عریض‌تر بوده و در نتیجه امکان قرارگیری پیچ‌ها را به صورت تقریباً عمودی با درگیری استخوانی عالی فراهم می‌سازد. در مقابل، استخوان خاجی به دلیل شکل پهن و مسطحی که دارد، فضای محدودی برای قرارگیری ایمپلنت‌ها ایجاد می‌کند. زاویه قرار دادن ایمپلنت در این ناحیه باید بین صفر تا ۲۰ درجه از حالت عمودی باشد و از سمت پشتی-جانبی به سوی شکمی-داخلی تنظیم شود. در مهره‌ی هفتم کمری، محل مناسب برای قرار دادن ایمپلنت کمی عقب‌تر از قاعده زائده مفصلی قدامی در نظر گرفته می‌شود. اگر کارگذاری ایمپلنت با زاویه‌ای به سمت داخل (میانی) مدنظر باشد، نقطه‌ی مورد نظر باید کمی به سمت جانبی‌تر و نزدیک به قاعده زائده عرضی مهره هفتم کمری تغییر یابد. برای مهره‌ی خاجی، نقطه مناسب قرارگیری ایمپلنت در یک حفره قرار دارد که کمی عقب‌تر از زائده مفصلی قدامی واقع شده است. در زمان کارگذاری ایمپلنت باید دقت کافی برای جلوگیری از آسیب به کودا اکوئینا و ریشه‌های عصبی خروجی به کار گرفته شود، چرا که آسیب به این ساختارها می‌تواند پیامدهای جدی عصبی به دنبال داشته باشد (تصویر ۱۳) (۲).



تصویر ۱۳. تصویری از تثبیت مفصل کمری- خاجی با استفاده از پین و پلی‌متیل متاکریلات. پین‌های با پروفایل مثبت و به صورت دوکورتکسی در مهره‌های هفتم کمری و اول خاجی قرار داده می‌شوند. این پین‌ها باید با زاویه‌ای بین عمود تا ۲۰ درجه (براساس برنامه‌ریزی پیش از عمل) وارد شوند. نقطه ورود پین در مهره هفتم کمری کمی به سمت پشتی-جانبی از قاعده زائده مفصلی قدامی قرار دارد. نقطه ورود پین در مهره خاجی در حفره‌ی واقع در سمت پشتی-داخلی زائده مفصلی بین مهره‌های هفتم کمری- اول خاجی قرار گرفته است.

از باز شدن بیش از حد مفاصل رانی- لگنی جلوگیری شود. توصیه می‌شود بیمار در سمت قسمت عقب میز جراحی قرار داده شود تا دسترسی دوطرفه به همراه تسهیل دسترسی

حالت گماری و رهیافت جراحی

برای انجام جراحی بیمار باید در وضعیت خوابیده روی جناغ قرار گیرد، به طوری که پاهای عقب در حالت خمیده بوده و

به ویژه خم شدن مقاومت کنند. همچنین، ایمپلنت‌ها باید به شکلی قرار داده شوند که شل نشوند. لازم به ذکر است که حتی در صورت شکست ایمپلنت، الزاماً فرآیند ترمیم شکستگی یا دستیابی به نتایج موفقیت‌آمیز مختل نمی‌شود. با این وجود، ایمپلنت باید طوری طراحی و جای‌گذاری شود تا فشار ناشی از نیروهای قوی وارده بر مفصل را تا زمان ترمیم شکستگی تحمل کند. برای سگ‌های متوسط تا بزرگ، معمولاً از پین‌هایی با قطر ۱/۸ اینچ یا پیچ‌های کورتیکال ۳/۵ میلی‌متری استفاده می‌شود که مقاومت لازم را در برابر این نیروها فراهم می‌آورند (جدول ۲) (۲).

پیچ‌های ترانس آرتیکولار

پیچ‌های ترانس آرتیکولار ساده‌ترین گزینه از نظر تکنیکی برای تثبیت مفصل کمری-خاجی هستند. با این حال، این پیچ‌ها به دلیل حرکات زیاد ناحیه در معرض خطر شل شدن هستند و یا منجر به شکستگی زوائد یا فاست‌های مفصل می‌شوند. تثبیت مفصل در این روش از طریق ترغیب به آرترودزیس و فیوژن سطوح مفصلی حاصل می‌شود. به دلیل اندازه کوچک این مفصل‌ها، غضروف سطوح مفصلی را می‌توان با استفاده از کورت یا دریل برداشت و سپس با پیوند استخوان اسفنجی تازه یا جایگزین‌های استخوانی کاملاً پر کرد تا فرآیند فیوژن مفصل تسهیل شود. پیچ‌های ترانس آرتیکولار باید از بخش میانی فاست مفصلی خلفی مهره هفتم کمری با زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه از قدامی-پشتی به خلفی-شکمی و زاویه‌ای حدود ۳۰ درجه نسبت به صفحه پشتی-میانی به شکمی-جانبی از طریق سطح مفصلی استخوان خاجی وارد شوند (تصویر ۱۴) (۲).

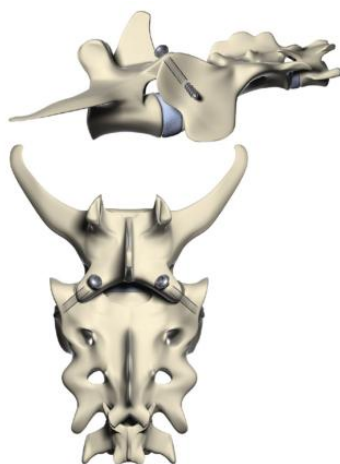
به بخش خلفی محل جراحی فراهم گردد. برای تثبیت بیمار، استفاده از ترکیبی از نوارچسب و یا کیسه‌های شن پیشنهاد می‌شود. برای دسترسی بهتر و دید کافی به ناحیه جراحی، توصیه می‌شود از برشی بزرگ استفاده شود (۲).

جانداختن

برای جانداختن استخوان، می‌توان از پنس‌های جانداختن استخوان استفاده کرد که به زوائد خاری مهره‌ها متصل می‌شوند تا هم‌ترازی مهره‌ها بهبود یابد. علاوه بر این، بال‌های ایلیم نیز می‌توانند به عنوان نقاط کمکی برای جانداختن به کار گرفته شوند. در مواردی که آسیب مزمن باشد، جانداختن آناتومیکی ممکن است دشوار و یا حتی غیرممکن باشد و در این شرایط ممکن است لازم باشد تثبیت بدون جانداختن کامل انجام شود. اگر آسیب باعث فشار بر کودا اکوئینا شود، علاوه بر تثبیت می‌توان لمینکتومی پشتی را نیز انجام داد تا فشار از روی ریشه‌های عصبی برداشته شود. پس از جانداختن مناسب، مشابه سایر نواحی ستون فقرات کمری می‌توان از پین‌ها یا پیچ‌های ترانس آرتیکولار (به صورت موقتی یا دائمی) برای نگه داشتن قطعه جابجا شده در موقعیت آناتومیکی خود، در حالی که بقیه سازه اعمال می‌شود، قرار داد (۲).

انتخاب ایمپلنت

مفصل کمری-خاجی یکی از مفاصل بسیار متحرک بدن است که به دلیل موقعیت خود نقش یک تکیه‌گاه اصلی با گشتاور فوق‌العاده زیاد، به خصوص هنگام خم شدن و باز شدن بدن ایجاد می‌شود. ایمپلنت‌های مورد استفاده در این ناحیه باید قوی باشند تا بتوانند در برابر حرکات مکرر،



تصویر ۱۴. تصویری از قرار دادن پیچ ترانس آرتیکولار از میان فاست‌های مفصلی بین مهره‌های L7-S1. پیش از تثبیت باید غضروف مفصلی تراشیده شود و پیوند استخوانی در محل قرار داده شود تا موجب آرترودزیس در این مفصل با تحرک بالا گردد (۲).

پلیت‌های قفل شونده

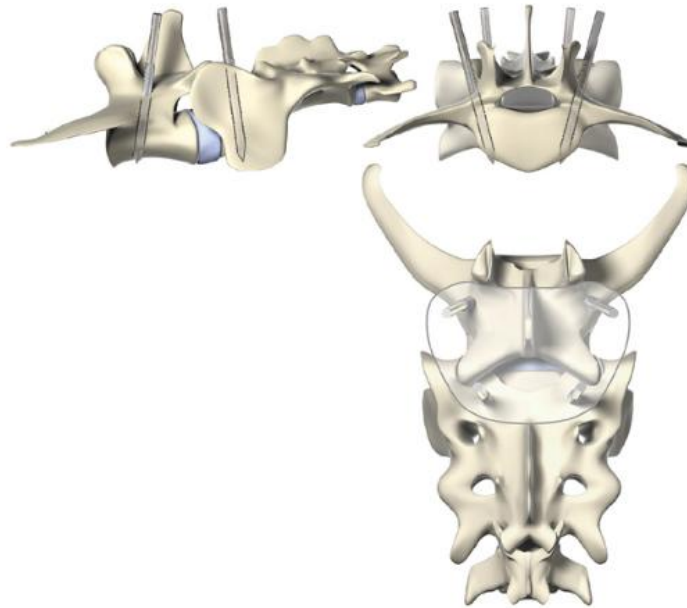
در مقایسه با پلیت‌های استاندارد که نیاز به شکل‌دهی دقیق مطابق با استخوان مهره‌ای دارند، پلیت‌های قفل‌شونده اگرچه از نظر فنی چالش‌برانگیزتر از سایر روش‌ها هستند، می‌توانند برای تثبیت پایدار، کم‌حجم و تک‌کورتکسی مورد استفاده قرار گیرند (۱، ۲).

پیچ - پدیکل

امروزه سیستم پیچ پدیکلی جدید به‌طور خاص برای این کاربرد طراحی شده است. این سیستم به کاربر اجازه می‌دهد ابتدا پیچ‌ها را در موقعیت هدایت‌شده قرار دهد و سپس با استفاده از یک سیستم اتصال میله‌ای خاص (راد)، پیچ‌ها را قفل کرده و سازه را تثبیت کند. تثبیت دوطرفه در این روش ضروری است تا نقاط تثبیت کافی فراهم شود. این روش پیچیده‌تر از ساختارهای پلی‌متیل متاکریلات است، چرا که زاویه پیچ‌ها و شکل‌دهی رادها باید کاملاً با یکدیگر هماهنگ باشند تا مکانیسم قفل به درستی فعال شود (۲).

پین / پیچ پلی‌متیل متاکریلات

همانند سایر نواحی ستون فقرات، پین‌ها یا پیچ‌ها همراه با پلی‌متیل متاکریلات یک گزینه کاربردی و مؤثرند که دارای انعطاف‌پذیری، سهولت استفاده و مقاومت مکانیکی بالا می‌باشند (۲). مسیرهای ایمپلنت که پیش‌تر در جدول ۱ توضیح داده شدند باید مبنای کار قرار گیرند و در صورت نیاز، ایمپلنت‌های اضافی می‌توانند در مهره ششم کمری، استخوان ایلیوم، یا به‌صورت ترانس‌آرتیکولار قرار داده شوند. پین‌های مهره هفتم کمری به سمت عقب و پین‌های مهره خاجی به سمت قدام خم شده تا امکان ادغام بیشتر آن‌ها در پلی‌متیل متاکریلات از طریق زوایای متنوع فراهم شود. این امر می‌تواند استحکام سازه را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. علاوه بر این، استفاده از سیم سرکلاژ به صورت الگوی هشت انگلیسی می‌تواند به عنوان یک تقویت‌کننده عمل کند و مقاومت سازه را در برابر خم شدن مفصل کمری - خاجی به میزان چشمگیری افزایش دهد (۲).



تصویر ۱۵. تثبیت پین و پلی‌متیل متاکریلات در مفصل لومبوساکرال. پین‌های تثبیت با پروفایل مثبت دوکورتکسی در مهره هفتم کمری و خاجی قرار داده می‌شوند. این پین‌ها باید بر اساس برنامه‌ریزی قبل از عمل، بین زاویه عمودی و ۲۰ درجه قرار داده شوند. نقطه ورود برای مهره هفتم کمری، کمی خلفی-جانبی نسبت به قاعده زائده مفصلی قدامی است. نقطه ورود برای مهره خاجی، حفره خلفی-داخلی زائده مفصلی مهره هفتم کمری-خاجی است (۲).

بررسی ورود ایمپلنت به داخل کانال نخاعی کافی نیستند، اما به عنوان ابزاری پایه برای پیگیری‌های طولانی‌مدت اهمیت دارند. سی‌تی‌اسکن پس از جراحی برای تعیین

ارزیابی‌های پس از جراحی

برای بررسی ارزیابی هم‌راستایی ستون مهره‌ای و وضعیت کلی قرارگیری ایمپلنت‌ها باید تصاویر رادیوگرافی استاندارد عمود بر هم گرفته شود (۲). اگرچه رادیوگرافی‌ها برای

دستگاه اداری قرار دارند. استفاده از آنتی‌بیوتیک‌های قبل از جراحی مانند سفازولین باید بادقت و براساس شرایط بیمار صورت گیرد. به عنوان مثال، در صورت وجود شکستگی‌های باز به‌ویژه موارد ناشی از گاز گرفتگی، آنتی‌بیوتیک پروفیلاکسی پس از جراحی تنها براساس نتایج کشت و حساسیت مناسب تجویز می‌شود. بیمارانی که شکستگی‌های ناشی از آسیب‌های نفوذی دارند، باید سریعاً تحت جراحی قرار گیرند؛ و حداقل تا زمان آماده شدن نتایج کشت و حساسیت، شستشوی فراوان حین عمل و استفاده از درین مکش بسته ضروری است. به طور کلی توصیه شود از پلی‌متیل متاکریلات در این بیماران استفاده نشود (۲).

تشکیل سروما

از دیگر عوارض شایع پس از جراحی تشکیل سروما است که به عنوان تجمع خوش‌خیم و استریل مایع شناخته می‌شود. این عارضه معمولاً با کمپرس گرم کنترل شده و نیازی به مداخله جدی ندارد. تخلیه مایع سروما تنها برای رد احتمالی عفونت توصیه می‌شود، زیرا در اغلب موارد سروما به‌صورت خودبه‌خود برطرف می‌شود و تخلیه مایع می‌تواند خطر ایجاد عفونت را افزایش دهد. بستن دقیق فضای مرده، حتی در اطراف ایمپلنت‌های حجیم، به طور معمول می‌تواند از تشکیل سروما جلوگیری کند (۲).

مراقبت‌های پس از عمل

مراقبت‌های پس از عمل در جراحی ستون فقرات به شدت وابسته به شدت علائم نورولوژیک، میزان بی‌ثباتی ستون فقرات، ناحیه تثبیت‌شده و نوع تثبیت به کار رفته است. بلافاصله پس از جراحی بیماران باید برای کنترل درد و دریافت مراقبت‌های پرستاری مناسب در بیمارستان بستری شوند. این اقدامات اولیه که برای اکثر جراحی‌های ستون فقرات صادق هستند، اهمیت زیادی در بهبود بیمار دارند. اما باید در نظر داشت که ایمپلنت‌ها تنها پایداری موقتی فراهم می‌کنند و در بلندمدت بدن باید از طریق فرآیندهای طبیعی خود محل آسیب را تثبیت کند. در این راستا اعمال محدودیت بر فعالیت بیمار و ارائه مراقبت‌های حمایتی در دوره بلافاصله تا میان‌مدت پس از جراحی از اهمیت بالایی برخوردار است (۲).

بریس‌های پشت (Back braces) در مورد آسیب‌های مربوط به ناحیه قفسه سینه، ناحیه سینه‌ای کمری، کمری، و کمری خاجی بی‌اثر هستند و نیازی به استفاده از آن‌ها

موقعیت دقیق ایمپلنت‌ها نسبت به کانال مهره‌ای و میزان نفوذ پیچ یا پین از کورتکس مقابل انجام می‌شود. (۱، ۲).

عوارض

آسیب به ساختارهای حیاتی

به دلیل پیچیدگی‌های آناتومیکی و نزدیکی ساختارهای حیاتی عصبی و عروقی، جراحی تثبیت ستون فقرات همواره با احتمال بروز آسیب‌های ایاتروژنیک همراه است. این آسیب‌ها می‌توانند نخاع، ریشه‌های عصبی، دیسک‌های بین‌مهره‌ای، ساختارهای عروقی، و حتی حفره قفسه سینه را درگیر کنند. برای کاهش خطر این عوارض، دانش دقیق از آناتومی ناحیه، برنامه‌ریزی‌های دقیق پیش از جراحی و اجرای اصولی و ماهرانه ضروری است (۲).

شل شدن ایمپلنت

چنانچه ایمپلنت به درستی کارگذاری شود و جاناندازی مطلوب انجام گیرد، اکثر عوارض احتمالی ناشی از شکست ایمپلنت یا عفونت خواهند بود. شل شدن ایمپلنت ممکن است به دلیل عواملی همچون استفاده از ایمپلنت با اندازه نامناسب، کارگذاری نادرست ایمپلنت در استخوان، کیفیت پایین استخوان یا عدم رعایت دقیق اصول جراحی مانند عدم سوراخ‌کاری اولیه استخوان، استفاده از مته با اندازه نامناسب یا عدم استفاده از گاید مته رخ دهد. همچنین، شکست‌های فاجعه‌بار ایمپلنت می‌توانند به دلیل ترکیبی از این عوامل و یا تصمیم‌گیری اشتباه در انتخاب نوع یا اندازه تثبیت باشد که ممکن است به شکستگی یا نارسایی ناگهانی منجر شود. از عوامل دیگر می‌توان به تشخیص نادرست بیماری‌های همراه، جایگذاری نامناسب ایمپلنت در پلی-متیل متاکریلات، یا درست مخلوط نکردن پلی‌متیل متاکریلات اشاره کرد. علاوه بر این، محدود نکردن فعالیت بیمار در دوران بلافاصله پس از جراحی نیز می‌تواند یکی از دلایل اصلی شکست ایمپلنت باشد (۲).

عفونت

عفونت پس از جراحی بیشتر به دلایل ثانویه ایجاد می‌شود و معمولاً کمتر به عوامل مرتبط با زمان جراحی بستگی دارد. در بیشتر موارد انتقال خونی یا ورود عوامل عفونی از محل شکستگی‌های باز به بروز عفونت منجر می‌شوند. بیمارانی که دچار اختلال عملکرد مثانه به دلیل آسیب عصبی هستند، در معرض خطر بالاتر عفونت‌های مقاوم

هنگامی که جای زخم جراحی بهبود یافت، توانبخشی (Rehabilitation) می‌تواند آغاز شود. این توانبخشی شامل تمرینات ایستادن در منزل برای تقویت تعادل، تمرینات غیرفعال برای افزایش دامنه حرکتی و در صورت لزوم، شرکت در برنامه‌های توانبخشی حرفه‌ای است. این برنامه‌های حرفه‌ای می‌توانند به صورت بستری یا سرپایی انجام شوند و باید توسط یک درمانگر توانبخشی دارای گواهی نظارت شوند. مراقبت‌های دقیق و برنامه‌ریزی شده پس از عمل نه تنها احتمال موفقیت درمان را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند خطر بروز عوارض بلندمدت مانند درد مزمن یا کاهش دامنه حرکتی را به شدت کاهش دهد (۲).

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

نیست. با این حال، تمام بیماران تا حداقل چهار هفته پس از جراحی باید در یک فضای کوچک یا در قفس محصور شوند تا حرکتهای آن‌ها به خوبی کنترل شود. در این مدت، بیمار تنها با استفاده از قلابه یا یک اسلینگ حمایتی تحت نظارت راه برده می‌شود. این حرکتهای باید به گونه‌ای انجام شوند که فشار ناگهانی یا کشیدگی بر ناحیه تثبیت شده وارد نشود. همچنین باید از استفاده از پله کاملاً اجتناب کرد و هرگونه فعالیت باید به تدریج افزایش یابد (۲).

با پیشرفت بهبودی بیمار، یک فضای ایمن و مناسب با کفیوش غیرلغزنده باید در اختیار او قرار گیرد. در این دوره، بیمار می‌تواند به مرور وارد روال عادی زندگی شود، اما همچنان باید از هرگونه فعالیت پرتحرک و پربرخورد، مانند پریدن از مبلمان، کاملاً دوری کند. زمان بازگشت به فعالیت عادی بسته به علل مختلف از جمله سن بیمار، ثبات ترمیم شکستگی و زمان بهبودی، معمولاً بین هشت تا دوازده هفته طول می‌کشد (۲).

منابع

- Shores A, Brisson BA. Current Techniques in Canine and Feline Neurosurgery: Wiley; 2017. 296 p. DOI:10.1002/9781118711545
- Shores A, Brisson BA. Advanced techniques in canine and feline neurosurgery: John Wiley & Sons; 2023. DOI:10.1002/9781119790457
- Watine S, Cabassu J, Catheland S, Brochier L, Ivanoff S. Computed tomography study of implantation corridors in canine vertebrae. *Journal of Small Animal Practice*. 2006;47(11):651-7. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2006.00070.x
- Shores A. Spinal trauma: pathophysiology and management of traumatic spinal injuries. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1992;22(4):859-88. DOI: 10.1016/s0195-5616(92)50080-8
- Corlazzoli D. Bicortical implant insertion in caudal cervical spondylomyelopathy: a computed tomography simulation in affected Doberman Pinschers. *Veterinary Surgery*. 2008;37(2):178-85. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2007.00356.x
- Hicks DG, Pitts MJ, Bagley RS, Vasavada A, Chen AV, Winger FA, et al. In vitro biomechanical evaluations of screw-bar-polymethylmethacrylate and pin-polymethylmethacrylate internal fixation implants used to stabilize the vertebral motion unit of the fourth and fifth cervical vertebrae in vertebral column specimens from dogs. *American journal of veterinary research*. 2009;70(6):719-26 DOI: 10.2460/ajvr.70.6.719.
- Hettlich BF, Allen MJ, Pascetta D, Fosgate GT, Litsky AS. Biomechanical comparison between bicortical pin and monocortical screw/polymethylmethacrylate constructs in the cadaveric canine cervical vertebral column. *Veterinary Surgery*. 2013;42(6):693-700. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2013.12040.x
- Hettlich BF, Fosgate GT, Litsky AS. Biomechanical comparison of 2 veterinary locking plates to monocortical

- screw/polymethylmethacrylate fixation in canine cadaveric cervical vertebral column. *Veterinary Surgery*. 2017;46(1):95-102. DOI: 10.1111/vsu.12581
9. Agnello KA, Kapatkin AS, Garcia TC, Hayashi K, Welihozkiy AT, Stover SM. Intervertebral biomechanics of locking compression plate monocortical fixation of the canine cervical spine. *Veterinary Surgery*. 2010;39(8):991-1000. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2010.00755.x
 10. Shamir MH, Chai O, Loeb E. A method for intervertebral space distraction before stabilization combined with complete ventral slot for treatment of disc-associated wobbler syndrome in dogs. *Veterinary Surgery*. 2008;37(2):186-92. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2007.00360.x
 11. Steffen F, Voss K, Morgan JP. Distraction–fusion for caudal cervical spondylomyelopathy using an intervertebral cage and locking plates in 14 dogs. *Veterinary Surgery*. 2011;40(6):743-52. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2011.00850.x
 12. Trotter EJ .Cervical spine locking plate fixation for treatment of cervical spondylotic myelopathy in large breed dogs. *Veterinary Surgery*. 2009;38(6):705-18 DOI: 10.1111/j.1532-950X.2009.00541.x.
 13. Bergman RL, Levine JM, Coates JR, Bahr A, Hettlich BF, Kerwin SC. Cervical spinal locking plate in combination with cortical ring allograft for a one level fusion in dogs with cervical spondylotic myelopathy. *Veterinary Surgery*. 2008;37(6):530-6 DOI: 10.1111/j.1532-950X.2008.00400.x.
 14. Jones BG, Fosgate GT, Green EM, Habing AM, Hettlich BF. Magnetic resonance imaging susceptibility artifacts in the cervical vertebrae and spinal cord related to monocortical screw–polymethylmethacrylate implants in canine cadavers. *American journal of veterinary research*. 2017;78(4):458-64 DOI: 10.2460/ajvr.78.4.458.
 15. Mateo I. Median manubriotomy for ventral access to the caudal cervical and cranial thoracic spine. *Veterinary Surgery*. 2020;49(5):923-9. DOI: 10.1111/vsu.13412
 16. Voss K, Steffen F, Montavon P. Use of the compact unlock system for ventral stabilization procedures of the cervical spine. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2006;19(01):21-8 PMID: 16594540.
 17. Elford JH, Oxley B, Behr S. Accuracy of placement of pedicle screws in the thoracolumbar spine of dogs with spinal deformities with three-dimensionally printed patient-specific drill guides. *Veterinary Surgery*. 2020;49(2):347-53 DOI: 10.1111/vsu.13333 .
 18. Fujioka T, Nakata K, Nakano Y, Nozue Y, Sugawara T, Konno N, et al. Accuracy and efficacy of a patient-specific drill guide template system for lumbosacral junction fixation in medium and small dogs: cadaveric study and clinical cases. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020;6:494 DOI: 10.3389/fvets.2019.00494 .
 19. Walker TM, Pierce WA, Welch RD. External fixation of the lumbar spine in a canine model. *Veterinary Surgery*. 2002;31(2):181-8. DOI: 10.1053/jvet.2002.31045
 20. Voss K, Montavon PM. Tension band stabilization of fractures and luxations of the thoracolumbar vertebrae in dogs and cats: 38 cases (1993–2002). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2004;225(1):78-83. DOI: 10.2460/javma.2004.225.78

Abstracts in English

Spinal stabilization techniques in small animalsHossein Kazemi Mehrjerdi^{1*}, Khosro safari¹

1.Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

h-kazemi@um.ac.ir*

Background: Spinal injuries in small animals, particularly dogs, are among the most frequent and complex challenges in veterinary specialty practice. These traumas—often resulting from car accidents, falls, or bite wounds—are commonly associated with high mechanical instability and neurological damage. Given the anatomical complexity and critical structures involved, accurate surgical planning and stabilization are essential.

Objective: This article aims to describe and compare various surgical methods for spinal fixation in the cervical, thoracolumbar, and lumbosacral regions, providing practical clinical guidance for selecting the most appropriate technique based on anatomical location and injury characteristics.

Methods: This narrative review compiles data from authoritative sources and clinical experience. It discusses injury classification using the three-compartment model, preoperative planning with advanced imaging (CT and MRI), reduction strategies, and surgical stabilization techniques. Methods covered include pin/monocortical screws with polymethylmethacrylate (PMMA), locking plate systems such as the String of Pearls (SOP) and Locking Compression Plate (LCP), and transarticular screws, as well as other techniques. Anatomical considerations, implant selection, and intraoperative access are also addressed.

Results: The findings suggest that careful technique selection based on the anatomical region, neurological status, patient size, and equipment availability plays a critical role in minimizing complications and optimizing outcomes. Monocortical screws combined with PMMA and locking plates offer improved biomechanical stability and safety compared to older methods. Postoperative care, including pain control and monitoring for implant integrity, is essential for successful recovery.

Conclusion: Effective management of spinal injuries in small animals requires a systematic approach including accurate diagnosis, advanced imaging, tailored surgical planning, and postoperative care. This article provides a comprehensive reference for veterinary surgeons in the selection and application of appropriate spinal stabilization strategies.

Keywords: Vertebral column, spinal fracture, instability, surgical fixation, small animals



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

<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 منتشر شده 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 دوپورتال (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 دمیالیناسیون 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 وزن‌تراپی 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 به ویژه 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 به همراه 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 هیچ گونه 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*

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



مقاله مروری

التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

<http://eltiamjournal.ir/>

عوارض جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک: شناسایی، پیش‌آگهی، پیشگیری و راهبردهای مدیریت

سعید فرزاد مهاجری^۱، هلیا سپهوند^۱، محمدمین سعیدی^۱

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

saeedfarzad@ut.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۱

<https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.7>

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: در زمینه بیماری‌های اعصاب دامپزشکی حیوانات کوچک، جراحی ستون فقرات یک مداخله حیاتی است که برای درمان انواع مختلفی از شرایط، از جمله تروماهای ستون فقرات، بیماری دیسک بین‌مهره‌ای (IVDD)، نئوپلازی و ناهنجاری‌های مادرزادی انجام می‌شود. مشکلات و عوارض عصبی، عفونی، مکانیکی و سیستمیک بخشی از این فرآیند هستند و می‌توانند بر توانبخشی و کیفیت زندگی بیمار تأثیر بگذارند.

هدف: هدف این مرور ارائه یک فهرست جامع از خطرات مرتبط با جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک، رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس شدت، ارزیابی پیش‌آگهی آن‌ها و پوشش روش‌های پیشگیری و مدیریت این خطرات بر اساس اطلاعات موجود است.

روش کار: این مقاله، داده‌های حاصل از مطالعات دامپزشکی گذشته‌نگر و آینده‌نگر، گزارش‌های نتایج جراحی، و تحلیل‌های موردی بالینی را ادغام می‌کند. انواع مختلفی از عوارض می‌توانند در زمان‌های مختلف در طول این روش بروز کنند و می‌توان آن‌ها را به عنوان عوارض عصبی، عفونی، مکانیکی/ساختاری یا سیستمیک طبقه‌بندی کرد. این مطالعه شامل تکنیک‌های مدیریتی، روش‌های تشخیصی و اقدامات پیشگیرانه می‌باشد.

نتایج: شایع‌ترین عوارض جانبی شامل کاهش عملکرد عصبی، عفونت در محل جراحی، ذات‌الریه ناشی از آسپیراسیون و مشکلات مربوط به ایمپلنت هستند. وضعیت عصبی بیمار قبل از جراحی، از جمله وجود حس درد عمقی و زمان‌بندی مداخله جراحی از عوامل مهم پیش‌آگهی هستند. کاهش عوارض و بهبود نتایج هر دو به وسیله تصویربرداری پیشرفته، فیزیوتراپی زودهنگام، روش‌های جراحی استریل و نظارت پس از عمل قابل حصول است.

نتیجه‌گیری نهایی: برای بهبود نتایج جراحی در جراحی ستون فقرات حیوانات کوچک، یک رویکرد پیشگیرانه و بین‌رشته‌ای ضروری است. کلید کاهش مشکلات و افزایش شانس بهبودی، اجرای مداخلات متناسب است که بر اساس تشخیص دقیق و سریع، مراقبت کامل در دوره قبل و بعد از عمل و برنامه‌ریزی بلندمدت توانبخشی قابل دستیابی است.

کلیدواژه‌ها: عوارض جراحی ستون فقرات، بیماری دیسک بین‌مهره‌ای، نورولوژی دامپزشکی، عفونت پس از جراحی، میلوامالاسی، نقصان ایمپلنت، مدیریت درد، حیوانات کوچک

مقدمه

حال، این عوارض اغلب گذرا بوده و به ندرت منجر به مرگ بیمار می‌شوند (۶).

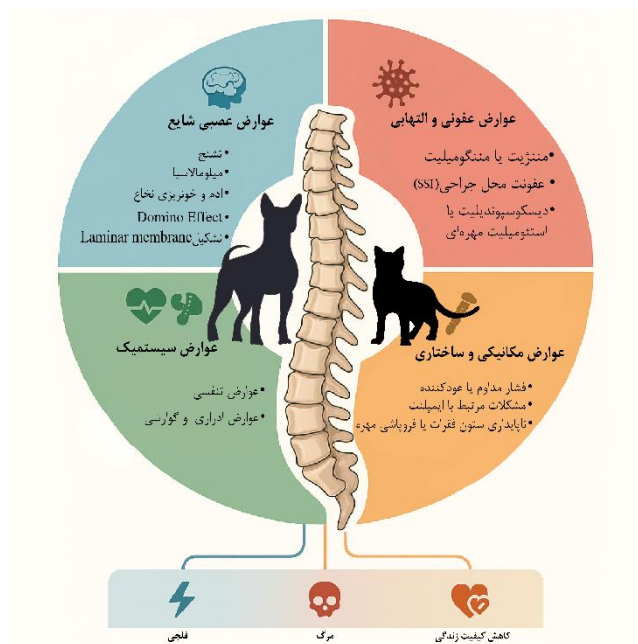
در گربه‌ها، برخلاف سگ‌ها، شایع‌ترین علت آسیب نخاعی، تروما گزارش شده است که حدود ۷ درصد موارد را تشکیل می‌دهد، در حالی که IVDH سهمی در حدود ۴ درصد و زخم‌های نافذ حدود ۲ درصد موارد را شامل می‌شوند. در این گونه، ضایعات نخاعی بیشتر در ناحیه ستون مهره‌های سینه‌ای و کمری دیده می‌شوند. در یک مطالعه نشان داده شده است که فتق دیسک بین مهره‌ای در گربه‌ها عمدتاً در فاصله مابین مهره سینه‌ای دوازدهم و مهره کمری اول (T12-L1) و مهره‌های کمری چهارم تا ششم (L4-L6) رخ می‌دهد (۲).

پیش‌آگهی پس از آسیب نخاعی در حیوانات کوچک وابستگی شدیدی به شدت ضایعه و وجود یا عدم وجود حس درد عمقی دارد. در مواردی که حس درد عمقی از بین رفته است، احتمال بروز میلیوما لاسی (نرم‌شدگی و تخریب پیش‌رونده نخاع) افزایش یافته و پیش‌آگهی به شدت ضعیف می‌شود. با این حال، در حیواناتی که درجات متوسط تا شدید اختلال عصبی را تجربه می‌کنند ولی همچنان حس درد حفظ شده است، امکان دستیابی به بهبودی کامل یا قابل قبول وجود دارد. بنابراین، ارزیابی دقیق وضعیت نورولوژیک در بدو مراجعه، نقشی حیاتی در تصمیم‌گیری درمانی و برآورد پیش‌آگهی ایفا می‌کند. تشخیص و ارزیابی SCI علاوه بر معاینات نورولوژیک، به‌طور گسترده بر روش‌های تصویربرداری پیشرفته مانند MRI متکی است (۲). MRI امکان شناسایی ضایعات فشاری، التهاب یا تغییرات پارانشیمی نخاع را فراهم کرده و در انتخاب راهبرد درمانی و پیش‌بینی نتایج نقش کلیدی دارد. در حال حاضر رویکرد اصلی در مدیریت بیماران مبتلا به آسیب نخاعی شامل تثبیت پزشکی در فاز اورژانسی و در صورت لزوم، جراحی برای کاهش فشار نخاع است. در این میان، مداخلات جراحی نه‌تنها می‌توانند موجب بازگرداندن عملکرد حرکتی شوند بلکه با مدیریت مؤثر درد حاد پس از عمل، از بروز دردهای مزمن در آینده نیز پیشگیری می‌کنند. بر این اساس، هدف از این مطالعه مروری و تحلیلی در زمینه جراحی ستون فقرات حیوانات کوچک، شناسایی انواع عوارض احتمالی، تعیین پیش‌آگهی بیماران و ارائه راهبردهای پیشگیرانه و مدیریتی است. ارتقای دانش در این حوزه می‌تواند به بهبود کیفیت مراقبت‌های دامپزشکی، کاهش عوارض پس از عمل و در نهایت، افزایش بقا و بهبود عملکرد حیوانات مبتلا به آسیب نخاعی منجر شود.

جراحی ستون فقرات در دامپزشکی، به‌ویژه در حیوانات کوچک، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ارکان نورولوژی بالینی شناخته می‌شود. این رویکرد درمانی در شرایطی که ضایعات نخاعی ناشی از فتق دیسک بین‌مهره‌ای (IVDH)، بی‌ثباتی مهره‌ای، یا آسیب‌های تروماتیک باعث فشردگی نخاع یا اختلال عملکرد عصبی شوند، به کار گرفته می‌شود.

هدف اصلی جراحی در چنین مواردی، کاهش فشار وارد بر نخاع، اصلاح ناپایداری ستون مهره‌ها و در نتیجه، بازگرداندن یا بهبود عملکرد عصبی حیوان است. با این حال، جراحی ستون فقرات همواره خالی از عارضه نبوده و بروز مشکلاتی همچون تخریب عصبی، نقصان ایمپلنت یا در مواردی نادر، مرگ بیمار به‌عنوان چالش‌های جدی در مدیریت پس از جراحی مطرح است. در این بیماران به دلیل وجود عوارض احتمالی، معمولاً جراحی به عنوان اولین گزینه درمانی در نظر گرفته نمی‌شود. با این حال، در برخی شرایط به دلیل نبود راهکار جایگزین، انجام جراحی اجتناب‌ناپذیر است. به بیان دیگر، وضعیت بالینی بیمار و نیاز به بهبود کیفیت زندگی به گونه‌ای است که در صورت عدم مداخله جراحی، حیوان تا پایان عمر با مشکلات جدی مواجه خواهد بود. بنابراین، تصمیم به انجام جراحی بر اساس یک ارزیابی هزینه-فایده اتخاذ می‌شود (۱).

آسیب نخاعی (Spinal Cord Injury; SCI) اصطلاحی است که به هر نوع ضایعه تروماتیک یا غیرتروماتیک وارد بر نخاع اطلاق می‌شود. در سگ‌ها، IVDH شایع‌ترین علت SCI محسوب می‌شود و در برخی مراکز درمانی تا ۳۴ درصد موارد را به خود اختصاص می‌دهد. پس از آن، تروما ناشی از حوادثی مانند تصادفات جاده‌ای، با شیوع حدود ۷ درصد در رتبه دوم قرار دارد (۲). علائم بالینی آسیب در ناحیه سینه‌ای-کمری از هایپرستزی نخاعی تا پاراپلژی بدون حس درد، متغیر است. (۳، ۴) درمان جراحی به‌ویژه در بیمارانی با مشکلات عصبی متوسط تا شدید، عود بیماری، یا موارد مقاوم به درمان دارویی، توصیه می‌شود (۵). روش‌هایی مانند همی‌لامینکتومی و فنستراسیون دیسک بین‌مهره‌ای از شایع‌ترین رویکردهای جراحی در این بیماران هستند (۲). سگ‌هایی که تحت این دو رویکرد جراحی برای درمان IVDH قرار می‌گیرند، ممکن است در هر سه مرحله (حین عمل، پس از عمل فوری، و پس از عمل دیررس) با عوارض این جراحی مواجه شوند؛ با این



تصویر ۱: عوارض جراحی ستون فقرات

طبقه‌بندی عوارض جراحی ستون فقرات

جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک، اگرچه یکی از مؤثرترین مداخلات درمانی در مدیریت بیماری‌های نورولوژیک به شمار می‌رود، اما با عوارض متعددی همراه است که می‌توانند بر کیفیت زندگی بیماران و نتایج نهایی درمان تأثیرگذار باشند. درک عمیق این عوارض و طبقه‌بندی سیستماتیک آن‌ها نه تنها به جراحان دامپزشک و نورولوژیست‌ها کمک می‌کند تا مداخلات پیشگیرانه و درمانی مناسب‌تری طراحی کنند، بلکه امکان پیش‌بینی بهتر پیش‌آگهی و ارتقای استانداردهای مراقبتی را نیز فراهم می‌آورد.

الف) طبقه‌بندی بر اساس زمان وقوع

یکی از رویکردهای رایج برای دسته‌بندی عوارض جراحی ستون فقرات، تقسیم‌بندی آن‌ها بر اساس بازه زمانی بروز عوارض است. این عوارض به‌طور کلی به سه گروه فوری (۰ تا ۷۲ ساعت پس از عمل)، میان مدت (۳ تا ۱۴ روز پس از عمل) و بلندمدت (بیش از دو هفته پس از عمل) طبقه‌بندی می‌شوند. در طول جراحی، خطر بروز آسیب‌های ناخواسته به نخاع یا ساختارهای اطراف آن همواره وجود دارد. برای مثال، خونریزی شدید ناشی از پارگی سینوس‌های وریدی در حین تثبیت اتالنتواکسیال یا آسیب اتیوژنیک ناشی از قرارگیری نادرست ایمپلنت می‌تواند پیامدهای جدی ایجاد کند (۷، ۸). در دسته عوارض فوری، که در روزهای ابتدایی

پس از جراحی بروز می‌کنند، بدتر شدن وضعیت عصبی (چه به صورت موقت و چه دائمی) و بروز اختلالات تنفسی از جمله مشکلات شایع هستند (۹، ۱۰). برخی بیماران در این مرحله ممکن است نیازمند تهویه مکانیکی شوند (۱۱). همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که سگ‌هایی که تحت عمل لامینکتومی پشتی قرار می‌گیرند، نسبت به حیواناتی که درمان‌های شکمی دریافت کرده‌اند، در معرض خطر بالاتری از نظر عوارض نورولوژیک و طولانی‌تر شدن دوره نقاهت قرار دارند (۱۲، ۱۳). خطر آسپیراسیون و ذات‌الریه ناشی از آن، در جراحی‌های ستون مهره ناحیه گردن افزایش یافته و می‌تواند بر روند بهبود بیمار اثر منفی بگذارد.

در دوره میان‌مدت، یعنی بین روز سوم تا چهاردهم پس از جراحی، شایع‌ترین عوارض شامل تشکیل سروما در محل جراحی، به‌ویژه در ستون فقرات ناحیه گردنی، و عفونت‌های بیمارستانی از جمله عفونت‌های دستگاه ادراری هستند (۱۴). در دسته بلندمدت، که شامل بازه زمانی بیش از دو هفته پس از جراحی است، نقصان ایمپلنت، ناپایداری ستون فقرات و بروز عفونت‌های عمقی محل جراحی بیشترین اهمیت را دارند (۱۵). علاوه بر این، عود فتق دیسک یکی دیگر از نگرانی‌های اصلی در این بازه محسوب می‌شود. این مشکل در مواردی که فتق دیسک گردنی نوع ابه صورت محافظه‌کارانه مدیریت شده باشد، بیشتر از موارد درمان‌شده با جراحی گزارش شده است (۱۶). حتی در

عوارض در ۶.۴٪ بیماران، شامل بدتر شدن وضعیت عصبی بیمار یا درد پایدار بود و تقریباً نیمی از این بیماران نیاز به جراحی مجدد داشتند (۲۲، ۲۳). بروز عوارض عصبی می‌تواند ناشی از خطای تکنیکی، انتخاب نادرست محل برش یا وضعیت نامناسب قرارگیری حیوان در حین جراحی باشد؛ برای مثال کشیدگی بیش از حد گردن، انتخاب نامناسب لوله تراشه یا وقوع پنوموتوراکس القایی، هنگام اعمال جراحی نواحی قفسه سینه و گردن، همگی از عواملی می‌باشند که احتمال بروز عوارض پس از جراحی را بیشتر می‌کند (۲۴). علاوه بر این، اختلالات عصبی پس از جراحی ممکن است به شکل‌های متنوعی از جمله تشکیل غشای لامینار و آسب نخاعی و عود مکرر بیرون زدگی دیسک بروز کنند (۲۵).

یک عارضه جانبی رایج و جدی پس از جراحی، درد مداوم است که می‌تواند روند بهبودی را کند کرده و در برخی موارد نیاز به دارو درمانی داشته باشد. عوارض جانبی، مانند تشنج و ناهنجاری‌های عصبی، به ویژه در ده روز اول پس از جراحی شایع هستند (۲۳). سگ‌هایی که دچار نارسایی و مشکلات مثانه هستند، در معرض خطر بیشتری برای ابتلا به عفونت‌های دستگاه ادراری، بی‌اختیاری (ادراری و/یا مدفوعی)، ناتوانی در بازگرداندن عملکرد عصبی و میلوامالاسی صعودی یا نزولی قرار دارند (۲۶). در مجموع، این عوارض می‌توانند منجر به بدتر شدن وضعیت عصبی، تشدید درد و کند شدن روند بهبودی شوند و در برخی موارد دارو درمانی یا جراحی مجدد را ایجاب نمایند.

الف. ادم و خونریزی نخاع

ادم و خونریزی در بافت نخاعی، به دنبال آسیب اولیه و یا ناشی از مداخله جراحی، از مهم‌ترین علل بروز اختلالات عصبی محسوب می‌شوند. این تغییرات معمولاً با تصویربرداری‌های پیشرفته مانند MRI قابل شناسایی هستند (۲۷). در برخی موارد، برآمدگی دیسک منجر به پارگی سینوس‌های وریدی و ایجاد ادم نخاعی می‌شود (۲۸). حتی در فشارهای خارجی ناچیز، بافت نخاع می‌تواند دچار التهاب شود و منجر به بدتر شدن وضعیت بالینی بیمار شود (۲۹). بیماری‌هایی مانند بیرون زدگی هسته پالپوز هیدراته (HNPE) از دیگر علل شایع آسیب نخاعی هستند (۳۵). از دیگر موارد حائز اهمیت، می‌توان به کنترل خونریزی در حین جراحی اشاره کرد که گاهی نیاز به تزریق

بیمارانی که تحت فنستراسیون دیسک قرار گرفته‌اند، احتمال بروز اکستروژن مجدد دیسک به میزان چشمگیری افزایش می‌یابد، به طوری که خطر عود در این گروه چندین برابر بیشتر از دیسک‌های بدون مداخله برآورد شده است (۱۷).

ب) طبقه‌بندی بر اساس ماهیت

روش دیگر برای سازمان‌دهی عوارض جراحی ستون فقرات، طبقه‌بندی آن‌ها بر اساس ماهیت است. در این تقسیم‌بندی، عوارض به گروه‌های اصلی عصبی، عفونی، مکانیکی-ساختاری، سیستمیک و مادرزادی تفکیک می‌شوند. عوارض عصبی شامل آسیب مستقیم یا غیرمستقیم به نخاع و ریشه‌های عصبی است که می‌تواند پیامدهایی همچون فلجی، از دست رفتن حس درد عمقی یا اختلالات حرکتی پایدار را به دنبال داشته باشد (۱۸). عوارض عفونی عمدتاً به صورت عفونت اطراف ایمپلنت‌ها و عفونت‌های دستگاه ادراری بروز می‌کنند و با ایجاد التهاب و تخریب بافتی می‌توانند روند ترمیم را به شدت مختل کنند (۱۹). از سوی دیگر، مشکلات مکانیکی-ساختاری نظیر نقصان ایمپلنت، ناپایداری ستون فقرات، تشکیل بافت اسکار فیبروتیک یا اثر دومینو، از جمله عواملی هستند که نتایج جراحی را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

عوارض سیستمیک شامل بروز اختلالات تنفسی ناشی از آسپیراسیون، ذات‌الریه، خونریزی شدید، یا مشکلات گوارشی نظیر اتساع و پیچ خوردگی معده می‌توانند به طور غیرمستقیم بر روند بهبودی تأثیرگذار باشد و سلامت عمومی بیمار را به خطر اندازد (۲۰). علاوه بر این، ناهنجاری‌های مادرزادی ستون فقرات در سگ‌ها و گربه‌ها شایع هستند. اگرچه بسیاری از آن‌ها بدون تظاهر بالینی باقی می‌مانند، اما در مواردی می‌توانند با علائم نورولوژیک آشکار همراه باشند. چراکه برخی از این ناهنجاری‌ها قابلیت درمان جراحی دارند و با پیشرفت روش‌های تصویربرداری و تکنیک‌های جراحی، مدیریت آن‌ها نیز بهبود یافته است (۲۱).

عوارض عصبی شایع

عوارض عصبی از شایع‌ترین و در عین حال نگران‌کننده‌ترین پیامدهای جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک محسوب می‌شوند. در یک مطالعه از ۵۴۶ سگ که تحت عمل دیسک گردنی به روش (VSD) قرار گرفتند، گزارش شد که ۱۰٪ بیماران با عوارض حاد مواجه شدند که این

دستکاری غیرضروری، کنترل خونریزی و رعایت شرایط آسپسی به منظور کاهش رخداد این عارضه موثر بوده است.

ه. Domino Effect

اثر دومینو در جراحی‌های ستون فقرات به پدیده‌ای اطلاق می‌شود که در آن تغییراتی که در یک مهره به دنبال مداخله جراحی ایجاد می‌گردد، سبب انتقال فشار یا ایجاد بی‌ثباتی در مهره‌های مجاور می‌گردد و به تبع آن، زنجیره‌ای از عوارض ثانویه در سطوح مجاور بروز می‌کند. این حالت بیشتر در شرایطی مشاهده می‌شود که بافت بیش از حد برداشته شده باشد، تثبیت مهره‌ای به‌طور کامل و صحیح صورت نگرفته باشد یا تغییرات بیومکانیکی ناشی از جراحی باعث توزیع نامتعادل نیروها در ستون فقرات شود. پیامدهای این پدیده می‌تواند شامل درد مزمن، محدودیت حرکتی، بروز ناپایداری ثانویه و حتی عود فتق دیسک در سگ‌ها و گربه‌ها باشد. هنگامی که یک مهره یا دیسک تحت جراحی قرار می‌گیرد، نیروهای مکانیکی که پیش‌تر در یک سطح متمرکز بوده‌اند، به سطوح مجاور منتقل می‌شوند. این تغییر در توزیع نیروها ممکن است موجب تسریع دژنراسیون دیسک‌های سالم مجاور و افزایش خطر بیرون زدگی یا جابجایی مهره‌ای در آینده شود. از نظر بالینی اثر دومینو می‌تواند باعث بروز عوارض تأخیری و کاهش اثربخشی درمان جراحی گردد و حتی بیمار را نیازمند مداخلات مجدد کند. پیشگیری از بروز اثر دومینو مستلزم برنامه‌ریزی دقیق پیش از عمل، انتخاب صحیح تکنیک جراحی و استفاده از روش‌های تثبیت (فیکسیشن) پایدار و مناسب است (۳۸).

عوارض عفونی و التهابی

عفونت‌ها و واکنش‌های التهابی از مهم‌ترین عوارض جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک محسوب می‌شوند که می‌توانند تأثیر مستقیم بر پیش‌آگهی، روند بهبودی و کیفیت زندگی بیماران داشته باشند. این عوارض طیفی از عفونت‌های سطحی زخم تا التهاب‌های عمیق نخاعی را شامل می‌شوند و در برخی موارد به مداخلات طولانی‌مدت دارویی یا جراحی‌های اصلاحی نیاز دارند (۳۴، ۳۹).

الف. عفونت محل جراحی (SSI)

عفونت محل جراحی (Surgical Site Infection; SSI) به رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها در محل برش جراحی یا بافت‌های عمقی اطراف محل جراحی اطلاق می‌شود و می‌تواند به بروز التهاب موضعی، درد، تب و اختلال در روند

خون یا استفاده از مواد هموستاتیک جذب‌شونده مانند گلفوم یا سرجیکسل، می‌باشد (۱۲).

ب. میلومالاسیا

یکی از عوارض عصبی جدی پس از جراحی، به‌ویژه در سگ‌هایی حس درد عمقی را حس نمی‌کنند، میلومالاسیا است (۳۰). این بیماری با مایع شدن و نکروز پیشرونده پارانشیم نخاعی مشخص می‌شود و غالباً منجر به مرگ می‌شود (۳۸). نژادهایی مانند بولدگ فرانسوی پس از بیرون زدگی دیسک‌های ناحیه سینه‌ای و گردنی، در معرض خطر بیشتری در برابر این بیماری قرار دارند (۳۱). میلومالاسیا می‌تواند به‌صورت صعودی یا نزولی پیشرفت کند و از ناحیه ضایعه اولیه به سایر بخش‌های نخاع گسترش یابد (۳۲).

ج. تشنج

تشنج‌ها اگرچه عارضه‌ای نادر هستند، اما پس از جراحی ستون فقرات ممکن است بروز کنند. میلوگرافی پیش از جراحی احتمال بروز این عارضه را بیشتر می‌کند (۳۳). بنابراین، نظارت دقیق بر بیماران در دوره پس از عمل به‌ویژه در مواردی که میلوگرافی انجام شده، ضروری است (۳۴). تشنج می‌تواند در اثر خونریزی، افزایش فشار داخل جمجمه (ICP) یا آسیب‌های بازپرفیوژن (Reperfusion) ایجاد شود و در برخی موارد با کاهش سطح هوشیاری و بروز علائم عصبی شدید همراه گردد (۳۵). در جراحی‌های ناحیه جمجمه، بیش از نیمی از بیماران طی ۱۰ روز نخست با اختلالات عصبی و تشنج مواجه می‌شوند (۳۶).

د. تشکیل Laminar membrane

تشکیل غشای لامینار یکی از عوارض شایع پس از جراحی‌هایی مانند Hemilaminectomy یا Mini hemilaminectomy است. این غشا در واقع بافت اسکار فیبروتیکی است که در محل برداشت استخوان و اطراف نخاع ایجاد می‌شود و در برخی موارد منجر به فشردگی ثانویه نخاع می‌گردد. عوامل مؤثر در تشکیل آن شامل دستکاری زیاد بافتی، خونریزی، عفونت یا باقی ماندن بقایای دیسک هستند. از نظر بالینی، این عارضه می‌تواند باعث عود درد، ضعف حرکتی یا فلجی شود و در برخی موارد با علائم فتق مجدد دیسک اشتباه گرفته می‌شود.

MRI بهترین روش برای شناسایی غشای لامینار است، زیرا وجود و شدت فشردگی نخاع را نشان می‌دهد (۳۷). کاهش

عفونت‌های قارچی نظیر آسپرژیلوس و بروسلا کنیس، درمان دشوار و پیش‌آگهی ضعیف‌تر خواهد بود (۳۴).

ج. مننژیت یا مننگومیلیت

مننژیت و مننگومیلیت از اختلالات التهابی سیستم عصبی مرکزی هستند که می‌توانند پس از جراحی ستون فقرات بروز کنند و با التهاب مننژها و در مواردی نخاع مشخص می‌شوند. برخی از این بیماری‌ها، مانند مننژوانسفالومیلیت گرانولوماتوز (GME)، ماهیتی خودایمنی دارند و مسری نیستند (۴۷). علائمی مانند سردرد، سرگیجه، تهوع، حساسیت به نور و دوبینی می‌توانند در سگ‌ها مشابه انسان مشاهده شوند (۲۳). درمان این عارضه به‌ویژه در شرایطی که عفونت تأیید شود، معمولاً شامل استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و در برخی موارد برداشتن ایمپلنت است (۴۸). مدت زمان درمان دارویی می‌تواند از دو هفته تا چندین ماه متغیر باشد. اقدامات پیشگیرانه، مانند رعایت دقیق اصول آسپسی و مدیریت بهینه زخم، نقشی کلیدی در کاهش این عوارض دارند (۴۹، ۵۰).

عوارض عفونی و التهابی پس از جراحی ستون فقرات، از عفونت سطحی محل جراحی تا عفونت‌های عمقی نظیر دیسکوسپوندیلیت و مننژیت را در برمی‌گیرند. این شرایط نه‌تنها طول مدت بستری و هزینه‌های درمان را افزایش می‌دهند، بلکه پیش‌آگهی بیماران را نیز به‌طور جدی تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین، رویکردی چندجانبه شامل پیشگیری، تشخیص زودهنگام، درمان هدفمند و پایش دقیق بیماران برای مدیریت این عوارض ضروری است.

عوارض مکانیکی و ساختاری

پارگی‌ها و شکستگی‌های ساختاری ستون فقرات معمولاً ناشی از تروماهای با انرژی بالا هستند که شایع‌ترین علت آن‌ها در سگ‌ها و گربه‌ها تصادفات رانندگی (۶۳.۲٪ موارد) و سپس سقوط از ارتفاعات است (۵۱). اهداف اصلی درمان ضایعات مهره‌ای و نخاعی شامل فراهم کردن شرایط مناسب برای ترمیم بافت عصبی و تثبیت ساختار استخوانی جهت جلوگیری از آسیب نخاعی بیشتر است. هنگامی که دو یا چند بخش از یک مهره درگیر باشند، وضعیت از نظر مکانیکی و بالینی ناپایدار تلقی شده و جراحی تثبیت با فیکساتورهای داخلی توصیه می‌شود (۵۲). این آسیب‌ها طیفی از درد متوسط تا شدید، اختلالات حسی و حرکتی، و در موارد شدید، از دست دادن عملکرد احشایی و حتی مرگ یا نیاز به یوتانازی را به دنبال دارند (۳۴). علاوه بر

ترمیم منجر گردد (۴۰). عوامل خطر متعددی در بروز SSI نقش دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به افت فشار خون حین عمل، بیرون‌زدگی‌های دیسک در نواحی گردنی-سینه‌ای، تجربه کمتر جراح، وزن بالای بدن (بیش از ۲۰ کیلوگرم) و استفاده از داروهای ضدالتهابی غیراستروئیدی اشاره کرد (۱۲، ۴۱).

پاتوزن‌های شایع در SSI شامل استافیلوکوکوس اینترمیدیوس، استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیا کلی، کورینه‌باکتریوم، استرپتوکوکوس، پسودوموناس و پروتئوس هستند (۱۹). به منظور تشخیص این عفونت‌ها از روش‌های تصویربرداری استفاده می‌شود (۶۱). در سگ‌ها، عفونت محل جراحی به دلیل نقص در رعایت اصول آسپسی یا زخم‌های تروماتیک از عوامل بارز خطر محسوب می‌شوند (۴۲). سایر عوامل خطر شامل: مدت بیهوشی و جراحی، تعداد افراد حاضر در اتاق عمل، درن‌گذاری زخم، افزایش وزن بدن، کاهش دمای بدن بیمار حین جراحی، خونریزی شدید، شوک یا افت فشار خون، وجود عفونت دوردست، پرتودرمانی قبلی محل جراحی، بیماری‌های سیستمیک (مانند اورمی)، اختلالات غددی، استفاده بیش‌ازحد از الکتروکوتر، پروتکل‌های بیهوشی حاوی پروپوفول، مصرف دوز بالای کورتیکواستروئیدها، بستری در ICU، نوک ساکشن آلوده و بخیه‌های چندرشته‌ای هستند. همچنین، آسیب‌های بافتی که منجر به کاهش خونرسانی، ایجاد فضای مرده و تشکیل سروما یا هماتوم میشوند خطر التهاب، بازشدگی زخم و عفونت پس از عمل را افزایش می‌دهد (۴۳، ۴۴).

ب. دیسکوسپوندیلیت یا استئومیلیت مهره‌ای
دیسکوسپوندیلیت نوعی عفونت و التهاب دیسک بین‌مهره‌ای و مهره‌های مجاور است که بیشتر در سگ‌های نر نژاد متوسط تا بزرگ رخ می‌دهد. دلیل این عارضه معمولاً انتشار باکتری‌ها از طریق جریان خون و مهاجرت اجسام خارجی بوده است و یا گاهی به‌عنوان یک عارضه یاتروژنیک پس از جراحی یا تزریق ایجاد می‌شود (۴۵). درمان این عارضه معمولاً مستلزم مصرف دوره‌های طولانی مدت آنتی‌بیوتیک (چند ماهه) همراه با داروهای مسکن است و انتخاب آنتی‌بیوتیک باید بر اساس نتایج کشت و آنتی‌بیوگرام صورت گیرد (۴۶). پیش‌آگهی این بیماری در موارد باکتریایی ساده و بدون نقص‌های عصبی شدید معمولاً مطلوب است، اما در موارد همراه با مقاومت دارویی یا

استخوان در جراحی های لامینکتومی و یا فقدان فیکسیشن مناسب رخ دهد (۳۴). در چنین شرایطی، ستون فقرات دچار ضعف ساختاری می شود که پیامد آن درد، اختلالات حرکتی و افزایش خطر آسیب عصبی است (۵۷). همچنین، کاهش اندازه یا برداشت تومورهای مهره ای می تواند منجر به شکستگی یا دررفتگی های پاتولوژیک و از بین بردن ثبات ساختاری شود (۵۸). در این موارد، تعادل میان برداشت ضایعه و حفظ پایداری مهره ای بسیار حساس بوده و ممکن است به اقدامات تثبیتی ثانویه نیاز باشد (۲۴). استفاده از ایمپلنت هایی مانند پین، پیچ، PMMA یا صفحات نخاعی در چنین مواردی شایع است، هر چند استفاده از این ایمپلنت ها عوارض خاص خود را دارند (۱۵). در مجموع، تصمیم گیری برای انتخاب روش تثبیت باید بر اساس ارزیابی دقیق خطرات، میزان برداشت استخوان و شرایط بیمار صورت گیرد (۴۰).

ج. فشار مداوم یا عودکننده

یکی دیگر از مشکلات مکانیکی مهم، فشار مداوم یا عودکننده نخاع پس از جراحی است. این حالت می تواند ناشی از برداشت ناکامل ضایعه (مانند اکستروژن دیسک نوع (I) یا باقی ماندن مواد فشاری باشد و باعث تداوم علائم عصبی شود. تثبیت مناسب ستون فقرات، کنترل تشکیل غشای لامینا و اجتناب از اشتباه در سطح جراحی، در کنترل رخداد این عارضه اهمیت ویژه ای دارند (۵۹).

عوارض سیستمیک

جراحی ستون فقرات، علاوه بر عوارض عصبی، می تواند پیامدهای گسترده ای بر عملکرد سیستم های مختلف بدن داشته باشد. این عوارض که تحت عنوان عوارض سیستمیک شناخته می شوند، طیف وسیعی از اختلالات تنفسی، قلبی-عروقی، گوارشی و ادراری را در برمی گیرند و می توانند بر پیش آگهی بیماران تأثیر چشمگیری داشته باشند (۶۰). عوامل متعددی نظیر نوع بیهوشی، وضعیت عمومی بیمار، سطح ضایعه نخاعی و تکنیک های جراحی در بروز این اختلالات نقش دارند (۲۰). اختلالات حسی ناشی از آسیب نخاعی (SCI) مانند آتاکسی، هیپوستزی می توانند کیفیت زندگی حیوان را به شدت کاهش دهند. در برخی موارد، درد نوروپاتیک مزمن (پارستزی) ایجاد می شود که حتی به رفتارهای خودآسیب زنده منجر می گردد. همچنین، SCI می تواند طیفی از اختلالات اتونومیک شامل ناپایداری فشار خون و اختلالات مثانه و روده را نیز ایجاد کند (۲). علاوه بر

ضایعات اولیه، عوارض مکانیکی و ساختاری پس از جراحی نیز می توانند روند بهبودی و نتایج درمانی را تحت تأثیر قرار دهند. این عوارض غالباً ناشی از مشکلات ایمپلنت ها، دشواری در حفظ ثبات مهره ای و یا فشردگی مکرر نخاع یا ریشه های عصبی هستند (۹۴). در کنار این موارد، آسیب های یاتروژنیک ناشی از خطاهای جراحی، دستکاری نادرست بافت ها و استفاده نامناسب از ابزار نیز می تواند سبب بروز علائم عصبی جدید و خونریزی یا ناپایداری ساختاری شوند (۵۳).

الف. مشکلات مرتبط با ایمپلنت

ایمپلنت ها یکی از اصلی ترین ابزارهای تثبیت ستون فقرات هستند. عوارضی که ممکن است به دنبال استفاده از ایمپلنت ها رخ دهد شامل، شکسته شدن، شل شدن یا جابجایی ایمپلنت، می باشد (۵۴). برای تثبیت شکستگی ها و دررفتگی های مهره ای (VFL)، از انواع ایمپلنت ها مانند صفحات دینامیک (LCDCP)، صفحات قفلی (LCP)، صفحات (String of Pearls (SOP)، پیچ های پدیکولار تیتانیومی، پین ها با یا بدون سرکلاژ و یا ترکیب آن ها با سیمان استخوانی پلی متیل متاکریلات (PMMA) استفاده می شود (۷، ۵۵). ترکیب پین و پیچ با PMMA به عنوان «استاندارد طلایی» تثبیت در حیوانات کوچک شناخته شده است.

نتایج یک مطالعات گذشته نگر نیز تأکید دارد که بیماران تحت درمان با پین و PMMA بهبود عصبی قابل توجهی نسبت به درمان های محافظه کارانه دارند، به ویژه در حیواناتی که پیش از عمل حس درد را حفظ کرده اند. استفاده از PMMA می تواند عوارضی همچون نکروز حرارتی، شکسته شدن یا شل شدن، عفونت و آتروفی عضلات مجاور ایجاد کند. استفاده از سیمان های استخوانی حاوی آنتی بیوتیک های مقاوم به حرارت مانند وانکومایسین می تواند در موارد عفونت به حفظ ایمپلنت و کنترل موضعی باکتری ها کمک کند (۵۶). در برخی مطالعات بیومکانیکی، صفحات قفلی و پیچ های پدیکولار نسبت به PMMA عملکرد بهتری نشان داده اند. همچنین، برداشتن صفحات قفلی و پیچ های پدیکولار در صورت نیاز، نسبت به PMMA آسان تر می باشد (۱۵).

ب. ناپایداری ستون فقرات یا فروپاشی مهره

ناپایداری ستون فقرات یکی دیگر از عوارض مهم پس از جراحی است که می تواند به دنبال برداشت بیش از حد

علاوه بر این، اختلالات مزمن مانند ادرار سوزی (urinary scalding) و زخم بستر (decubital ulcers) در بیماران ambulatory - non شایع هستند و به مراقبت دقیق پوستی، تغییر وضعیت منظم و استفاده از تجهیزات حمایتی نیاز دارند. هماتوم‌های پس از عمل نیز می‌توانند روند ترمیم را مختل کرده و نیازمند مداخله باشند (۶۸، ۶۹).

شناسایی و پایش عوارض

پایش و شناسایی به موقع عوارض یکی از ارکان اصلی در بهینه‌سازی نتایج بالینی بیماران تحت جراحی ستون فقرات است. این فرآیند شامل ارزیابی دقیق وضعیت عمومی و عصبی بیمار، استفاده از روش‌های تشخیصی مکمل، و پیروی از پروتکل‌های ساختاریافته نظارتی می‌باشد (۷۰، ۷۱).

الف. علائم بالینی که باید پس از عمل جراحی تحت نظر قرار گیرند.

سگ‌هایی که تحت جراحی ستون فقرات قرار می‌گیرند، نیازمند مراقبت دقیق پس از جراحی هستند تا علائم هشداردهنده به سرعت شناسایی شود (۳). مهم‌ترین مواردی که باید تحت نظر قرار گیرند شامل شدت درد، تغییرات در عملکرد عصبی، تب، وضعیت زخم و احتمال بروز عفونت است (۷۲). استفاده از داروهای ضد درد مانند گاباپنتین، پیرگابالین یا اپیوئیدهای خوراکی می‌تواند به کنترل مؤثر درد و کاهش استرس کمک کند (۷۳). از عوارض جدی جراحی دیسک گردنی، ناتوانی در تنفس پس از جراحی است که در صورت بروز به تهبویه مکانیکی فوری نیاز دارد. همچنین، معاینات عصبی روزانه به منظور بررسی بازگشت یا وخامت عملکرد حرکتی و حسی ضروری است. در این راستا، آموزش صاحبان حیوانات در خصوص مراقبت‌های خانگی و کنترل زخم می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از عوارض دیررس ایفا کند (۷۴).

ب. پروتکل‌های پایش

پروتکل‌های پایش پس از جراحی باید جامع و فردمحور باشند و علاوه بر وضعیت عصبی، شامل مدیریت تخلیه ادرار، نظارت بر گوارش، پیشگیری از عفونت‌های ادراری و اجرای توانبخشی باشند (۵۸). مراقبت‌های ادراری شامل تخلیه منظم مثانه سه تا چهار بار در روز، اجتناب از استفاده طولانی‌مدت از سوندهای ادراری و حفظ بهداشت کامل محیطی است. از نظر توانبخشی، فیزیوتراپی و آب درمانی

این، افت فشار خون حین بیهوشی یکی از عوارض شایع و خطرناک محسوب می‌شود که در حدود ۱۲٪ بیماران گزارش شده و می‌تواند با پیامدهای جدی همراه باشد (۳). از آنجا که بیماران مبتلا به SCI توانایی خودتنظیمی عروقی را از دست می‌دهند، خطر افت فشار خون حین عمل در آن‌ها افزایش می‌یابد (۲).

الف. عوارض تنفسی

اختلالات تنفسی یکی از جدی‌ترین عوارض سیستمیک پس از جراحی ستون فقرات، به‌ویژه در ضایعات ناحیه گردنی و سینه ای قدامی هستند (۶۱). این اختلالات می‌توانند ناشی از آسیب مسیرهای نزولی مراکز تنفسی، ضعف دیافراگم و یا انسداد راه‌های هوایی فوقانی باشند (۲). بیماران با آسیب‌های گردنی ممکن است نیازمند تهبویه مکانیکی پیش، حین یا پس از جراحی باشند (۶۲). پنومونی استنشاقی یکی از شایع‌ترین و مرگبارترین عوارض به‌ویژه در ناپایداری آتلانتوآکسیال (AA) است و می‌تواند با مشکلات حلقی و حنجره همراه باشد (۶۳).

ب. عوارض ادراری و گوارشی

اختلالات ادراری پس از جراحی ستون فقرات شایع هستند و شامل بی‌اختیاری، احتباس ادرار و عفونت‌های دستگاه ادراری (UTIs) می‌شوند (۶۴). بیماران مبتلا به ضایعات در ناحیه سینه‌ای و کمری اغلب دچار احتباس مثانه ناشی از اختلال عملکرد نوروئیک حرکتی فوقانی (UMN) می‌شوند که مدیریت آن نیازمند تخلیه دستی یا سوندگذاری مکرر است (۶۵). بیشتر بیماران با بازیابی عملکرد حرکتی، کنترل ارادی ادرار خود را نیز به دست می‌آورند. با این حال، تا زمان بازیابی کامل، بستری کردن حیوان در بیمارستان برای مراقبت‌های دقیق از مثانه ضروری است (۶۶). نرخ بروز UTIs پس از جراحی ستون فقرات در سگ‌ها نسبتاً بالا گزارش شده و گونه‌هایی مانند اشرشیاکلی و انتروکوکوس از پاتوژن‌های شایع محسوب می‌شوند (۶۷). همچنین، سگ‌های ماده و بیماری‌هایی که آنتی‌بیوتیک پروفیلاکتیک دریافت نکرده‌اند بیشتر در معرض خطر هستند (۲). از نظر گوارشی، استفاده همزمان از داروهای استروئیدی و NSAIDs خطر خونریزی و زخم‌های معده و دوازدهه را افزایش می‌دهد. در سگ‌های نژاد بزرگ، عوارضی مانند اتساع و پیچ خوردگی معده (GDV) نیز ممکن است رخ دهد و نیازمند اقدامات فوری است.

راهبردهای پیشگیری

پیشگیری از عوارض جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک نیازمند رویکردی چندجانبه است که شامل اقدامات قبل، حین و پس از جراحی و مشارکت فعال صاحبان بیمار در فرآیند پیگیری روند درمان، می‌شود. طراحی و اجرای راهبردهای پیشگیرانه نه تنها به کاهش بروز عوارض کمک می‌کند، بلکه می‌تواند کیفیت زندگی بیماران و موفقیت کلی جراحی را به طور قابل توجهی ارتقا دهد.

الف) برنامه‌ریزی پیش از جراحی

برنامه‌ریزی دقیق پیش از جراحی، نخستین گام در کاهش عوارض محسوب می‌شود. مدیریت مثانه در بیماران غیرمتحرک اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا احتباس یا بی‌اختیاری ادراری می‌تواند به عفونت‌های دستگاه ادراری (UTIs) منجر شود و دوره نقاهت را پیچیده کند (۸۲). توصیه می‌شود مثانه این بیماران، سه تا چهار بار در روز به طور دستی تخلیه شود و از کاتترهای ادراری دائمی اجتناب گردد. نظارت منظم برای شناسایی عفونت‌های تحت بالینی، به ویژه در سگ‌هایی که تحت جراحی دیسک‌های ناحیه سینه‌ای و گردنی قرار گرفته‌اند، ضروری است (۸۳). علاوه بر این، آغاز سریع مداخلات توانبخشی مانند فیزیوتراپی، آب درمانی و استفاده از تجهیزات حمایتی مانند قفسه‌های پددار و کالسکه‌های کمکی می‌تواند از بروز زخم‌های فشاری، آتروفی عضلانی و عوارض سیستمیک جلوگیری کند (۸۴).

ب) تکنیک‌های حین جراحی

اجرای تکنیک‌های دقیق جراحی یکی از مهم‌ترین راهبردهای پیشگیری از عوارض است. رعایت اصول آسپسی سختگیرانه، اجتناب از دستکاری خشن بافت‌های عصبی، و حفظ ساختارهای عضلانی و تاندونی از عوامل کلیدی در کاهش خونریزی و عفونت محسوب می‌شوند (۸۵). در جراحی‌هایی مانند دیسکتومی، خونریزی سینوس‌های وریدی یکی از چالش‌های شایع است که با استفاده از مواد هموستاتیک مانند ژل فوم یا سرجیسل قابل کنترل است (۸۶). محدود کردن میزان برداشت استخوان می‌تواند خطر ناپایداری مهره‌ای را کاهش دهد. همچنین گزارش شده است که شل کردن متناوب رترکتورها در طول عمل می‌تواند بروز مشکلات راه هوایی فوقانی را کاهش دهد (۸۷).

ج) مراقبت‌های پس از جراحی

از ابزارهای کلیدی برای بازتوانی بیماران محسوب می‌شوند و می‌توانند به تسریع روند بهبودی کمک کنند. در زمینه مدیریت دارویی، استفاده محتاطانه از گلوکوکورتیکوئیدها و داروهای اپوئیدی توصیه می‌شود تا از بروز عوارض ثانویه مانند سرکوب تنفسی یا زخم‌های گوارشی پیشگیری گردد. نظارت بر فعالیت‌های تشنجی، به ویژه در بیمارانی که تحت میلوگرافی قرار گرفته‌اند، باید با دقت بالایی انجام شود (۷۵).

پیش‌آگهی و پیش‌بینی‌کننده‌های نتایج

پیش‌آگهی بیماران تحت جراحی ستون فقرات به مجموعه‌ای از عوامل بالینی، نورولوژیک و جراحی بستگی دارد (۱۰). وضعیت عصبی پیش از جراحی، وجود یا عدم وجود حس درد عمقی، زمان مداخله، و بروز عوارض پس از جراحی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده نتایج محسوب می‌شوند (۷۶).

الف. شاخص‌های پیش‌آگهی

مطالعات نشان داده‌اند که بیماران مبتلا به بیماری‌های دیسک، معمولاً پیش‌آگهی بسیار مطلوبی دارند و در برخی از گزارش‌ها نرخ موفقیت جراحی تا ۹۹٪ ذکر شده است (۷۷). در موارد بیماری‌های دیسک سینه‌ای و کمری، بیماران دارای حس درد عمقی غالباً ظرف دو هفته پس از جراحی توانایی راه رفتن را بازیابی می‌کنند (۷۸). در مقابل، بیماران فاقد حس درد عمقی اغلب پیش‌آگهی ضعیف‌تری دارند و احتمال میلومالاسی صعودی یا نزولی در آن‌ها بیشتر است. همچنین، زمان انجام مداخله جراحی نقش حیاتی دارد؛ هرچه مداخله سریع‌تر انجام شود، احتمال بهبودی کامل افزایش می‌یابد (۷۹).

ب. تأثیر عوارض بر نتیجه بلندمدت

عوارض پس از جراحی می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت زندگی و طول عمر بیماران داشته باشند. برای مثال، عفونت‌های ادراری مکرر، نقصان ایمپلنت، یا ناپایداری مهره‌ای می‌توانند باعث طولانی شدن دوره نقاهت و کاهش شانس موفقیت جراحی شوند (۸۰). به طور مثال زمان بهبودی در بیمارانی که تحت جراحی لامینکتومی پشتی (Dorsal Laminectomy) قرار گرفته‌اند، طولانی‌تر است، اما به طور کلی، معمولاً به طور کامل بهبود می‌یابند (۸۱).

فشار، از جمله مداخلات کلیدی در حیواناتی است که دچار ضایعات نخاعی گردنی یا سینه‌ای کمری هستند (۳). وجود ضایعات فشاری یا ناپایداری نخاعی که در تصویربرداری مشخص می‌شود، می‌تواند ضرورت مداخله جراحی تکمیلی را نشان دهد (۹۲). اگرچه گلوکوکورتیکوئیدها معمولاً پس از جراحی متوقف می‌شوند، اما در صورت تشدید علائم عصبی ممکن است به‌طور موقت برای کاهش التهاب یا پایدارسازی وضعیت تجویز گردند (۹۳). باید توجه داشت که تجویز همزمان داروهای ضدالتهابی استروئیدی و غیراستروئیدی به‌طور جدی منع شده است، زیرا خطر بروز عوارض گوارشی شدید را افزایش می‌دهد (۹۴).

ب) عفونت

عفونت‌های ستون فقرات، به‌ویژه دیسکوسپوندیلیت، نیازمند درمان دقیق و هدفمند هستند (۹۵). انتخاب آنتی‌بیوتیک باید بر اساس نتایج کشت و آنتی‌بیوگرام انجام شود تا اثربخشی درمانی تضمین گردد. در مراحل حاد، درمان داخل‌وریدی با سفالوسپورین‌های نسل اول یا پنی‌سیلین‌های مقاوم به بتالاکتاماز معمولاً انتخاب اولیه است، و پس از ۵ تا ۷ روز می‌تواند به درمان خوراکی تبدیل شود (۹۶). در موارد پاسخ ضعیف، اضافه کردن آنتی‌بیوتیک‌های مؤثر بر باکتری‌های بی‌هوازی توصیه می‌شود. طول درمان اغلب تا چندین ماه ادامه دارد و به طور میانگین بیش از ۵۰ هفته گزارش شده است (۹۷). درمان عفونت‌های خاص، مانند بروسلا کنیس، نیازمند ترکیب داروهای تتراسایکلین و آمینوگلیکوزید است (۱۹). در حالی که عفونت‌های قارچی مقاوم مانند آسپرژیلوس ممکن است به داروهای نظیر ایتراکانازول یا وریکونازول نیاز داشته باشند (۹۸). همچنین بیماران باید از نظر عفونت‌های دستگاه ادراری تحت نظر باشند، زیرا این عفونت‌ها می‌توانند تحت‌بالینی بوده و ماه‌ها پس از جراحی بروز کنند (۹۹).

ج) عوارض ایمپلنت

جراحی مجدد یا برداشت ایمپلنت ممکن است در مواردی ضروری باشند (۱۰۰). هر دو روش تثبیت ستون فقرات سینه‌ای کمری و گردنی این مشکلات را به همراه دارند (۷). قرارگیری نادرست ایمپلنت (مانند آسیب به نخاع ناشی از عمل جراحی) و جابجایی ایمپلنت دو مشکل دیگر شناخته شده مرتبط با ایمپلنت هستند (۱۰۱)، با این حال، زمانی که "شکست ایمپلنت" یا "مهاجرت ایمپلنت" رخ می‌دهد،

مراقبت‌های دقیق پس از جراحی بخش مهمی از راهبرد های پیشگیرانه را تشکیل می‌دهد (۸۲). مدیریت درد با استفاده از دوزهای پایین اپیوئیدها، پرگابالین یا اپیوئیدهای خوراکی توصیه می‌شود تا از عوارض جانبی شدید مانند سرکوب تنفسی جلوگیری گردد (۸۲). بیماران تحت تثبیت مهره ممکن است به دوره‌های طولانی‌تری از درمان ضد درد نیاز داشته باشند (۳). مراقبت از مثانه همچنان در این مرحله اهمیت دارد و تخلیه منظم آن باید ادامه یابد تا از UTIS جلوگیری شود (۸۸). از سوی دیگر، توانبخشی فعال شامل فیزیوتراپی و آب درمانی می‌تواند به کاهش خشکی مفاصل، حفظ قدرت عضلانی و تسریع روند بهبود کمک کند (۸۹). نظارت منظم بر علائم عفونت و انجام تصویربرداری نیز برای شناسایی زود هنگام مشکلاتی مانند دیسکوسپوندیلیت پس از جراحی ضروری است (۹۰).

د) آموزش و پیگیری صاحب حیوان

نهایتاً، نقش صاحبان حیوان در پیگیری و مراقبت پس از جراحی حیاتی است. آموزش دقیق در زمینه بررسی روزانه زخم، کنترل مثانه و پایش علائم عصبی باید پیش از مرخص کردن بیمار، به‌طور کامل به صاحب بیمار آموزش داده شود. حیواناتی که پیش از جراحی دچار آسیب‌های شدید عصبی یا سابقه بیماری‌هایی مانند دیسکوسپوندیلیت هستند، به‌طور ویژه در معرض خطر عوارض قرار دارند و باید با فواصل زمانی کوتاه‌تر معاینه شوند (۹۱). انجام رادیوگرافی‌های دوره‌ای هر یک تا دو ماه، به همراه ارزیابی بالینی، به شناسایی زود هنگام مشکلاتی مانند عود دیسک یا نقصان ایمپلنت کمک می‌کند (۸۱).

استراتژی‌های مدیریت

مدیریت عوارض پس از جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک مستلزم رویکردی چند جانبه است که شامل پایش دقیق، مداخلات دارویی و در صورت لزوم اصلاحات جراحی می‌شود. این استراتژی‌ها به‌ویژه در بیمارانی که با بدتر شدن وضعیت عصبی، عفونت یا نقصان ایمپلنت مواجه می‌شوند، اهمیت حیاتی دارند. هدف نهایی مدیریت عوارض، جلوگیری از پیشرفت آسیب‌ها، به حداقل رساندن پیامدهای عملکردی و ارتقای کیفیت زندگی بیماران است.

الف) وخیم تر شدن وضعیت عصبی

در صورت بدتر شدن وضعیت عصبی پس از جراحی یا عدم بهبودی بالینی، گزینه‌های جراحی باید مجدداً مورد ارزیابی قرار گیرند (۲۴). پایداری ستون فقرات، با یا بدون کاهش

از ابزار و ایمپلنت‌های مناسب نقش کلیدی در کاهش خطر خونریزی، عفونت و ناپایداری دارد. پیشرفت‌های اخیر در جراحی کم‌تهاجمی و استفاده از فناوری‌های تصویربرداری حین عمل نیز افق‌های جدیدی برای کاهش آسیب‌های یاتروژنیک و کوتاه‌کردن زمان بهبودی ایجاد کرده‌اند. مراقبت‌های پس از جراحی، یکی از حساس‌ترین مراحل در تضمین موفقیت درمان است. مدیریت دقیق درد، پایش مداوم وضعیت عصبی و عمومی بیمار، کنترل عملکرد مثانه و روده، و اجرای برنامه‌های فیزیوتراپی و توانبخشی به موقع، عواملی حیاتی در تسریع روند بهبود و پیشگیری از عوارض ثانویه مانند زخم بستر، عفونت‌های دستگاه ادراری و آتروفی عضلانی هستند. علاوه بر این، آموزش مستمر صاحبان حیوانات خانگی برای شناسایی علائم هشداردهنده و همکاری آن‌ها در اجرای پروتکل‌های توانبخشی، یکی از ارکان موفقیت درمانی به شمار می‌آید.

مشارکت جراحان دامپزشک، متخصصان بیهوشی، رادیولوژیست‌ها، پرستاران و صاحبان حیوانات، شبکه‌ای از حمایت و مراقبت ایجاد می‌کند که هدف نهایی آن ارتقای کیفیت زندگی و بازگرداندن حداکثر عملکرد به بیمار است. تعهد به یادگیری مداوم، تبادل دانش بین‌رشته‌ای و به‌روزرسانی مداوم دستورالعمل‌های بالینی، کلید ارتقای نتایج و تعیین استانداردهای جدید در مدیریت آسیب‌های نخاعی در حیوانات کوچک است.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

ممکن است به روش‌های جراحی اضافی مانند اصلاح یا برداشتن ایمپلنت نیاز باشد.

نتیجه‌گیری

عوارض ناشی از جراحی ستون فقرات در حیوانات کوچک، بخش جدایی‌ناپذیری از روند درمان هستند و می‌توانند به طور مستقیم بر پیش‌آگهی و کیفیت زندگی بیماران تأثیر بگذارند. از میان این عوارض، عفونت محل جراحی، میلومالاسی پیشرفته، اختلالات سیستمیک شامل مشکلات تنفسی، گوارشی و ادراری، و نقصان ایمپلنت از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده بروز عوارض محسوب می‌شوند. این عوارض نه‌تنها در دوره کوتاه‌مدت پس از عمل بلکه در بازه‌های میان‌مدت و بلندمدت نیز می‌توانند بروز کنند و پیامدهایی از درد مزمن تا ناتوانی حرکتی و حتی مرگ را به همراه داشته باشند. بنابراین، شناسایی به‌موقع، پیشگیری هدفمند و مدیریت فعال این عوارض، باعث دستیابی به نتایج مطلوب میشوند، معاینات کامل عصبی، تصویربرداری‌های پیشرفته مانند MRI و CT، و بررسی وضعیت سیستمیک بیمار (تنفسی، قلبی-عروقی و گوارشی) می‌توانند پیش‌بینی مناسبی از ریسک‌های احتمالی ارائه دهند. این اطلاعات به جراح کمک می‌کند تا راهبرد مناسب‌تری را برای انتخاب تکنیک جراحی، نوع ایمپلنت و مراقبت‌های پس از عمل تدوین کند. همچنین، توجه به عوامل پیش‌آگهی مانند وجود یا عدم وجود حس درد عمقی، زمان‌بندی مداخله و شدت ناپایداری ستون فقرات، مسیر درمانی و شانس بهبودی بیمار را مشخص می‌سازند.

در مرحله‌ی جراحی، رعایت دقیق اصول آسپسی، دستکاری حداقلی بافت‌ها، انتخاب صحیح مسیر دسترسی و استفاده

منابع

- Dewey CW, Da Costa RC. Practical guide to canine and feline neurology: John Wiley & Sons; 2015.
- Granger N, Carwardine D. Acute spinal cord injury: tetraplegia and paraplegia in small animals. *Veterinary clinics: small animal practice*. 2014;44(6):1131-56. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.07.013>
- Moore SA, Tipold A, Olby NJ, Stein V, Granger N, Consortium CSCI. Current approaches to the management of acute thoracolumbar disc extrusion in dogs. *Frontiers in veterinary science*. 2020;7:610. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00610>
- Bergknut N, Egenvall A, Hagman R, Gustås P, Hazewinkel HA, Meij BP, et al. Incidence of intervertebral disk degeneration-related diseases and associated mortality rates in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2012;240(11):1300-

9. <https://doi.org/10.2460/javma.240.11.1300>
5. CW D. Myelopathies: Disorders of the Spinal Cord. *A Practical Guide to Canine & Feline Neurology*. 2008:323-88.
6. Schwab ML, Ferrarin DA, Ripplinger A, Wrzesinski MR, Rauber JdS, Chaves JNF, et al. Surgical complications associated with hemilaminectomy and intervertebral disc fenestration: Prospective study of 64 dogs. *Ciência Rural*. 2023;53(10):e20220400. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220400>
7. Jeffery ND. Vertebral fracture and luxation in small animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2010;40(5):809-28. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.05.004>
8. Vilkovysky IF, Rusnak IA, Yagnikov SA, Sakhno NV, Seleznev SB. Analysis of surgical correction of atlantoaxial instability in dogs. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023;18(2):241-9. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-2-241-249>
9. King LG. Postoperative complications and prognostic indicators in dogs and cats with septic peritonitis: 23 cases (1989–1992). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1994;204(3):407-14. <https://doi.org/10.2460/javma.1994.204.03.407>
10. Aikawa T, Fujita H, Kanazono S, Shibata M, Yoshigae Y. Long-term neurologic outcome of hemilaminectomy and disk fenestration for treatment of dogs with thoracolumbar intervertebral disk herniation: 831 cases (2000–2007). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2012;241(12):1617-26. <https://doi.org/10.2460/javma.241.12.1617>
11. Brainard BM, Alwood AJ, Kushner LI, Drobatz KJ, King LG. Postoperative pulmonary complications in dogs undergoing laparotomy: anesthetic and perioperative factors. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2006;16(3):184-91. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2006.00177.x>
12. Walker M. Development of a patient specific 3D-printed drill guide for ventral slot surgery in dogs: University of Prince Edward Island; 2024.
13. Gouveia D, Cherubini GB. Dorsal laminectomy for the treatment of lateralised cervical intervertebral disc extrusions in dogs—Prognosis and complications. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024;11:1365020. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1365020>
14. Gordon-Evans W. Dorsal Laminectomy. *Complications in Small Animal Surgery*. 2016:596-601. <https://doi.org/10.1002/9781119421344.ch85>
15. Diamante GAC, Marinho PVT, Dal-Bó IdS, Bregadioli T, Paes F, do Rego RO, et al. Long-term clinical complications associated with the use of polymethyl methacrylate in spinal stabilization of dogs and cats: case series. 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5supl1p2453>
16. Argent V, Perillo R, Jeffery N, Freeman P. Recurrence of signs consistent with cervical intervertebral disc extrusion in dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 2022;63(6):454-9. <https://doi.org/10.1111/jsap.13480>
17. Pontikaki AE, Pavlidou K, Polizopoulou Z, Savvas I, Kazakos G. Prophylactic effect of fenestration on the recurrence of thoracolumbar intervertebral disc disease in dogs. *Animals*. 2022;12(19):2601. <https://doi.org/10.3390/ani12192601>
18. Šulla I, Balik V, Horňák S, Ledecký V. Spinal cord injuries in dogs part I: A

- review of basic knowledge. *Folia Vet.* 2018;62:35-44.
<https://doi.org/10.2478/fv-2018-0015>
19. Korytářová N, Kramer S, Schnepf A, Kreienbrock L, Volk HA. Rate of surgical site and urinary tract infections in dogs after cessation of antibiotics following spinal surgery. *Veterinary Record.* 2023;192(8):no-no.
<https://doi.org/10.1002/vetr.2340>
 20. Adams JG. *Physiology, Pathophysiology, and Anesthetic Management of Patients with Gastrointestinal Disease.* *Veterinary Anesthesia and Analgesia: The Sixth Edition of Lumb and Jones.* 2024:862-90.
<https://doi.org/10.1002/9781119830306.ch41>
 21. Westworth DR, Sturges BK. Congenital spinal malformations in small animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice.* 2010;40(5):951-81.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.05.009>
 22. Nelson LL. Surgical site infections in small animal surgery. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice.* 2011;41(5):1041-56.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.05.010>
 23. Rossmeisl Jr JH, White C, Pancotto TE, Bays A, Henao-Guerrero PN. Acute adverse events associated with ventral slot decompression in 546 dogs with cervical intervertebral disc disease. *Veterinary surgery.* 2013;42(7):795-806.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2013.12039.x>
 24. Fossum TW. *Small Animal Surgery E-Book: Small Animal Surgery E-Book:* Elsevier Health Sciences; 2018.
 25. Tipold A, Stein VM. Inflammatory diseases of the spine in small animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice.* 2010;40(5):871-9.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.05.008>
 26. Gernone F, Uva A, Cavalera MA, Zatelli A. Neurogenic bladder in dogs, cats and humans: a comparative review of neurological diseases. *Animals.* 2022;12(23):3233.
<https://doi.org/10.3390/ani12233233>
 27. Da Costa RC, De Decker S, Lewis MJ, Volk H, Consortium CSCI. Diagnostic imaging in intervertebral disc disease. *Frontiers in veterinary science.* 2020;7:588338.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.588338>
 28. Mai W. Normal MRI spinal anatomy, degenerative disc disease, and disc herniation. *Diagnostic MRI in Dogs and Cats:* CRC Press; 2018. p. 412-46.
 29. Henke D, Gorgas D, Flegel T, Vandavelde M, Lang J, Doherr MG, et al. Magnetic resonance imaging findings in dogs with traumatic intervertebral disk extrusion with or without spinal cord compression: 31 cases (2006–2010). *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 2013;242(2):217-22.
<https://doi.org/10.2460/javma.242.2.217>
 30. Fraidakis MJ. Experimental spinal cord injury: methodological and neuroimmunological contributions with some historical background: Karolinska Institutet (Sweden); 2011.
 31. Balducci F, Canal S, Contiero B, Bernardini M. Prevalence and risk factors for presumptive ascending/descending myelomalacia in dogs after thoracolumbar intervertebral disk herniation. *Journal of veterinary internal medicine.* 2017;31(2):498-504.
<https://doi.org/10.1111/jvim.14656>
 32. Castel A, Olby NJ, Ru H, Mariani CL, Muñana KR, Early PJ. Risk factors associated with progressive myelomalacia in dogs with complete sensorimotor loss following intervertebral disc extrusion: a retrospective case-control study. *BMC Veterinary Research.* 2019;15:1-9.
<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2186-0>
 33. da Costa RC, Parent JM, Dobson H. Incidence of and risk factors for seizures after myelography performed with iohexol in dogs: 503 cases (2002–2004).

- Journal of the American Veterinary Medical Association. 2011;238(10):1296-300.
<https://doi.org/10.2460/javma.238.10.1296>
34. Jeffery N, Levine J, Olby N, Stein V. Intervertebral disk degeneration in dogs: consequences, diagnosis, treatment, and future directions. *Journal of veterinary internal medicine*. 2013;27(6):1318-33.
<https://doi.org/10.1111/jvim.12183>
 35. Wrzesinski MR, Ripplinger A, Ferrarin DA, Schwab ML, Rauber JS, Santos J, et al. Complications after cerebrospinal fluid collection in dogs with brain neoplasm. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*. 2022;42:e06984.
<https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6984>
 36. Platt SR. Disorders of the nervous system and muscle. *Clinical Medicine of the Dog and Cat*: CRC Press; 2022. p. 504-602.
 37. Medl SC, Reese S, Medl NS. Individualized mini-hemilaminectomy-corpectomy (iMHC) for treatment of thoracolumbar intervertebral disc herniation in large breed dogs. *Veterinary surgery*. 2017;46(3):422-32.
<https://doi.org/10.1111/vsu.12616>
 38. Kurkowska A, Trębacz P, Barteczko A, Pawlik M, Piątek A, Paszenda Z, et al. Review of surgical methods for stabilizing the lumbosacral spine in dogs with chronic L7-S1 instability. *Veterinary Research Communications*. 2025;49(2):68.
<https://doi.org/10.1007/s11259-025-10641-y>
 39. Canal S, Contiero B, Balducci F, Calò P, Bernardini M. Risk factors for diskospondylitis in dogs after spinal decompression surgery for intervertebral disk herniation. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2016;248(12):1383-90.
<https://doi.org/10.2460/javma.248.12.1383>
 40. Dyall BA, Schmökel HG. Surgical site infection rate after hemilaminectomy and laminectomy in dogs without perioperative antibiotic therapy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2018;31(03):202-13.
<https://doi.org/10.1055/s-0038-1639365>
 41. Holland C, Jaeger L, Smentkowski U, Weber B, Otto C. Septic and aseptic complications of corticosteroid injections: an assessment of 278 cases reviewed by expert commissions and mediation boards from 2005 to 2009. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2012;109(24):425.
<https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0425>
 42. Eugster S, Schawaldler P, Gaschen F, Boerlin P. A prospective study of postoperative surgical site infections in dogs and cats. *Veterinary surgery*. 2004;33(5):542-50.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2004.04076.x>
 43. Nazarali A, Singh A, Weese JS. Perioperative administration of antimicrobials during tibial plateau leveling osteotomy. *Veterinary Surgery*. 2014;43(8):966-71.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12269.x>
 44. Yap F, Calvo I, Smith K, Parkin T. Perioperative risk factors for surgical site infection in tibial tuberosity advancement: 224 stifles. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2015;28(03):199-206.
<https://doi.org/10.3415/vcot-14-09-0141>
 45. Scott H, Marti J, Witte P. The spine—Fractures and dislocations. *Feline orthopaedics*: CRC Press; 2022. p. 259-75.
 46. Pilkington E, Goncalves R, Henze L, Grapes N, Volk H, De Decker S. Determining the prevalence and risk factors for positive bacterial culture in canine discospondylitis: 120 cases.

- Veterinary Record. 2023;193(11):no-no.
<https://doi.org/10.1002/vetr.3053>
47. Jones B, Agthe P, Scarpante E, Crawford A, Black V, Espadas I, et al. Magnetic resonance imaging findings in dogs with steroid-responsive meningitis-arteritis in the UK and their clinical significance: 53 cases (2013-2021). *Journal of Small Animal Practice*. 2025;66(1):33-42.
<https://doi.org/10.1111/jsap.13775>
 48. Pratesi A, Moores AP, Downes C, Grierson J, Maddox TW. Efficacy of postoperative antimicrobial use for clean orthopedic implant surgery in dogs: a prospective randomized study in 100 consecutive cases. *Veterinary Surgery*. 2015;44(5):653-60.
<https://doi.org/10.1111/vsu.12326>
 49. Divi SN, Kepler CK, Boody BS, Bronson WH, Russo GS, Segar AH, et al. Consensus on implants in infections after spine surgery. *Clinical spine surgery*. 2020;33(4):163-71.
<https://doi.org/10.1097/bsd.00000000000000855>
 50. Chen S-H, Chen W-J, Wu M-H, Liao J-C, Fu C-J. Postoperative infection in patients undergoing posterior lumbosacral spinal surgery: a pictorial guide for diagnosis and early treatment. *Clinical spine surgery*. 2018;31(6):225-38.
<https://doi.org/10.1097/bsd.00000000000000633>
 51. Bruce C, Brisson B, Gyselinck K. Spinal fracture and luxation in dogs and cats. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2008;21(03):280-4.
<https://doi.org/10.1055/s-0037-1618862>
 52. DiFazio J, Fletcher DJ. Updates in the management of the small animal patient with neurologic trauma. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2013;43(4):915-40.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.002>
 53. Dell'Apa D, Auletta L, Okonji S, Cauduro A, Dondi M, Opreni M, et al. Traumatic and iatrogenic sciatic nerve injury in 38 dogs and 10 cats: Clinical and electrodiagnostic findings. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024;38(3):1626-38.
<https://doi.org/10.1111/jvim.17076>
 54. Letesson J, Goin B, Trouillet JL, Barthez P. Long-Term Follow-Up of Dogs and Cats after Stabilization of Thoracolumbar Instability Using 2-0 UniLock Implants. *Veterinary Medicine International*. 2022;2022(1):5112274.
<https://doi.org/10.1155/2022/5112274>
 55. Hettlich B. Vertebral fracture and luxation repair. Current techniques in canine and feline neurosurgery. 2017:209-21.
<https://doi.org/10.1002/9781118711545.ch25>
 56. Vallefuoco R, Manassero M, Leperlier D, Scotti S, Viateau V, Moissonnier P. Surgical repair of thoraco-lumbar vertebral fracture-luxations in eight cats using screws and polymethylmethacrylate fixation. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2014;27(04):306-12.
<https://doi.org/10.3415/vcot-13-08-0098>
 57. Bagley RS. Spinal neoplasms in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2010;40(5):915-27.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.05.010>
 58. Dewey CW, da Costa RC. Myelopathies: disorders of the spinal cord. *Practical guide to canine and feline neurology*. 2016:329-403.
 59. Grimm BD, Laxer EB, Blessinger BJ, Rhyne AL, Darden BV. Wrong-level spine surgery. *JBS reviews*. 2014;2(3):e2.
<https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.m.00052>
 60. Ng R. Analgesic and Anti-Inflammatory Effects of Intra-Operative Intravenous Lidocaine in Dogs Undergoing Thoracolumbar Hemilaminectomy for

- Intervertebral Disc Extrusion: University of Guelph; 2023.
61. Taylor-Brown F, Cardy T, Liebel F, Garosi L, Kenny P, Volk H, et al. Risk factors for early post-operative neurological deterioration in dogs undergoing a cervical dorsal laminectomy or hemilaminectomy: 100 cases (2002–2014). *The Veterinary Journal*. 2015;206(3):327-31.
<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.010>
 62. Teotino G, Auckburally A, Gonzales Gomez A, Tayari H. Postoperative pharmacological ventilation in a dog following surgical stabilisation of the first and second cervical vertebrae. *Veterinary Record Case Reports*. 2023;11(3):e609.
<https://doi.org/10.1002/vrc2.609>
 63. Kong C-G, Park J-B. Postoperative Infection After Esophageal Injury in Anterior Cervical Spine Surgery: A Comprehensive Review of Diagnosis, Management, and Outcomes. *Journal of Clinical Medicine*. 2025;14(9):3244.
<https://doi.org/10.3390/jcm14093244>
 64. Reynolds D, Brisson BA. Guidelines for Postoperative Medical Care of the Neurosurgical Patient. *Current Techniques in Canine and Feline Neurosurgery*. 2017:243-56.
<https://doi.org/10.1002/9781118711545.ch28>
 65. Vasquez L. Development of a motor unit number estimation technique in normal dogs: a potential biomarker for canine degenerative myelopathy: University of Missouri--Columbia; 2011.
 66. Granger N, Olby NJ, Nout-Lomas YS, Consortium CSCI. Bladder and bowel management in dogs with spinal cord injury. *Frontiers in veterinary science*. 2020;7:583342.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.583342>
 67. Lynch SA, Helbig KJ. The complex diseases of *Staphylococcus pseudintermedius* in canines: where to next? *Veterinary sciences*. 2021;8(1):11.
<https://doi.org/10.3390/vetsci8010011>
 68. Henea ME, Şindilar EV, Burtan LC, Mihai I, Grecu M, Anton A, et al. Recovery of spinal walking in paraplegic dogs using physiotherapy and supportive devices to maintain the standing position. *Animals*. 2023;13(8):1398.
<https://doi.org/10.3390/ani13081398>
 69. Rauber JdS, Chaves JNF, Wrzesinski MR, Sekita AMT, Soares TdS, Beckmann DV, et al. Physiotherapy in the Recovery of Paraplegic Dogs without Nociception Due to Thoracolumbar Intervertebral Disc Extrusion Treated Surgically. *Animals*. 2024;14(18):2648.
<https://doi.org/10.3390/ani14182648>
 70. Kurkowska A, Trębacz P, Barteczko A, Pawlik M, Piątek A, Paszenda Z, et al. Review of surgical methods for stabilizing the lumbosacral spine in dogs with chronic L7-S1 instability. *Veterinary Research Communications*. 2025;49(2):1-18.
<https://doi.org/10.1007/s11259-025-10641-y>
 71. Laratta JL, Ha A, Shillingford JN, Makhni MC, Lombardi JM, Thuet E, et al. Neuromonitoring in spinal deformity surgery: a multimodality approach. *Global spine journal*. 2018;8(1):68-77.
<https://doi.org/10.1177/2192568217706970>
 72. Plessas JI. Treating neck pain in dogs—neurological five-step approach. 2016.
 73. Schmierer PA, Tünsmeier J, Tipold A, Hartnack-Wilhelm S, Lesczuk P, Kästner SB. Randomized controlled trial of pregabalin for analgesia after surgical treatment of intervertebral disc disease in dogs. *Veterinary Surgery*. 2020;49(5):905-13.
<https://doi.org/10.1111/vsu.13411>
 74. Salger F, Ziegler L, Böttcher IC, Oechtering G, Böttcher P, Flegel T. Neurologic outcome after thoracolumbar partial lateral corpectomy for intervertebral disc disease in 72 dogs. *Veterinary surgery*.

- 2014;43(5):581-8.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12157.x>
75. Bloor C. Urinary catheters: indications for use and management. *The Veterinary Nurse*. 2018;9(2):102-7. <https://doi.org/10.12968/vetn.2018.9.2.102>
76. Martins ÂPNR. New approaches to the study of neurorehabilitation protocols in dogs and cats with acute or chronic spinal cord injury with or without deep pain sensation and possible spinal shock signs: Universidade de Lisboa (Portugal); 2023.
77. Spinella G, Bettella P, Riccio B, Okonji S. Overview of the current literature on the most common neurological diseases in dogs with a particular focus on rehabilitation. *Veterinary sciences*. 2022;9(8):429. <https://doi.org/10.3390/vetsci9080429>
78. Zidan N, Sims C, Fenn J, Williams K, Griffith E, Early PJ, et al. A randomized, blinded, prospective clinical trial of postoperative rehabilitation in dogs after surgical decompression of acute thoracolumbar intervertebral disc herniation. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2018;32(3):1133-44. <https://doi.org/10.1111/jvim.15086>
79. Immekeppel A, Rupp S, Demierre S, Rentmeister K, Meyer-Lindenberg A, Goessmann J, et al. Investigation of timing of surgery and other factors possibly influencing outcome in dogs with acute thoracolumbar disc extrusion: a retrospective study of 1501 cases. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2021;63:1-10. <https://doi.org/10.1186/s13028-021-00596-w>
80. Inness PR, Kimbrell TL, Nemanic S, Baltzer WI. Distraction stabilization of degenerative lumbosacral stenosis: technique and mid-to long-term outcome in 30 cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2021;34(06):427-36. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735647>
81. Hady LL, Schwarz PD. Recovery times for dogs undergoing thoracolumbar hemilaminectomy with fenestration and physical rehabilitation: a review of 113 cases. *Journal of veterinary medicine and animal health*. 2015;7(8):278-89. <https://doi.org/10.5897/JVMAH2015.%200398>
82. Brioschi FA. ANAESTHESIA AND PAIN MANAGEMENT IN COMPANION ANIMALS. 2023.
83. Sudhir KG. Evaluation of surgicotherapeutic approach in spinal disorders in dogs with posterior paresis and hindquarter weakness: Thesis; 2019.
84. Wuestenberg K. Clinical small animal care: promoting patient health through preventative nursing: John Wiley & Sons; 2012.
85. Guedes A, Kennedy M. Therapeutic Use of Neuraxial Drugs in Veterinary Medicine. *Neuraxial Therapeutics: A Comprehensive Guide*: Springer; 2024. p. 543-65. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39558-1_22
86. Mackenzie S. Accuracy and Safety of Image Guided Percutaneous Injection of Gelified Ethanol (Discogel®) in the Intervertebral Disc in Dogs: University of Guelph; 2015.
87. Romagnoli S, Krekeler N, de Cramer K, Kutzler M, McCarthy R, Schaefer-Somi S. WSAVA guidelines for the control of reproduction in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*. 2024;65(7):424-59.
88. Hu HZ, Granger N, Jeffery N. Pathophysiology, clinical importance, and management of neurogenic lower urinary tract dysfunction caused by suprasacral spinal cord injury. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2016;30(5):1575-88. <https://doi.org/10.1111/jvim.14557>
89. Siu K, Rylander H, Obernberger CA, Pfaff N, Hartmann FA, Wood MW, et al. No adverse consequences associated with

- targeting clinical signs to initiate antimicrobial treatment of postoperative subclinical bacteriuria in dogs following surgical decompression of Hansen type I thoracolumbar disk herniation. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2022;261(1):1-9. <https://doi.org/10.2460/javma.22.07.0320>
90. Shmalberg J. Managing mobility: an integrative approach (orthopedic and neurologic impairments of mobility). *Chronic Disease Management for Small Animals*. 2017:39-64. <https://doi.org/10.1002/9781119201076.ch3>
91. Forterre F, Gorgas D, Dickomeit M, Jaggy A, Lang J, Spreng D. Incidence of spinal compressive lesions in chondrodystrophic dogs with abnormal recovery after hemilaminectomy for treatment of thoracolumbar disc disease: a prospective magnetic resonance imaging study. *Veterinary Surgery*. 2010;39(2):165-72. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2009.00633.x>
92. Worth A, Meij B, Jeffery N. Canine degenerative lumbosacral stenosis: prevalence, impact and management strategies. *Veterinary Medicine: research and reports*. 2019:169-83. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S180448>
93. Jeffery ND. Corticosteroid use in small animal neurology. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2014;44(6):1059-74. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.07.004>
94. Mehra JM, Tolbert MK, Moore GE, Lewis MJ. Clinical features and risk factors for gastrointestinal complications in dogs treated surgically for thoracolumbar intervertebral disc extrusion. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:785228. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.785228>
95. Sykes JE, Kapatkin AS. Osteomyelitis, discospondylitis, and infectious arthritis. *Greene's infectious diseases of the dog and cat*: Elsevier; 2021. p. 1573-89. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-50934-3.00121-X>
96. Dowling PM. Antimicrobial therapy of selected organ systems. *Antimicrobial therapy in veterinary medicine*. 2013:395-419. <https://doi.org/10.1002/9781118675014.ch23>
97. Guardabassi L, Houser GA, Frank LA, Papich MG. Guidelines for antimicrobial use in dogs and cats. *Guide to antimicrobial use in animals*. 2008:183-206. <https://doi.org/10.1002/9781444302639.ch11>
98. Sykes JE. Fungal infections. *Clinical Small Animal Internal Medicine*. 2020:985-1001. <https://doi.org/10.1002/9781119501237.ch109>
99. Amey JA, Liatis T, Cherubini GB, De Decker S, Foreman MH. Outcomes of surgically and conservatively managed thoracolumbar and lumbosacral intervertebral disc herniations in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024;38(1):247-57. <https://doi.org/10.1111/jvim.16950>
100. Falzone C, Tranquillo V, Gasparinetti N. Comparison of two surgical techniques for the treatment of canine disc associated-cervical spondylomyelopathy. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;9:880018. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.880018>
101. Hussain RA, Gangwani P, Miloro M. Implant Surgery. *Management of Complications in Oral and Maxillofacial Surgery*. 2022:47-78. <https://doi.org/10.1002/9781119710714.ch3>

Abstracts in English

Complications in small animal spinal surgery: identification, prognosis, prevention, and management strategies.**Saeed Farzad-Mohajeri^{1*}, Helia Sepahvand¹, Mohammad Amin Saeedi¹**

1. Department of Surgery and Diagnostic Imaging, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

saeedfarzad@ut.ac.ir*

Background: Small animal spinal surgery is a critical intervention performed to treat a variety of conditions, including spinal trauma, intervertebral disk disease (IVDD), neoplasia, and congenital abnormalities. Neurological, infectious, mechanical, and systemic problems and complications are inherent to this process and can impact the patient's recovery and quality of life.

Objective: This review aims to provide a comprehensive list of risks associated with spinal surgery in small animals, rank them by severity, assess their prognosis, and cover prevention and management methods for these risks based on available information.

Methodology: This article integrates data from retrospective and prospective veterinary studies, surgical outcome reports, and clinical case analyses. Various types of complications can occur at different times during this procedure and can be classified as neurological, infectious, mechanical/structural, or systemic. This study includes management techniques, diagnostic methods, and preventive measures.

Results: The most common side effects include decreased neurological function, surgical site infection, aspiration pneumonia, and implant-related complications. The patient's neurological status before surgery, including the presence of deep pain sensation and the timing of surgical intervention, is an important prognostic factor. Reducing complications and improving outcomes are both achievable through advanced imaging, early physiotherapy, sterile surgical techniques, and postoperative monitoring.

Conclusion: A preventative and interdisciplinary approach is essential for improving surgical outcomes in small animal spinal surgery. The key to reducing problems and increasing the chances of recovery is implementing appropriate interventions, which can be achieved through accurate and rapid diagnosis, comprehensive pre- and post-operative care, and long-term rehabilitation planning.

Keywords: Complications of spinal surgery, Postoperative infection, Myelomalacia



مقاله مروری

التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

http://eltiamjournal.ir/

درمان جراحی ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ها در حیوانات کوچک: نتایج و جهت‌گیری‌های آینده

محسن وهار^{۱*}، مصطفی کمی^۲

۱. بورد تخصصی جراحی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانش آموخته دکتری حرفه ای دامپزشکی، گروه علوم درمانگاهی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.

*mohsen.vahar@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۴

doi <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.8>



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: ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ای، به‌ویژه نیم مهره‌ها (Hemi-vertebrae)، در نژادهای سگ با دم حلقه‌ای مانند بولدگ فرانسوی، بولدگ انگلیسی و پاگ شایع هستند. گزارش‌ها حاکی از وجود نیم مهره در مهره‌های سینه‌ای در بیش از ۹۳ درصد از بولدگ‌های فرانسوی البته بدون علائم عصبی می‌باشد. این ناهنجاری‌ها می‌توانند باعث میلوپاتی شوند که به‌صورت آتاکسی، فلجی (Paresis)، بی‌اختیاری ادرار و/یا مدفوع ظاهر شده و اغلب در سال اول زندگی بروز پیدا می‌کنند. با اینکه بسیاری از موارد فاقد علامت بالینی هستند، قوز به سمت پشت (Kyphosis) شدید، می‌تواند منجر به نقص‌های شود که نیاز به تشخیص و درمان پیشرفته دارد.

هدف: ارزیابی روش‌های تشخیصی، تکنیک‌های جراحی و پیامدهای درمانی ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ای در حیوانات کوچک با تمرکز بر روش‌های پایدارسازی و تأثیر آن‌ها بر بهبود بالینی و نیز بررسی راهکارهای آینده برای کاهش بروز این بیماری. **روش کار:** مطالعه مروری با استفاده از منابع منتشر شده در زمینه ناهنجاری‌های مهره‌ای در مجلات و همایش‌های معتبر ملی و بین‌المللی.

نتایج: سی‌تی‌اسکن و MRI ابزارهای کلیدی در ارزیابی کامل پیش‌ازعمل هستند؛ سی‌تی‌اسکن در ارزیابی ناهنجاری‌های استخوانی و MRI در بررسی نخاع برتری دارند. درمان دارویی در بیشتر موارد منجر به نتایج ضعیف در بلندمدت و پیشرفت علائم عصبی می‌شود. پایدارسازی جراحی، همراه با یا بدون رفع فشار، در اکثر سگ‌ها باعث بهبود علائم بالینی می‌شود. با استفاده از تکنیک‌های نظیر فیوژن زیستی، بیماران با عدم توانایی در گام‌گیری، قادرند بدون نیاز به پروتزهای فلزی به حرکت برگردند. زاویه کاب بیش از ۳۵ درجه، برای وجود علائم عصبی دارای ارزش پیش‌بینی‌کننده مثبت ۷۵٪ می‌باشد. اصلاح نژاد انتخابی و غربالگری زود هنگام به‌عنوان راهکارهایی برای کاهش بروز ناهنجاری پیشنهاد شده است.

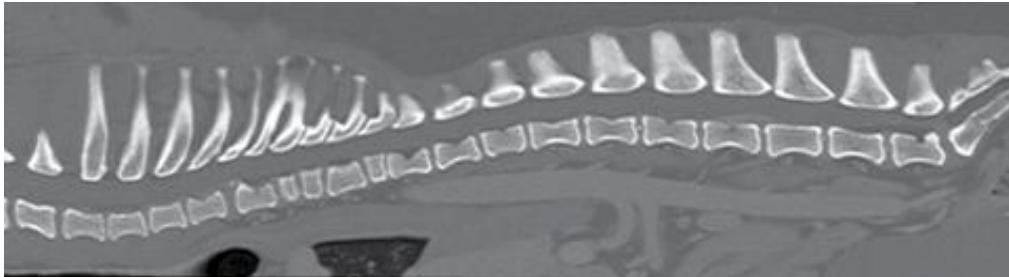
نتیجه‌گیری نهایی: پایدارسازی ستون مهره از طریق جراحی بهترین گزینه‌ی درمانی برای ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ای در حیوانات کوچک است و نسبت به درمان دارویی نتایج بهتری در توقف یا معکوس کردن پیشرفت آسیب‌های عصبی دارد. تصویربرداری پیشرفته در برنامه‌ریزی جراحی ضروری است. در آینده نه چندان دور می‌توان با تمرکز بر تدوین نظام‌های استاندارد درجه‌بندی، اصلاح نژاد انتخابی و غربالگری رادیوگرافی زود هنگام منتظر عدم شکل‌گیری و یا شدت بیماری بود.

واژه‌های کلیدی: ناهنجاری مادرزادی مهره‌ای، حیوانات کوچک، جراحی ستون مهره

مقدمه

شایع تر است؛ ناهنجاری‌هایی که از نظر الگوی بروز، این نژاد را از بولدگ‌های فرانسوی و انگلیسی متمایز می‌سازد. اغلب سگ‌هایی که دچار ناهنجاری‌های بدنه مهره‌ای هستند، در سال اول زندگی علائم بالینی بروز می‌دهند (۷). این علائم بازتابی از یک میلوپاتی هستند و بسته به محل خاص ناهنجاری متفاوت‌اند؛ از جمله آتاکسی، پارزی، اسکولیوز، لوردوز، کیفوز و بی‌اختیاری ادرار یا مدفوع. علت اصلی میلوپاتی در این سگ‌ها هنوز به‌طور قطعی مشخص نشده، اما احتمال می‌رود در نتیجه فشردگی و ایسکمی متناوب نخاع ناشی از تنگی کانال نخاعی، کشیدگی نخاع یا ناپایداری‌های میکروسکوپی باشد.

در نژاد پاگ، بروز کیفوز شدید و تعداد کمتر نیم مهره‌ها با افزایش احتمال ابتلا به بیماری‌های عصبی ارتباط مستقیم دارد. همچنین زاویه کاب (Cobb angle) بیشتر از ۳۵ درجه، بالاترین حساسیت و ویژگی تشخیصی را در پیش‌بینی علائم بالینی در سگ‌ها نشان داده است (۸، ۹). زاویه کاب، شاخص استاندارد رادیولوژیک برای سنجش میزان انحراف ستون مهره است که بر اساس زاویه‌ی بین صفحات فوقانی و تحتانی مهره‌های انتهایی قوس ستون مهره محاسبه می‌شود.



تصویر ۱. سی‌تی‌اسکن ساجیتال از ستون مهره یک سگ. این تصویر بیانگر آن است که وجود ناهنجاری‌های متعدد الزاماً با بروز کیفوز شدید همراه نیست. را ندارد. بنابراین، امروزه اغلب تصویربرداری مقطعی (مانند

CT یا MRI) جایگزین میلوگرافی سنتی شده است. توموگرافی کامپیوتری ابزار بسیار مناسبی برای ارزیابی ناهنجاری‌های استخوانی محسوب می‌شود و امکان ساخت مدل‌های سه‌بعدی دیجیتال یا پرینت‌شده را فراهم می‌سازد (شکل ۳). در مقابل، MRI برای بررسی پارانشیم یا بافت داخلی نخاع و ناهنجاری‌های همراه آن بسیار کاربردی‌تر است. با توجه به توانایی این روش‌های تصویربرداری در ارائه اطلاعات بالینی قابل توجه درباره جنبه‌های مختلف ستون فقرات، در اغلب موارد استفاده ترکیبی از CT و MRI برای ارزیابی کامل پیش از انجام جراحی توصیه می‌شود. با توجه به شیوع بالای این

نقایص مادرزادی ستون مهره، به‌ویژه نیم مهره‌ها (Hemi vertebrae)، از دیرباز در دامپزشکی شناخته شده‌اند (۱، ۲). نیم مهره‌ها رایج‌ترین ناهنجاری‌های مهره‌ای در نژادهای موسوم به «سگ‌های دم حلقه‌ای (Screw-tailed dogs)» هستند از جمله این نژادها در این گروه بولدگ فرانسوی، بولدگ انگلیسی، پاگ و بوستون تریر می‌باشند (۳). با افزایش چشمگیر محبوبیت این نژادها، به‌ویژه بولدگ فرانسوی، اهمیت این موضوع در جامعه دامپزشکی بیش از پیش برجسته شده است.

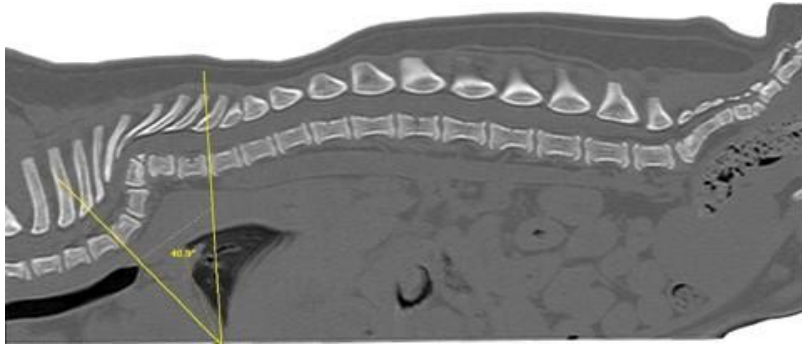
شیوع نیم مهره‌های ناحیه سینه‌ای در بولدگ‌های فرانسوی و انگلیسی از نظر عصبی سالم، به‌ترتیب تا ۹۳/۵ و ۷۳/۲ گزارش شده است (۴). بسیاری از این نیم مهره‌ها بدون علامت باقی می‌مانند و هرگز به مداخله نیاز ندارند (۵) (شکل ۱). مطالعات نشان داده‌اند که فراوانی نیم‌مهره‌ها در نژاد بولدگ فرانسوی به‌طور معناداری بیش از بولدگ انگلیسی و پاگ است (۶). در همان مطالعه گزارش شد که هیپوپلازی شکمی و کیفوز در پاگ‌ها

روش‌های تشخیصی

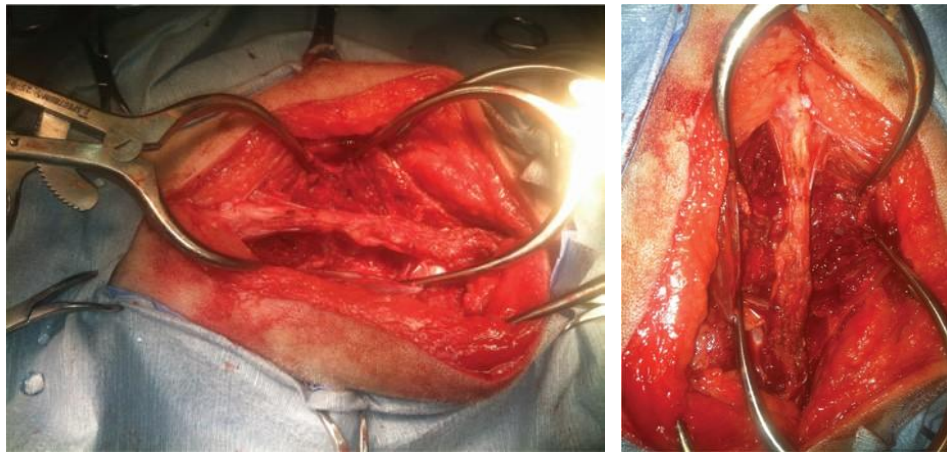
ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ای را می‌توان با روش‌های مختلف تصویربرداری از جمله رادیوگرافی، میلوگرافی، توموگرافی کامپیوتری (CT) و تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) مشاهده کرد. رادیوگرافی ابزار غربالگر مناسبی برای ناهنجاری‌های بدنه مهره‌ای است و می‌توان از آن برای محاسبه زاویه کاب استفاده کرد (شکل ۲). با این حال، از آن‌جا که ساختارهای عصبی در تصاویر ساده رادیوگرافی قابل مشاهده نیستند، در صورت وجود شواهدی از میلوپاتی، تصویربرداری پیشرفته توصیه می‌شود. اگرچه میلوگرافی می‌تواند نواحی فشردگی نخاع را نشان دهد، اما توانایی نشان دادن تغییرات داخل‌مدولاری

ناهنجاری‌ها در نژادهای مستعد، بررسی کامل ناحیه نوروآناتومیکی درگیر، ضروری است تا از نادیده گرفتن

ضایعات اضافی که ممکن است به‌طور جزئی یا کامل مسؤول بروز علائم بالینی باشند، جلوگیری شود.



تصویر ۲. سی تی اسکن ساجیتال از ستون فقرات سگی که در آن، ناهنجاری مهره‌ای موجب ایجاد زاویه کاب به میزان ۴۰/۹ درجه شده است.



تصویر ۳. جراحی از سمت چپ بیمار که نمایی از رهیافت عضلانی دوطرفه (bilateral muscular approach) در مهره سینه‌ای را جهت انجام فیوژن زیستی در محل (in situ) را نشان می‌دهد (تصویر سمت چپ). نماهای مختلف از رهیافت جراحی مورد نیاز جهت انجام فیوژن زیستی در محل. در این تصویر، مسیر میدلاین پشتی (Dorsal midline) بر روی ناحیه میانی مهره سینه‌ای دیده می‌شود که در آن، عضلات پارا اسپینال به‌صورت دوطرفه تا سطح لامینا کنار زده شده‌اند (تصویر سمت راست).

درمان

روش‌های مختلفی برای درمان میلوپاتی ناشی از ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ها به کار می‌روند. سگ‌هایی که دچار میلوپاتی خفیف و غیرپیشرونده هستند، می‌توانند تحت درمان محافظه‌کارانه قرار گیرند (۱۰). با این حال، داده‌های جدیدتر نشان می‌دهد که نتایج حاصل از درمان‌های غیر جراحی چندان رضایت‌بخش نیستند. چرا که تمامی سگ‌ها با وجود دریافت درمان، علائم عصبی‌شان پیشرفت کرده است (۱۱). برخی گزارش‌ها نشان داده‌اند که در سگ‌های با درگیری خفیف، توقف رشد مهره‌ها در حدود سن نه ماهگی می‌تولند منجر به عدم پیشرفت علائم بالینی و حتی بهبود آن‌ها شود (۱۰). این دیدگاه نشان می‌دهد که مداخله‌ی جراحی در سگ‌های جوان بهتر است به بعد از حدود نه ماهگی موکول شود.

مداخله جراحی در این موارد از دیرباز با عوارض و نتایج متغیر همراه بوده است. سگ‌های درگیر اغلب حیواناتی با اسکلت نابالغ، استخوان نرم و آناتومی به‌شدت غیرطبیعی هستند که چالش‌های قابل توجهی را در روند جراحی ایجاد می‌کند. بر مبنای رویکردهای رایج پیشین، اتکای صرف به جراحی دکمپرسیون، با پیش‌آگهی محتاطانه تا ضعیف تلقی شده است.

روش‌های جراحی متعددی برای درمان ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ها توصیف شده‌اند. از آنجا که شایع‌ترین مهره‌های درگیر، مهره‌های سینه‌ای هستند (۴، ۵)، رویکردهای جراحی پشتی نسبت به رویکردهای شکمی ترجیح داده می‌شوند، چرا که جراحی از سمت شکم در ناحیه میانی قفسه سینه با دشواری‌ها و عوارض متعددی همراه است. در یکی از گزارش‌ها، رویکرد شکمی در یک

می‌گردد. در این تکنیک، کانال نخاعی باز نمی‌شود و هیچگونه ایمپلنت فلزی به کار نمی‌رود. همه سگ‌ها حداقل به مدت ۱۲ ماه پس از عمل پیگیری شدند و همگی توانایی راه رفتن را به دست آوردند. این روش از آن جهت حائز اهمیت است که تهاجم کمتری داشته، کانال نخاعی را باز نمی‌کند، نیازی به ایمپلنت دائمی ندارد و مانع از انجام جراحی‌های بعدی در همان ناحیه ستون فقرات نمی‌شود. گزارش گسترده‌تری از این تکنیک در دست انتشار است.

بر پایه مطالعات اخیر، کارگذاری پیچ پدیدکولار در سگ‌های دارای ناهنجاری‌های توراکولومبار، با بهره‌گیری از راهنماهای سه‌بعدی چاپ‌شده و اختصاصی بیمار (three-dimensional printed patient-specific guides)، ایمن است (۱۶). این مطالعه نشان داد که دقت جای‌گذاری با این روش بالاست، اگرچه نتیجه عصبی در این گزارش ارزیابی نشده است. در شکل ۴، کاربرد مدل‌سازی سه‌بعدی رایانه‌ای در یک مورد بالینی نشان داده شده است.

پیش‌آگهی

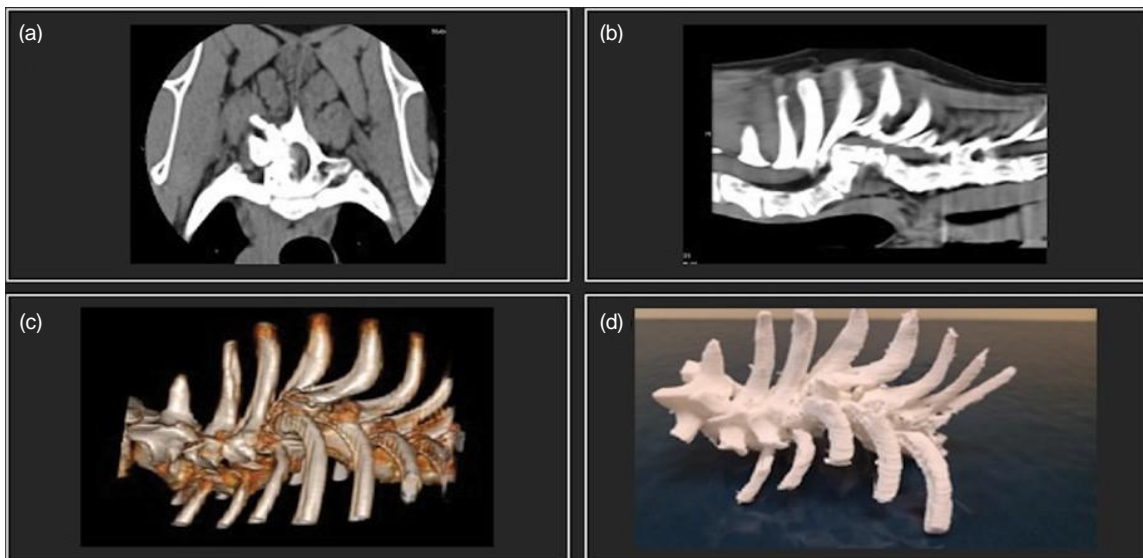
اندازه‌گیری زاویه کاب به‌شدت در سگ‌های دارای دم حلقه ای (مانند نژاد فرانسوی بولدگ) که دچار نیم‌مهره هستند، توصیه می‌شود؛ چرا که زاویه‌ای بیش از ۳۵ درجه، با احتمال ۷۵ درصد می‌تواند بروز علائم عصبی را پیش‌بینی کند (۸، ۹). با این حال، شدت ناهنجاری مهره‌ای با پیشرفت علائم بالینی همبستگی معناداری ندارد. به بیان دیگر، شدیدتر بودن ناهنجاری الزاماً به معنی پیش‌آگهی ضعیف‌تر نیست. پیش‌آگهی برای بهبود میلوپاتی ناشی از ناهنجاری‌های مهره‌ای مادرزادی در صورت استفاده از روش‌های درمانی غیرجراحی (دارویی) ضعیف است. از این‌رو، درمان دارویی باید با احتیاط و عمدتاً در موارد بسیار خفیف یا در سگ‌های بسیار جوان توصیه شود. مداخله جراحی این پتانسیل را دارد که دست‌کم روند پیشرفت علائم بالینی را متوقف کند و در بهترین حالت، وضعیت بیمار را تا سطح تحرک کامل بهبود بخشد.

توله لابرادور با درگیری مهره‌های قفسه‌سینه پیشین گزارش شده است (۱۲). در این گزارش، کورپکتومی جزئی شکمی و تثبیت مهره‌ها با استفاده از پین و پلی‌متیل‌متاکریلات (Poly methyl methacrylate or PMMA) انجام شد که منجر به بهبود چشمگیر علائم بالینی گردید، اگرچه عوارضی نیز مشاهده شد. این گزارش نه‌تنها به دلیل رویکرد متفاوت، بلکه به علت نژاد و ناحیه درگیر که برای این بیماری غیرمعمول محسوب می‌شود، منحصر به‌فرد است.

تکنیک‌های جراحی مختلفی برای این بیماری ارائه شده‌اند که هدف از آن‌ها کاهش فشار، تثبیت مهره‌ها، یا ترکیبی از هر دو روش بوده است. تکنیک‌های تثبیت شامل استفاده از پین‌های رزوه‌دار مثبت (Positively threaded) همراه با پلی‌متیل‌متاکریلات، پیچ‌های رزوه‌دار مثبت با همین ماده و تثبیت قطعه‌ای ستون فقرات با استفاده از پلی‌متیل‌متاکریلات بوده است.

تثبیت قطعه‌ای ستون فقرات در بهبود علائم بالینی نیم مهره‌های پشتی نیز موفقیت‌آمیز گزارش شده است. در مطالعه انجام شده توسط Charalambous و همکاران، ۹ سگ تحت این روش قرار گرفتند که سه مورد از آن‌ها هم‌زمان جراحی کاهش فشار نیز داشتند. در سه مورد از این نه سگ، عوارض مربوط به کاشت ایمپلنت‌ها مشاهده شد. با این حال، ۸ سگ بهبود بلندمدت نشان دادند و همگی آن‌ها در بازه ۱/۵ تا ۵/۵ سال پس از جراحی قادر به راه رفتن بودند (۱۴). جالب آنکه تکنیک‌های جراحی مختلف منجر به بهبود بالینی شده‌اند، بی‌آنکه تغییری در شدت کیفیت ایجاد شود (۱۰، ۱۳، ۱۴)؛ این گزارش نشان می‌دهد که در این سگ‌ها، تثبیت ستون فقرات احتمالاً نقش اصلی را در بهبود بالینی ایفا می‌کند، نه دکمپرسیون یا اصلاح کیفیت.

تکنیک جراحی نوینی توسط گورجی و همکاران معرفی شده است. این روش زیستی در محل، برای ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ای در سگ‌های نژاد براکی‌سفال، در هشت سگ جوان بررسی شد (۱۵). همه سگ‌ها پیش از عمل، دچار پاراپارازی غیرقابل حرکت بودند. در این روش، لایه پریوست ناحیه درگیر تراش داده می‌شود و پیوند استخوان اتوزن و آلوژن به‌منظور القای آنکیلوز به ناحیه اعمال



تصویر ۴- یک سگ ماده نژاد دوپرمن پینشر یک‌ساله که عقیم‌سازی شده بود، به دلیل اختلال در الگوی راه رفتن، همراه با نارسایی غالب در اندام‌های حرکتی خلفی و افت تدریجی وضعیت نورولوژیک، ارجاع داده شد. منشأ اختلال، در ناحیه فوقانی قفسه سینه (توراسیک) حدس زده شد. تصویر مقطع عرضی سی‌تی‌اسکن در نمای بافت نرم در سطح مهره T4 (الف). بازسازی تصویر سی‌تی‌اسکن در نمای ساجیتال از ستون فقرات فوقانی قفسه سینه (ب). مدل‌سازی رایانه‌ای سه‌بعدی از همان ناحیه ستون فقرات (ج). مدل چاپ سه‌بعدی شده از همان ناحیه. استفاده از مدل‌های چاپ سه‌بعدی می‌تواند در برنامه‌ریزی جراحی بسیار سودمند باشد (د).

چشم‌انداز آینده

بالینی رایج‌تر شناخته می‌شوند. سگ‌ها معمولاً در سنین پایین دچار این مشکل می‌شوند و در زمان مراجعه ممکن است هنوز به بلوغ اسکلتی نرسیده باشند. تشخیص بیماری با استفاده از روش‌های تصویربرداری انجام می‌شود و گاهی اوقات نیاز به ترکیب چندین روش تصویربرداری است تا اطلاعات کافی برای تصمیم‌گیری درمانی به دست آید. از آنجایی که درمان دارویی نتایج بلندمدت رضایت‌بخشی را ارائه نمی‌دهد، مداخله جراحی توصیه می‌شود. اگرچه تاکنون داده قطعی‌ای برای ترجیح یک روش جراحی خاص نسبت به دیگر روش‌ها در درمان این نوع ناهنجاری‌ها وجود ندارد، اما به نظر می‌رسد که تثبیت ستون فقرات، مهم‌ترین عامل در بهبود وضعیت بالینی این سگ‌ها باشد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

پیشنهاد شده است که از طریق برنامه‌های اصلاح نژادی هدفمند، می‌توان بروز ناهنجاری‌های مهره‌ای در نژاد فرانسوی بولدگ را کاهش داد (۳). برنامه‌های غربالگری برای سگ‌های جوان، این پتانسیل را دارند که سگ‌های در معرض خطر بالا را در مراحل اولیه شناسایی کنند. بر اساس توصیه گوتیرز-کینتانا و همکاران، رادیوگرافی باید پس از بلوغ اسکلتی (در سن ۹ تا ۱۲ ماهگی) از مهره‌های T1 تا L7 و با تمرکز بر ناحیه T8 تا L1 انجام شود (۵). همچنین باید از یک نظام درجه‌بندی استاندارد برای ارزیابی ناهنجاری‌های مهره‌ای استفاده شود تا بتوان توصیه‌های بالینی منسجم‌تر و یکنواخت‌تری را برای این بیماران ارائه داد.

نتیجه نهایی

ناهنجاری‌های مادرزادی مهره‌ها به دلیل افزایش محبوبیت نژادهای سگ با دم حلقه‌ای، به تدریج به‌عنوان یک سندرم

منابع:

1. Done S, Drew R, Robins G, Lane J. Hemivertebra in the dog: clinical and pathological observations. *Vet Rec.* 1975;96(14):313-7. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1968.tb01082.x>
2. Morgan JP. Congenital anomalies of the vertebral column of the dog: a study of the incidence and significance based on a radiographic and morphologic study. *Vet Radiol.* 1968;9(1):21-9. <https://europepmc.org/article/med/1129930>
3. Schlensker E, Distl O. Prevalence, grading and genetics of hemivertebrae in dogs. *Eur J Comp Anim Pract.* 2013;23:119-23.

- <https://www.fecava.org/wp-content/uploads/2019/09/autumn-2013.pdf>
4. Ryan R, Gutierrez-Quintana R, Ter Haar G, De Decker S. Prevalence of thoracic vertebral malformations in French bulldogs, Pugs and English bulldogs with and without associated neurological deficits. *Vet J.* 2017;221:25-9. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.01.018>
 5. Gutierrez-Quintana R, Guevar J, Stalin C, Faller K, Yeaman C, Penderis J. A proposed radiographic classification scheme for congenital thoracic vertebral malformations in brachycephalic "screw-tailed" dog breeds. *Vet Radiol Ultrasound.* 2014;55(6):585-91. <https://doi.org/10.1111/vru.12172>
 6. Ryan R, Gutierrez-Quintana R, Ter Haar G, De Decker S. Relationship between breed, hemivertebra subtype, and kyphosis in apparently neurologically normal. *Am J Vet Res.* 2019;80(2):189-94. <https://doi.org/10.2460/ajvr.80.2.189>
 7. Dewey CW, Davies E, Bouma JL. Kyphosis and kyphoscoliosis associated with congenital malformations of the thoracic vertebral bodies in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2016;46(2):295-306. <https://doi.org/10.1016/j.cvs.2015.10.009>
 8. De Decker S, Packer RM, Cappello R, Harcourt-Brown TR, Rohdin C, Gomes SA, et al. Comparison of signalment and computed tomography findings in French Bulldogs, Pugs, and English Bulldogs with and without clinical signs associated with thoracic hemivertebra. *J Vet Intern Med.* 2019;33(5):2151-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106957>
 9. Guevar J, Penderis J, Faller K, Yeaman C, Stalin C, Gutierrez-Quintana R. Computer-assisted radiographic calculation of spinal curvature in brachycephalic "screw-tailed" dog breeds with congenital thoracic vertebral malformations: reliability and clinical evaluation. *PLoS One.* 2014;9(9):e106957. <https://doi.org/10.1111/jvim.15556>
 10. Jeffery ND, Smith PM, Talbot CE. Imaging findings and surgical treatment of hemivertebrae in three dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2007;230(4):532-6. <https://doi.org/10.2460/javma.230.4.532>
 11. Wyatt S, Gonçalves R, Gutierrez-Quintana R, De Decker S. Outcomes of nonsurgical treatment for congenital thoracic vertebral body malformations in dogs: 13 cases (2009–2016). *J Am Vet Med Assoc.* 2018;253(6):768-73. <https://doi.org/10.2460/javma.253.6.768>
 12. Meheust P, Robert R. Surgical treatment of a hemivertebra by partial ventral corpectomy and fusion in a Labrador puppy. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2010;23(4):262-5. <https://doi.org/10.3415/vcot-09-04-0053>
 13. Aikawa T, Kanazono S, Yoshigae Y, Sharp NJ, Muñana KR. Vertebral stabilization using positively threaded profile pins and polymethylmethacrylate, with or without laminectomy, for spinal canal stenosis and vertebral instability caused by congenital thoracic vertebral anomalies. *Vet Surg.* 2007;36(5):432-41. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.2007.00289.x>
 14. Charalambous M, Jeffery N, Smith P, Gonçalves R, Barker A, Hayes G, et al. Surgical treatment of dorsal hemivertebrae associated with kyphosis by spinal segmental stabilisation, with or without decompression. *Vet J.* 2014;202(2):267-73. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.08.011>
 15. Gorgi A, Wininger F, Fox D, editors. Biological in situ technique for congenital vertebral anomalies in brachycephalic dogs. 2012 ACVIM Forum Proceedings; 2012 May 30 – June 2, 2012; New Orleans, Louisiana. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2012.00937.x>
 16. Elford JH, Oxley B, Behr S. Accuracy of placement of pedicle screws in the thoracolumbar spine of dogs with spinal deformities with three-dimensionally printed patient-specific drill guides. *Vet Surg.* 2020;49(2):347-53. <https://doi.org/10.1111/vsu.13333>

Abstracts in English

Surgical Management of Congenital Vertebral Malformations in Small Animals: Outcomes and Future Directions

Mohsen Vahar^{1*}, Mostafa Kami²

1. Board-certified Veterinary Surgeon, Faculty of Veterinary Medicine, Tehran University, Tehran, Iran.

2. Doctor of Veterinary Medicine, Department of Clinical Sciences, Bab.C., Islamic Azad University, Babol, Iran

mohsen.vahar@ut.ac.ir*

Background: Congenital vertebral malformations, particularly hemivertebrae, are prevalent in screw-tailed dog breeds such as French Bulldogs, English Bulldogs, and Pugs, with thoracic hemivertebrae reported in more than 93% of neurologically normal French Bulldogs, often without neurological signs. These malformations can cause myelopathy, presenting as ataxia, paresis, or urinary and/or fecal incontinence, often in the first year of life. While many cases are subclinical, severe kyphosis can result in deficits requiring advanced diagnostics and treatment.

Objectives: To evaluate the diagnostic methods, surgical techniques, and therapeutic outcomes for managing congenital vertebral malformations in small animals, with a focus on stabilization techniques and their impact on clinical improvement, and to explore future directions for reducing disease incidence.

Methods: A review study based on published sources on vertebral anomalies from reputable national and international journals and conferences.

Results: CT and MRI are key tools for comprehensive preoperative evaluation, with CT excelling in bony malformation assessment and MRI in spinal cord evaluation. Medical therapy yielded poor long-term outcomes, with progression of neurological signs in most cases. Surgical stabilization, with or without decompression, improved clinical signs in most dogs, with techniques like biological in situ fusion showing promise in non-ambulatory dogs, achieving ambulation without metallic implants. Cobb angles $>35^\circ$ predicted neurological signs with 75% positive predictive value. Selective breeding and early screening were proposed to reduce malformation incidence.

Conclusions: Surgical stabilization is the best therapeutic option for congenital vertebral malformations in small animals, providing better results than medical management by halting or reversing neurological decline. Advanced imaging is essential for surgical planning. Future efforts should focus on developing standardized grading systems, selective breeding, and early radiographic screening to mitigate disease prevalence and severity.

Keywords: Congenital Spinal Malformations, Small Animals, Vertebral Surgery



التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

http://eltiamjournal.ir/

چالش‌های تشخیصی و درمانی تومورهای نخاعی در سگ‌ها

امید مرادی^{۱*}، محمد وحیدی اربابی^۱، کیوان خجسته^۱، امیر بخشی^۱، مصطفی طاهری^۱، حسین نجف‌زاده^۱

۱. بخش جراحی و هوشبری، بیمارستان دامپزشکی مرکزی، تهران، ایران.

drmoradi@cvhospital.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

<https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.9>



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: نخاع محل شایعی برای تشکیل و گسترش توده‌های سرطانی در حیوانات به‌ویژه سگ‌ها نیست و تومورها بر اساس محل نسبت به نخاع و سخت‌شامه دسته‌بندی می‌شوند.

هدف: بررسی چالش‌های تشخیصی و درمانی تومورهای نخاعی در سگ‌ها با تمرکز بر میزان بروز، انواع شایع، و روش‌های مداخله‌ای نوین و کارآمد.

روش کار: استفاده از منابع منتشر شده در زمینه تومورهای نخاعی در حیوانات کوچک، معاینات بالینی دقیق، گزارش‌های آزمایشگاهی، و روش‌های تصویربرداری شامل رادیوگرافی، مایلوگرافی، سی‌تی‌اسکن و MRI به صورت جداگانه یا ترکیبی، با توجه به نوع، محل، و ویژگی‌های بالینی تومور.

نتایج: تومورهای بیرون از سخت‌شامه شایع‌تر بوده و حدود ۵۰ درصد از کل موارد را تشکیل می‌دهند. حدود ۹۰ درصد تومورهای نخاعی در سگ‌های نژاد بزرگ و حدود ۲۸ درصد در سگ‌های کوچک‌تر از سه سال رخ می‌دهد. مننژیوم شایع‌ترین نوع تومور نخاعی در سگ‌ها است. علائم بالینی عمدتاً به محل توده بستگی دارند و افتراق آن از سایر علل مایلوپاتی‌ها اغلب دشوار است. پس از تشخیص نهایی، درمان‌های جراحی، شیمی‌درمانی و پرتودهی می‌توانند بسته به شرایط بیمار به کار روند. چالش‌های تشخیصی و درمانی شامل دشواری در تشخیص‌های تفریقی، تشابه ضایعات توموری و غیرتوموری در تصویربرداری، محدودیت‌های درمانی، نیاز به مدیریت مخاطرات، ارزیابی پیش‌آگهی دقیق، و توان بخشی مؤثر پس از جراحی است.

نتیجه‌گیری نهایی: تومورهای نخاعی سگ‌ها با توجه به نوع، محل و ویژگی‌های بیمار نیازمند رویکرد تشخیصی و درمانی چندوجهی هستند و موفقیت درمان به ترکیب دقیق روش‌های تصویربرداری، انتخاب رویکرد درمانی مناسب و مدیریت پس از عمل و پیگیری بالینی مستمر و هدفمند بستگی دارد و در نهایت سبب بهبود عملکرد سیستم عصبی حیوان می‌شود.

کلمات کلیدی: تومورهای نخاعی، چالش‌های تشخیصی، چالش‌های درمانی، جراحی اعصاب، سرطان نخاعی سگ‌ها

مقدمه

به رشد غیرطبیعی بافت در اثر تکثیر سلولی سریعتر از حالت طبیعی، ناهماهنگ و مداوم نئوپلازی می‌گویند. سلول‌های نئوپلاستیک می‌توانند به بافتهای اطراف و حتی دوردست تهاجم نمایند که به آن متاستاز می‌گوییم. از آنجا که طی این روند سلولهای سالم نیز آسیب دیده و ممکن است از بین روند، فعالیت طبیعی سلولی نیز دچار اختلال می‌شود. نئوپلاسم‌ها می‌توانند باعث جابه‌جایی یا فشار به بافتهای حساس گردیده و منجر به مسدود شدن جریان خون یا سایر مایعات گردند که نتیجه آن ایجاد درد، التهاب و فراهم کردن زمینه‌ای برای رخداد انواع بیماری‌ها می‌باشد. همچنین تومورها می‌توانند باعث مسدود شدن جریان‌های الکتریکی در نقاط مختلفی از دستگاه عصبی شوند.

تا کنون بیش از ۱۲۰ نوع تومور در دستگاه عصبی مرکزی شناسایی شده است که نام‌گذاری آنها بر اساس منشأ سلولی (مانند گلیوما) یا محل آن‌ها (مانند مننژیوم) می‌باشد. از تومورهای شایع در مغز و نخاع می‌توان به مننژیوم، گلیوم، تومورهای غلاف عصبی و نوروبلاستوما اشاره کرد. به رغم آنکه سگهای نژاد بزرگ بیشتر در معرض ابتلا هستند اما مطالعات و گزارشهای منتشر شده ارتباطی بین جنسیت و نژاد را با شیوع تومورهای نخاع بیان نمی‌نماید. یکی از ویژگی‌های به خصوصی که در تمام تومورهای دستگاه عصبی مرکزی مطرح است، رایج نبودن معیارهای متمایزکننده تومورها به خوش‌خیمی و بدخیمی است. باید برای هر یک از این تومورها مستقل از تهاجمی بودن و ویژگی‌های متاستاتیک آن، بدخیم شدن را لحاظ کرد. حتی تومورهایی که رشد آرامی دارند نیز می‌توانند با افزایش فشار داخل جمجمه یا با القای فشار به نواحی مختلفی از مغز منجر به مرگ شوند.

به طور کلی وقوع متاستاز ناشی از تومورهای دستگاه عصبی به سایر اندام‌ها بسیار نادر است؛ اما تومورهای ثانویه ناشی از متاستاز همانژیوسارکوم‌ها، کارسینوم‌ها (پستانی، ریوی و پروستات)، ملانوم‌های بدخیم و لنفوم‌ها به مغز و نخاع در مواردی گزارش شده‌اند.

دامپزشکان در مواجهه با تومورهای نخاع با ۲ دسته چالش جدی روبرو هستند:

۱- چالش‌های تشخیصی: که خود به سه بخش چالش در معاینات بالینی، تحلیل یافته‌های تصویربرداری و آزمایش‌های هیستوپاتولوژیک تقسیم می‌شود.

۲- چالش‌های درمانی: که خود به دو بخش چالش در رویکردهای جراحی و روش‌های درمان دارویی و حمایتی تقسیم می‌شود.

در این مقاله تلاش می‌شود ضمن برشمردن جزئیات بیشتری از این چالشها به تصمیم‌گیری صحیح در زمان مواجهه با آن‌ها اشاره داشت.

تومورهای نخاعی در سگ‌ها

تومورهای نخاعی جزو تومورهای شایع در سگ‌ها نیستند و اغلب در سنین بالا رخ می‌دهند به طوری که کمتر از یک سوم این تومورها در سگ‌های کمتر از ۳ سال گزارش شده است. بر اساس محل قرارگیری، تومورهای نخاع را به سه نوع: اکستراادورال (شایعترین - بیش از ۵۰ درصد)، اینترادورال - اکسترامدولاری (بیش از ۳۰ درصد) و اینترامدولاری (بیش از ۱۵ درصد) تقسیم‌بندی می‌نمایند. شایع‌ترین و مهمترین تومورهای نخاعی که غالباً به صورت اینترادورال - اکسترامدولاری رخ می‌دهند، مننژیوم‌ها هستند که شایعترین تومور نخاعی نیز محسوب می‌شوند. این تومور ۱۴ درصد مجموع تومورهای بافت CNS را به خود اختصاص می‌دهد و ممکن است در قسمت‌های مختلف نخاع ایجاد شوند، به نحوی که ۷۷-۴۰ درصد در نخاع ناحیه گردنی، ۳۲-۵ درصد در نخاع ناحیه سینه‌ای و ۲۸-۲۳ درصد در نخاع ناحیه کمری مشاهده می‌شود.

عموماً علائم بالینی تومورهای نخاعی اختصاصی نیست و تا حدی زیادی وابسته به محل تومور می‌باشد. سرعت رشد تومورها می‌تواند با یکدیگر متفاوت باشد به عنوان مثال عمده تومورهای اکستراادورال رشد کندی دارند و از این رو ممکن است زمانی علائم بروز یابد که مدت قابل توجهی از به وجود آمدن آن‌ها گذشته است. نخستین علائم ممکن است به دلیل ایسکمی و هموراژی وابسته به تومور ایجاد شود. معمولاً تومورهای اینترامدولاری رشد سریعتری در مقایسه با تومورهای اکستراادورال دارند و خونریزی و ایسکمی بیشتری ایجاد می‌نمایند.

تشخیص: تشخیص بر مبنای تصویربرداری (رادیوگرافی، مایلوگرافی، سی‌تی‌اسکن و MRI) و آنالیز مایع مغزی-نخاعی انجام می‌پذیرد. رادیوگرافی از قفسه سینه جهت بررسی متاستاز احتمالی در مهره‌ها ضروری است. سی‌تی‌اسکن در آشکارسازی با جزئیات بالا در تومورهای مهره‌ها بسیار ارزشمند است. MRI برای تومورهای نخاع و

بیوپسی از آن نیز جزو چالش‌های تشخیصی به حساب می‌آید و ممکن است بی‌توجهی به آن باعث اضافه شدن عارضه ای به حیوان گردد. با توجه به اهمیت هر یک از موارد ذکرشده، ضروری است جزئیات بیشتری از هر کدام عنوان گردد.

الف) تشابهات علائم بالینی تومورهای نخاعی با برخی ضایعات دیگر:

علائم عصبی ناشی از تومورهای نخاعی با برخی ضایعات غیرتوموری، مشابهت فراوانی دارد. به عنوان مثال آتاکسی پیشرونده ای که در مننژیومها و آستروسیتومها ممکن است ایجاد شود کاملاً مشابه الگوی آتاکسی در بیماری دیسک بین مهره ای (IVDD) در سگ‌ها و مایلوپاتی‌های دژنراتیو (DM) است. هایپرستازی ناشی از مننژیومهای نخاعی و تومورهای ریشه اعصاب در ضایعات دیسکواسپوندیلیت و تروماها هم ممکن است وجود داشته باشد. از سایر تشابهات علائم بالینی بین ضایعات توموری و غیرتوموری می‌توان به وجود درد در ناحیه گردنی و خشکی آن در اثر وجود مننژیومهای نخاعی و یا تومورهای ریشه اعصاب در آن ناحیه اشاره داشت که کاملاً با علائم ناپایداری‌های آتلانتواگزیا و مننژیت مشابهت دارد.

ب) یکسانی محل تومورهای نخاعی با سایر ضایعات غیر توموری:

باید توجه داشت ضایعات نخاعی توموری و غیرتوموری ممکن است در محلی مشابه اتفاق بیافتند. از این رو دامپزشک معالج نمی‌بایست تنها با مشخص نمودن محل عارضه نسبت به تشخیص آن احساس اطمینان کند.

پ) تشابه یافته‌های تصویربرداری برخی تومورهای نخاعی با سایر ضایعات غیر توموری:

با وجودی که علم و روش‌های تصویربرداری طی سال‌های اخیر پیشرفت بسیاری داشته است و با بهره‌مندی از آن‌ها می‌توان به تشخیص‌های دقیق‌تری دست یافت، با این وجود هنوز هم با مواردی مواجه هستیم که به دلیل تشابهات، تمایز سرطان‌های نخاعی از برخی ضایعات غیرسرطانی ممکن است با چالش‌های جدی همراه باشد. به عنوان مثال در توده‌های تشخیص داده شده اینترامدولاری ممکن است "آستروسیتوما با میلیت" و "اپاندیوما با سیرنگومیلیا" مشابهت زیادی نشان دهند و اشتباه تشخیص داده شوند. یا در مورد توده‌های اکسترا‌دورال ممکن است تومورهای ریشه

نمایان‌سازی جزئیات تومورهای بافت نخاع بسیار مناسب است و می‌تواند اطلاعات مناسبی از موقعیت توده فراهم نماید.

مدیریت درمان بیمار و چگونگی برخورد با تومور بر اساس ۱- موقعیت مکانی تومور ۲- میزان گسترش آن ۳- خاستگاه بافت‌شناسی تومور برنامه‌ریزی می‌شود. هدف اصلی درمان، کاهش فشار یا برداشتن فشار از روی بافت نخاع می‌باشد. گزینه‌های درمانی به دو شکل درمان محافظه‌کارانه یا جراحی توصیف شده‌اند. در شکل محافظه‌کارانه استفاده از کورتیکواستروئیدها توصیه شده است و جراحی نیز به صورت دکامپراسیون انجام می‌شود که می‌تواند همراه با یا بدون برداشت کامل توده و یا با کاستن از حجم آن (Cyto reduction) باشد.

پیش‌آگهی بیمار را می‌توان بر اساس قابلیت جداسازی تومور از بافت‌های اطراف (Resectability)، نوع تومور، محل قرارگیری و شدت علائم نورولوژیک پیش‌بینی نمود، ولی به طور کلی پیش‌آگهی تومورهای اینترادورال - اکسترا‌مدولاری در صورت برداشت کامل تومور، محتاطانه (Guarded) تا ضعیف (Poor) گزارش شده است. از عواملی که بر ضعیف بودن پیش‌آگهی دلالت می‌نمایند، می‌توان به قرارگیری تومور در سطح شکمی نخاع و آسیب‌های یا تروژنیک به نخاع در حین جراحی اشاره نمود. تومورهای نخاعی در سگ‌ها چه به لحاظ تشخیص و چه به لحاظ درمان می‌توانند با پیچیدگی‌های فراوانی همراه باشند که باعث تأثیر در روند بهبودی گردند. مقاله حاضر تلاش دارد تا با معرفی این چالش‌ها به تشخیص و درمان صحیح اینگونه بیماران کمک نموده و خطاهای محتمل را بازگو نماید. (۱)

چالش‌های تشخیصی

در برخی موارد تشخیص تومورهای نخاعی با دشواری‌هایی مواجه است و تبدیل به یک چالش می‌شود؛ به عنوان مثال ممکن است در معاینه بالینی تشابه علائم ضایعات سرطانی با ضایعات غیرسرطانی آنچنان غیرقابل تفکیک باشد که درمانگر را به خطا بیاندازد. همچنین ممکن است محل ایجاد تومور نخاعی با محل رایج برخی ضایعات غیرسرطانی مشابه باشد. علاوه بر این ممکن است به رغم انجام تصویربرداری‌های پیشرفته و مشخص نمودن دقیق محل عارضه، تفکیک عارضه سرطانی از غیرسرطانی به راحتی امکان‌پذیر نباشد. با توجه به ماهیت بافت عصبی، اخذ نمونه

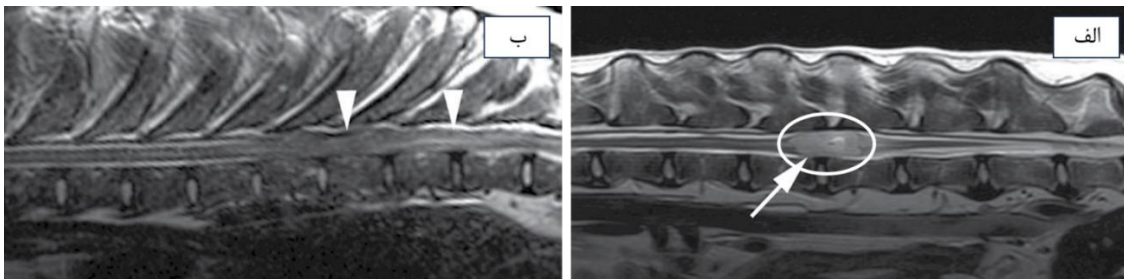
در تشخیص را به وجود آورد. به عنوان مثال ممکن است مننژیوم یا تومور ریشه عصب در این ناحیه با کیست آراکنوئید اشتباه شود.

عصب از آبسه‌های مجاور نخاعی یا هماتوم به راحتی قابل تفکیک نبوده و بعضاً اشتباه شوند.

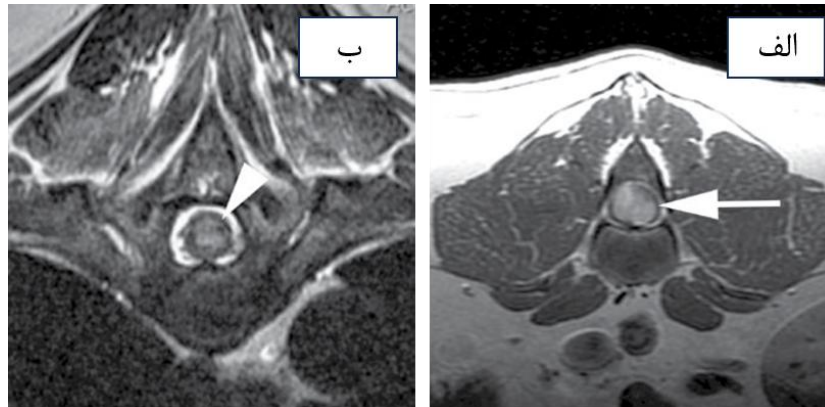
این شرایط ممکن است در مورد توده‌های اینترادورال اکسترادمولاری نیز وجود داشته باشد که یک چالش جدی

جدول ۱: تشابهات محل ایجاد تومورهای نخاعی با سایر ضایعات غیر توموری

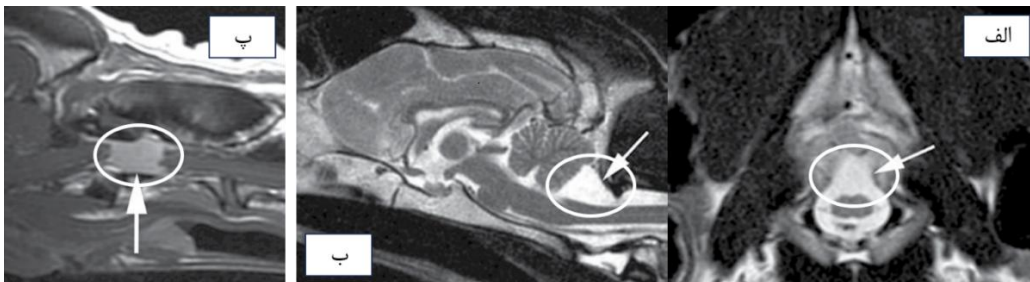
محل عارضه	تومورهای محتمل	سایر ضایعات محتمل
ناحیه گردنی (C1-C5)	مننژیوم‌ها، گلیوم‌ها، تومورهای ریشه اعصاب	IVDD، اسپاندیلومیلوپاتی گردنی، تروما
ناحیه گردنی - سینه‌ای (C6-T2)	تومورهای ریشه اعصاب، لمفوما	پارگی شبکه بازویی، FCE
ناحیه سینه‌ای - کمری (T3-L3)	مننژیوما، همانژیوبلاستوما	IVDD، دیسکواسپوندیلیت
ناحیه کمری - خاجی (L4-S3)	لمفوما، تومور ریشه اعصاب	تنگی ناحیه کمری-خاجی، مایلوپاتی‌های دژنراتیو
چندکانونی	لمفوما، متاستازهای ناشی از تومور	بیماری‌های عفونی-التهابی (FIP، دیسکواسپوندیلیت)



شکل ۱: تشابه تصویر MRI تومور آستروسیتوما با ضایعه میلیت از نمای ساجیتال؛ الف) آستروسیتوما ب) میلیت (۸،۹)



شکل ۲: تشابه تصویر MRI تومور آستروسیتوما با ضایعه میلیت از نمای عرضی؛ الف) آستروسیتوما ب) میلیت (۸،۹)



شکل ۳: تشابه تصویر MRI مننژیوم با کیست آراکنوئید؛ الف) کیست آراکنوئید از نمای عرضی ب) کیست آراکنوئید از نمای ساجیتال پ) مننژیوم از

نمای ساجیتال (۸،۹)

می‌شود که روند بهبودی عارضه در مقایسه با علائم آن به رغم درمان هدفمند، پیشرفتی کمتر از انتظار دارد. حتی ممکن است نتیجه MRI طبیعی ولی علائم در حال بدتر شدن باشند. همچنین ممکن است انطباقی بین یافته‌های تصویربرداری با موقعیت مکانی تومور وجود نداشته باشد. به مجموعه موارد ذکر شده، عدم انطباق ضایعه با تصویر (Imaging-lesion mismatch) می‌گوییم که یکی از چالش‌های مهم در تصمیم‌گیری در جهت برخورد با تومورهای نخاعی به حساب می‌آید.

جدول ۲: چه زمانی باید به عدم تطابق نتیجه تصویربرداری با ضایعه (Imaging-lesion mismatch) مشکوک شد؟

نشانه هشداردهنده	پیامد بالینی و رویکرد متناسب
علائم عصبی شدید با تغییرات خفیف در MRI	ممکن است ضایعه درون نخاعی یا منتشر باشد و در MRI به درستی دیده نشده باشد.
عدم بهبودی در نتیجه رویکرد درمانی اتخاذ شده بر مبنای نتیجه تصویربرداری	احتمال دارد تشخیص اشتباه باشد. (مثلاً ضایعه به جای تومور، عفونت یا التهاب باشد).
نتیجه تصویربرداری طبیعی اما علائم عصبی پیشرونده	تصویربرداری مجدد یا نمونه‌برداری ضروری است.
تطابق نداشتن محل ضایعه در MRI با علائم بالینی	ممکن است تومور چندکانونی، سیستیک یا از نوع ایتپیکال باشد.

سونوگرافی یا سی‌تی‌اسکن. ارجحیت هر کدام از روش‌ها به عوامل مختلفی وابسته است اما هر کدام از آن‌ها دارای محدودیت‌هایی بوده و می‌تواند به اقدامی چالش‌برانگیز تبدیل گردد که به توضیح آن‌ها پرداخته خواهد شد.

- اخذ نمونه با سوزن (FNA): بیشترین کاربرد این روش، نمونه‌گیری از توده‌های اعصاب محیطی و یا توده‌های اکسترادرال می‌باشد. به رغمی که این روش ماهیت کم‌تهاجمی دارد اما ممکن است برای رسیدن به قطعیت در تشخیص کفایت نکند.

- بیوپسی هسته‌ای (Core biopsy): بیشترین کاربرد این روش نمونه‌گیری از تومورهای مجاور مهره و تومورهای اکسترادرال می‌باشد. از ویژگی‌های این روش نمونه‌گیری حفظ ساختار توده می‌باشد. این نوع نمونه‌گیری در تشخیص لنفوم‌ها بسیار مفید است اما ممکن است در تشخیص قطعی گلیوم‌ها محدودیت‌هایی داشته باشد. مهمترین مخاطره محتمل در این نوع نمونه‌گیری خطر خونریزی است.

- بیوپسی جراحی: این روش در مورد تومورهایی که دستیابی به آن‌ها دشوار است و همچنین تومورهای اینترامدولاری بیشترین کاربرد را دارد اما از آنجا که

در برخی موارد حتی به رغم استفاده از مواد حاجب، تشخیص منژیوم‌ها و لنفوم‌ها از ضایعات التهابی یا عفونی کار دشواری می‌باشد که ممکن است حتی به تشخیص اشتباه انجامیده و روش درمان را تحت تأثیر قرار دهند.

ت) عدم انطباق یافته‌های تصویربرداری با شدت ضایعه:

در برخی موارد دامپزشک معالج با بیمارانی مواجه است که علائم شدید نورولوژیک دارند، در صورتی که در یافته MRI آن‌ها یک عارضه شدید یافت نمی‌شود. بعضاً ملاحظه

جهت مرتفع نمودن و یا به حداقل رساندن این چالش می‌توان از روش‌های زیر بهره جست؛

- ۱- MRI با فیلد بالا ($\geq 1.5T$): با هدف بهبود کنتراست در بافت‌های نرم و شناسایی بهتر ضایعات کوچک.
- ۲- تصویربرداری با ماده حاجب: با این روش می‌توان تومورهای با گرید پایین را در MRI و سی‌تی‌اسکن بهتر نمایان ساخت.
- ۳- سکانس‌های اختصاصی (GRE, OWI, FLAIR): جهت تشخیص دقیق خونریزی، ادم و تمایز دادن بهتر آن‌ها از یکدیگر.
- ۴- ادغام نتایج تصویربرداری و آنالیز CSF: جهت کمک به تمایز ضایعات نفوپلاستیک و التهابی از یکدیگر.
- ۵- بیوپسی زود هنگام: در زمان مواجهه با ضایعات پیشرونده بدون وجود توده مشخص.

ث) چالش‌ها، مخاطرات و محدودیت‌ها جهت اخذ

بیوپسی در سگ‌های مبتلا به تومورهای نخاعی:

هیستوپاتولوژی قطعی‌ترین روش تشخیصی برای هر نوع تومور از جمله تومورهای نخاعی می‌باشد. اخذ نمونه بیوپسی از تومورهای نخاعی به شیوه‌های گوناگون اتفاق می‌افتد. از جمله FNA، بیوپسی هسته‌ای (Core biopsy)، بیوپسی حین جراحی، بیوپسی تحت هدایت

این روش ماهیتی تهاجم دارد ممکن است باعث آسیب و بدتر شدن علائم نورولوژیک گردد.

- بیوپسی تحت هدایت سونوگرافی یا سی تی اسکن: در مواقعی که محل تومور در عمق و یا دسترسی به آن سخت است، می توان از این روش استفاده کرد. از ویژگی های آن، دقت بالا و کم بودن میزان تهاجم است. هر چند نیازمند حضور یک متخصص با تجربه جهت انجام نمونه گیری و همچنین القاء و نگهداری بیهوشی عمومی، ممکن است در تمامی بیماران ریسک یکسانی نداشته باشد. (۷-۲)

چالش های درمانی

الف) انتخاب صحیح بیمار جهت جراحی بر اساس هیستوپاتولوژی:

همواره تصمیم گیری لازم و درست جهت جراحی تومورهای نخاعی چالش برانگیز است و در بسیاری موارد هیستوپاتولوژی به جراح کمک شایانی می نماید. به عنوان مثال مننژیومها (به ویژه گرید دو) و تومورهای ریشه اعصاب

غالباً به خوبی قابل جداسازی از بافت های سالم اطراف می باشند و در صورت خارج کردن کامل تومور و عدم متاستاز، پیش آگهی خوبی دارند. همچنین آستروسیتوماهای گرید پایین (یک و دو) به رغمی که معمولاً قابل جداسازی از بافت سالم می باشند، ممکن است جداسازی شان با مخاطراتی همراه باشد و پیش آگهی متوسط تا ضعیفی را در پی داشته باشند. از طرف دیگر لنفوم های گرید بالا پاسخ مناسب تری به شیمی درمانی می دهند تا نسبت به جراحی و اصولاً انجام جراحی در این مورد کمک چندانی به درمان بیمار نمی نماید.

ب) تأثیر سن بیمار بر انتخاب روش درمانی:

یکی دیگر از مواردی که می تواند منجر به دشوار شدن تصمیم گیری برای انجام جراحی روی بیماران مبتلا به تومورهای نخاعی گردد، سن بیمار است. در جدول ۳ به طور خلاصه به تأثیر سن بر موفقیت جراحی و همچنین نکات ضروری دیگری پرداخته شده است.

جدول ۳: تأثیر سن بر مدیریت درمانی و جراحی

عامل مربوط به سن	تأثیر بر مدیریت	ملاحظات
کاهش ذخایر فیزیولوژیک	افزایش خطر بیهوشی و جراحی	استفاده از پروتکل های بیهوشی مخصوص سالمندان، کاهش زمان عمل
تأخیر در التیام زخم	بهبودی کندتر، افزایش ریسک عفونت	مراقبت دقیق بعد از عمل، پایش منظم محل زخم
بیماری های همزمان رایج	بیماری هایی مانند نارسایی کلیه، بیماری قلبی، آرتروز در سالمندان شایع است.	مدیریت همزمان بیماری ها در طول بستری و بیهوشی ضروری است.
کاهش عملکرد شناختی (CDS)	ممکن است روند بهبودی و پیروی از درمان را دشوار کند.	استفاده از اقدامات کاهش دهنده اضطراب؛ پایش دقیق در خانه
کاهش انعطاف پذیری عصبی (Neural Plasticity)	بهبودی کندتر یا ناقص علائم عصبی پس از جراحی	نیاز به برنامه توان بخشی شناختی متمرکزتر و طولانی تر

علاوه بر این سن می تواند به نحو دیگری نیز بر روند بهبودی بیمار مبتلا به تومور نخاعی تأثیر بگذارد و در تعیین پیش آگهی مؤثر باشد. به عنوان مثال در سگ های کوچکتر از ۵ سال پیش آگهی تومورهای نخاعی گوناگون است، زیرا به رغمی که در بیماران جوان تر روند بهبودی سریعتر است اما ممکن است ماهیت تومور نیز تهاجمی تر باشد. در بیماران با سن ۵ تا ۱۰ سال پیش آگهی بر اساس نوع تومور

خوب تا محتاطانه است و بیشترین میزان تشخیص تومورهای نخاعی نیز در این محدوده سنی رخ می دهد. در بیماران بالای ۱۰ سال پیش آگهی محتاطانه تا ضعیف است که از علل آن می توان به وجود سایر فاکتورهای تأثیرگذار بر مرگومیر و ریسک بالاتر جراحی و ریکواری کندتر اشاره نمود. جدول ۴ به نکات جالب توجهی در ارتباط با نوع تومورهای نخاعی در سنین مختلف می پردازد. (۱۲-۱۰)

جدول ۴: ارتباط سن با انواع تومورهای نخاعی در حیوانات کوچک

نوع تومور	محدوده سنی (سال)	نوع یا نژاد	توضیحات
مننژیوم (Meningioma)	۸-۱۴	بیشتر در گربه‌های مسن و در سگ‌های دولیکوسفال	اغلب خوش خیم اما حجیم با رشد آهسته
گلیوما (آستروسایتوما، الیگودندروگلیوما)	۵-۱۰	در سگ‌های برکیوسفال	ممکن است زودتر از سایر تومورها بروز کند؛ تهاجمی‌تر و بدخیم‌تر.
اپندیموما (Ependymoma)	۶-۱۲	سگ‌های نژاد بزرگ	تومور درون نخاعی؛ معمولا در ناحیه گردنی نخاع دیده می‌شود.
لنفوما (CNS)	بیشتر زیر ۷ سال اما در هر سنی ممکن است.	در گربه‌ها بیشتر (گربه‌های مبتلا به FeLV)	ممکن است نخاع را به صورت ثانویه درگیر کند؛ به شیمی‌درمانی پاسخ می‌دهد.
تومورهای غلاف عصبی	۸-۱۳	اختصاصا در سگ‌های نژاد بزرگ	بیشتر ریشه‌های اعصاب و اعصاب محیطی را درگیر می‌کنند.
نفروبلاستوما	۳ >	ژرمن شیردهای جوان	مادرزادی. نادر. اغلب در ناحیه T10-L2؛ اگر موضعی باشد، جراحی موفقیت‌آمیز است.
تومورهای مناساتیک	۱۰ ≤	بسته به نوع تومور اولیه	اغلب در حیوانات مسن دیده می‌شود؛ پیش‌آگهی ضعیف.

پ) نیاز به ابزارهای ویژه برای جراحی تومورهای نخاعی:

طیف وسیعی از وسایل و ابزار جراحی جهت خارج‌سازی تومورهای نخاعی مورد نیاز است که گاهی دسترسی به آن‌ها دشوار و بعضا چالشی مهم محسوب می‌شود. غالبا علاوه بر در دسترس نبودن، گران‌قیمت بودن این وسایل، انجام جراحی روی این بیماران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از وسایل پرکاربرد در خارج‌سازی تومورهای نخاعی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱) میکروسکوپ جراحی: به منظور بزرگنمایی و مشاهده بهتر موضع جراحی علی‌الخصوص در مورد تومورهای اینترادورال و اینترامدولاری کاربرد دارد.
- ۲) الکتروکوتر دوقطبی: جهت جلوگیری و یا توقف خونریزی‌های حین جراحی علی‌الخصوص در بافت‌های حساس کاربرد دارد. از آنجا که میزان حرارت آن در مقایسه با دستگاه‌های مونوپولار کمتر است، در جراحی‌های تومورهای نخاعی کاربرد فراوان دارد.
- ۳) دریل‌های با سرعت بالا: جهت برداشتن بخشی از مهره کاربرد دارند و می‌تواند باعث کاهش ترومای جراحی و همچنین افزایش وقت جراحی گردند.

۴) پنچ کریسون (Kerrison punch): جهت برداشتن بخشی از مهره به کار می‌رود و جزو پرکاربردترین وسایل جراحی اعصاب می‌باشد.

۵) جداکننده‌های (دایسکتور) پنفلید و قلاب‌های دورا و ریشه اعصاب: جهت جابه‌جا کردن محتاطانه بافت عصبی و نمایان کردن ساختارهای اینترادورال یا اینترامدولاری کاربرد دارد.

۶) خردکننده و مکنده اولتراسونیک (Cavitron Ultrasonic Surgical Aspirator): دستگاهی است که از طریق امواج صوتی به خرد کردن و مکیدن تومورهای عصبی علی‌الخصوص گلیوم‌ها و آستروسیتوم‌ها می‌پردازد.

ت) انتخاب صحیح رهیافت جراحی بر اساس محل قرارگیری تومور نخاعی:

رهیافت‌های متفاوتی جهت خارج کردن تومور از نخاع بر اساس محل آن تعریف شده است. چنانچه متخصص جراح از رهیافتی نامناسب استفاده نماید ممکن است در دستیابی به هدف که خارج کردن کامل یا کوچک کردن اندازه تومور می‌باشد ناموفق باشد.

۱) تومورهای نخاعی در ناحیه گردن (C1-C5): عمده تومورهایی که در این ناحیه از نخاع ایجاد می‌شوند، گلیوماها و مننژیوم‌ها می‌باشند. رهیافت پشتی

اکستراادورال عمدتا تومورهای ریشه اعصاب و لنفوم ها می باشند که خارج سازی آن ها آسان است. چنانچه این امر به طور کامل انجام پذیرد، پیش آگهی خوبی نیز دارند. مننژیومها شایعترین تومور اینترادورال - اکسترامدولار هستند که ممکن است خارج سازی آن ها به لحاظ تکنیکی با دشواری هایی همراه باشد. پیش آگهی این تومورها از متوسط تا خوب ممکن است متغیر باشد. تومورهای داخل نخاعی نیز عمدتا شامل آستروسیتومها و اپاندیموماها هستند. از آنجا که خارج کردن آن نیاز به برش روی نخاع (مایلو تومی) دارد به لحاظ تکنیکی بسیار دشوار و با پیش آگهی شان محافظه کارانه تا ضعیف می باشند.

ج) چالش های پس از خارج سازی تومورهای نخاعی:

بسته به نوع و شدت آسیب تومور به نخاع و همچنین رهیافت جراحی انجام شده ممکن است برخی مخاطرات به وجود آید که از آن ها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) بدتر شدن علائم نورولوژیک: به دلیل دستکاری و ایجاد ادم در بافت عصبی ممکن است بعد از انجام جراحی در مقایسه با قبل از آن علائم بالینی بدتری را نشان دهد. این شرایط ممکن است از یک ضعف خفیف در اندام های حرکتی تا فلجی کامل متغیر باشند. این روند ممکن است حتی تا ۵۰ درصد بیماران جراحی شده را مبتلا نماید، اما در اکثر موارد طی مدت ۱ تا ۲ هفته با کمک گیری از داروهای ضد التهاب و انجام فیزیوتراپی بهبودی یابند.

۲) ادم نخاعی: این اتفاق شیوع متوسطی دارد و می تواند باعث ایجاد درد و همچنین بدتر شدن علائم نورولوژیک گردد که معمولا با استفاده از ضد التهاب ها و مایع درمانی مرتفع می گردد.

۳) نشت مایع مغزی - نخاعی و یا تشکیل مننگوسل کاذب: نشت مایع مغزی - نخاعی از محل انجام دوراتومی اتفاقی بسیار نادر است. معمولا این مایع می تواند به خودی خود جذب گردیده و در غیر این صورت با مداخله جراحی رفع گردد. وجود این مایع می تواند باعث ایجاد التهاب موضع گردد.

۴) عفونت موضع جراحی و باز شدن بخیه ها: به رغمی که شیوع پایینی دارند اما می بایست نسبت به درمان کامل اقدام کافی به عمل آید.

(دورسال لامینکتومی)، یا جانبی (همی لامینکتومی) دو انتخاب اصلی در این ناحیه هستند. جراحی در این نواحی با خطر ایست تنفسی بیمار به دلیل دستکاری مرکز تنفس همراه است. از این رو جراح می بایست از هر گونه دستکاری اضافی بافت های ناحیه اجتناب نماید.

۲) تومورهای نخاعی در ناحیه گردنی-سینه ای (C6-T2): شایعترین تومورهای این ناحیه، تومورهای ریشه اعصاب و لنفوم ها هستند. بهترین رهیافت جهت خارج سازی توده های این ناحیه، رهیافت پشتی (دورسال لامینکتومی) و جانبی (همی لامینکتومی) می باشند. جراح حین انجام عمل جراحی در این ناحیه می بایست توجه ویژه جهت جلوگیری از آسیب زدن به شبکه بازویی را مبذول نماید.

۳) تومورهای نخاعی در ناحیه سینه ای-کمری (T3-L3): تومورهای شایع این ناحیه، عمدتا مننژیومها و آستروسیتومها هستند. رهیافت اصلی، همان رهیافت پشتی (دورسال لامینکتومی) و جانبی (همی لامینکتومی) می باشد. در صورت نیاز به لامینکتومی گسترده جهت دسترسی بهتر به تومور ممکن است ناپایداری در ستون فقرات ایجاد کند که نیازمند تثبیت مهره ها باشد.

۴) تومورهای نخاعی در ناحیه لومبوساکرال (L4-S3): تومورهای شایع در این ناحیه شامل لنفوم ها، تومورهای ریشه اعصاب و کوردوما می باشند. رهیافت های انتخابی جهت خارج سازی تومورهای این ناحیه از نخاع شامل رهیافت های پشتی (دورسال لامینکتومی) و در صورت نیاز به گسترش به دلیل وسعت تومور پشتی-جانبی می باشد. گاهی نیاز است جهت خارج سازی تومور فورامینوتومی نیز انجام پذیرد. عوارض جراحی در این ناحیه ممکن است بی اختیاری در دفع ادرار و مدفوع و درد قابل توجه پس از جراحی باشد.

ث) دسترسی به تومور بر اساس موقعیت قرارگیری آن در مقایسه با دورا:

همانگونه که اشاره شد تومورهای نخاعی ممکن است، اکستراادورال، اینترادورال - اکسترامدولاری و یا اینترامدولاری باشند. رایج ترین تومورها در موقعیت

جدول ۵: ویژگی‌های تومورهای نخاعی جهت جراحی

نوع تومور	محل شایع	قابلیت برداشت جراحی	هدف جراحی	عوارض پس از جراحی
مننژیوم	اینترادورال-اکسترمودولار	در بیشتر موارد کاملا قابل برداشت است.	برداشت کامل تومور (Gross total excision)	نشت CSF، مننژیت
تومور غلاف عصبی	اینترادورال یا اکستردورال	در بیشتر موارد قابل برداشت است.	برداشت کامل یا نسبی	درد، عود کردن درد در صورت برداشت ناقص
آستروسیتوما (گرید پایین)	اینترامدولار	به ندرت قابل برداشت است.	بیوپسی (برداشت جزئی)	بدتر شدن علائم عصبی
لنفوما	هر ناحیه‌ای از نخاع	غیرقابل برداشت	فقط بیوپسی	استفاده از شیمی‌درمانی یا پرتودرمانی
نوروبلاستوما	اینترادورال	برداشت جزئی ممکن است.	بیوپسی یا کاهش حجم تومور	خطر بی‌ثباتی ستون فقرات



شکل ۶: خارج‌سازی تومور لیپومای نخاعی در سگی ۹ ساله با نژاد شیتزو تریر در بیمارستان دامپزشکی مرکزی؛ الف) تصویر MRI تومور از نمای عرضی؛

ب) تصویری از جراحی تومور لیپوما؛ ۱) نخاع ۲) تومور

جهت کنترل عوارض ناشی از عمل جراحی و همچنین اطلاع سریع از اختلالات احتمالی توصیه می‌گردد معاینات دقیقی به ترتیب زیر انجام پذیرد:

- ۱) ۲ هفته ابتدایی پس از جراحی: معاینه عصبی جهت تشخیص سریع عوارض جراحی هر ۳ روز یک بار.
- ۲) ۱ ماه پس از جراحی: سی‌تی‌اسکن یا MRI جهت تشخیص باقی‌مانده احتمالی تومور و عود مجدد.
- ۳) ۳ تا ۶ ماه پس از جراحی: MRI، معاینه عصبی و CBC جهت بررسی رشد مجدد تومور یا عوارض احتمالی شیمی‌درمانی (در صورت انجام).
- ۴) ۶ تا ۱۲ ماه پس از جراحی: MRI و رادیوگراف از قفسه سینه جهت بررسی متاستاز یا رشد احتمالی.
- ۵) ۱۲ ماه پس از جراحی: انجام MRI سالیانه جهت ارزیابی بلندمدت.

به رغمی که جراحی تقریباً اصلی‌ترین درمان اکثر تومورهای نخاعی می‌باشد اما با این وجود ممکن است به دلایلی از جمله منتشر بودن تومور، قابلیت دسترسی سخت یا همراه با آسیب فراوان، باقی ماندن بخشی از تومور و سایر موارد

۵) دردهای نوروپاتییک: متعاقب جراحی روی نخاع ممکن است دردهای مزمنی ایجاد گردد که عمدتاً می‌توان آن‌ها را با تجویز داروهای گاباپنتین و آمی‌تریپتیلین، همچنین طب سوزنی و تحریک الکتریکی (TENS) رفع نمود یا به حداقل رساند.

۶) بی‌اختیاری مدفوع و ادرار: در ۵ تا ۲۵ درصد موارد ممکن است انجام جراحی همراه با آسیب اعصاب نخاعی مربوط به کنترل مدفوع و ادرار باشد. این آسیب‌ها ممکن است دائمی و ماندگار باشند.

۷) تشکیل سروما در محل جراحی: اتفاقی رایج است که عمدتاً از طریق بانداژهای فشاری کنترل و خودبه‌خود جذب می‌گردد.

۸) عود مجدد تومور: این اتفاق عمدتاً در مورد تومورهای داخل نخاعی که به طور کامل خارج نشده‌اند رخ می‌دهد. در این گونه شرایط انجام مجدد جراحی و یا درمان‌های کاهنده درد توصیه می‌شوند.

نیاز به درمان‌های دیگری چه قبل و یا بعد از جراحی وجود داشته باشد. بدین منظور دستورالعمل‌هایی تدوین شده مناسبی انجام دهد.

است که دامپزشک معالج می‌تواند بر اساس آن تصمیم‌گیری مناسبی انجام دهد.

جدول ۶: درمان ترکیبی و پایش تومورهای نخاعی

نوع تومور	هدف جراحی	پرتودرمانی	شیمی‌درمانی	پایش توصیه‌شده
مننژیوم	برداشت کامل	در صورت برداشت ناقص توصیه می‌شود.	به ندرت	MRI هر ۶ ماه یک بار
آستروسیتوما (گرید پایین)	بیوپسی (برداشت جزئی)	توصیه می‌شود.	CCNU	MRI هر ۳ تا ۶ ماه
گلیوبلاستوما	فقط برداشت تومور	توصیه می‌شود.	تموزولامید (Off-label)	MRI مکرر و معاینه عصبی ماهانه
لنفوما	فقط بیوپسی	فقط در موارد موضعی	پروتکل CHOP	CBC، تصویربرداری، معاینه عصبی ماهانه
تومور غلاف عصبی	برداشت کامل	در صورت عود مجدد انجام می‌شود.	به ندرت	MRI در ۳ تا ۶ ماه پس از جراحی
نفروبلاستوما	برداشت ناقص	توصیه می‌شود.	بسته به مورد	MRI به همراه نمونه‌گیری از CSF هر ۶ ماه

درمانی نقش مهمی در تعیین مسیر درمان دارد. در مواردی که تومور نیاز به جراحی ندارد و درمان اصلی آن مبتنی بر شیمی‌درمانی یا سایر روش‌های غیرداخلی است، ممکن است دامپزشک به اشتباه بیمار را به سمت جراحی هدایت نماید و در نتیجه، وضعیت بیمار را وخیم‌تر کند.

جراحی تومورهای نخاعی نیازمند امکانات، تجهیزات خاص و گران‌قیمتی است که فراهم‌سازی آن‌ها و ارجاع بیمار به مراکز درمانی مجهز، اهمیت ویژه‌ای دارد.

با توجه به احتمال ماندگار شدن علائم نورولوژیک بعد از جراحی تومورها در بیمار، آگاه‌سازی سرپرست و جلب رضایت از وی پیش از انجام هرگونه مداخله جراحی ضروری است.

هرچند پدیده متاستاز در اغلب تومورهای نخاعی شایع نیست، اما خطر عود مجدد تومور به‌ویژه در صورت برداشت ناقص وجود دارد و می‌بایست با سرپرست بیمار در مورد آن با شفافیت و صداقت صحبت کرد.

همانطور که اشاره شد، گاهی شدت علائم بالینی با یافته‌های تصویربرداری همخوانی ندارد، در این شرایط انجام اقدامات تکمیلی پیش از جراحی ضروری است. همچنین اگرچه بیشتر تومورهای نخاعی در سگ‌های مسن مشاهده می‌شوند، اما در سگ‌های جوان نیز وجود دارند و نباید صرفاً سن بیمار دلیلی بر انجام یا انجام ندادن جراحی باشد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود یکی از اصلی‌ترین درمان‌های تومورهای نخاعی رادیوتراپی است. با توجه به محدودیت فراوان در دسترسی به دستگاه‌های تولیدکننده پرتو و همچنین متخصصین این زمینه استفاده از این روش درمانی منحصر به موارد محدودی است. علاوه بر پرتودرمانی، در مورد برخی تومورهای نخاعی استفاده از شیمی‌درمانی به عنوان درمان اولیه یا درمان تکمیلی جهت کوچک کردن سایر تومور پیش از جراحی و یا از بین بردن بقایای تومور پس از جراحی کاربرد دارد. اسنفاده صحیح این شیوه درمانی با محدودیت‌هایی از جمله دسترسی به داروهای مناسب که نفوذی کافی به بافت‌های عصبی داشته باشند، قیمت بالا و بالا بودن امکان مسمومیت ناشی از مصرف اشاره نمود. (۱۷-۱۰)

بحث و نتیجه‌گیری

به رغم شیوع پایین تومورهای نخاعی در سگ‌ها احتمال بروز چالش‌های گوناگون در مواجهه با آن‌ها بالا می‌باشد. اگرچه بسیاری از جراحان دامپزشک در طول دوران حرفه‌ای خود ممکن است هرگز با جراحی این نوع تومورها روبه‌رو نشوند، اما امکان مواجهه با این بیماران و در نتیجه، اتخاذ تصمیمات نادرست در روند درمان وجود دارد.

در برخی موارد، به علت موقعیت تومور، امکان تهیه بیوپسی وجود ندارد؛ با این حال، در صورت امکان، انجام بیوپسی به‌شدت توصیه می‌شود، چراکه تشخیص دقیق پیش از اقدام

در مجموع، دامپزشک باید بر اساس شرایط اختصاصی هر بیمار و با در نظر گرفتن چالش‌های تشخیصی و درمانی، تصمیم‌گیری کند. تسلط بر این چالش‌ها، به‌ویژه در مواقع لزوم برای مداخله مستقیم یا ارجاع بیمار به مراکز تخصصی مجهز و باتجربه، نقش کلیدی در پیشگیری از اشتباهات درمانی و مدیریت صحیح‌تر چالش‌های پیش‌رو خواهد داشت.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی را در مقاله شناسایی نکرده‌اند.

گاه به‌دلیل موقعیت تومور، مانند نواحی شکمی مهره‌های گردنی، دسترسی جراحی می‌تواند به نخاع و مهره آسیب جدی وارد کند. در چنین مواردی، هدف از جراحی الزاماً برداشت کامل تومور نیست، بلکه می‌توان با روش کاهش حجم تومور (سیتوریداکشن)، بخش عمده‌ای از آن را برداشت و ادامه درمان را با استفاده از روش‌هایی چون شیمی‌درمانی، پرتودرمانی و سایر مداخلات دنبال کرد. با توجه به محدودیت‌های ساختاری در نفوذ داروهای شیمی‌درمانی به سیستم عصبی مرکزی، افزایش دوز دارو لزوماً منجر به بهبود اثربخشی نخواهد شد. در این شرایط، بهره‌گیری از روش‌های کمکی و جایگزین ضروری است.

منابع

1. Spinal Cord Tumor Canine (n.d.). Veterinary Society of Surgical Oncology (VSSO). Retrieved from VSSO website
2. Pancotto TE, Rossmeisl JH, Zimmerman K, et al. Intramedullary spinal cord neoplasia in 53 dogs (1990–2010): distribution, clinicopathologic characteristics, and clinical behavior. *J Vet Intern Med.* 2013;27(3):617–24. <https://doi.org/10.1111/jvim.12182>.
3. Rissi DR, Barber R, Burnum A, Miller AD. Canine spinal cord glioma: a case series and review of the literature. *J Vet Diagn Invest.* 2017;29(4):508–17. <https://doi.org/10.1177/1040638716673127>.
4. Hoerlein B, et al. Magnetic resonance imaging features of tumors of the spine and spinal cord in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 2009;50(3):303–9. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1999.tb00890.x>.
5. Biller DS, et al. Magnetic resonance imaging of spinal cord tumors in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 1995;36(2):97–102. PMID: 8592213
6. Schnabel R, et al. Relationship between magnetic resonance imaging findings and histological grade in spinal peripheral nerve sheath tumors in dogs. *J Vet Intern Med.* 2023;37(2):593–601. <https://doi.org/10.1111/jvim.16839>.
7. Ingwersen M, et al. Evaluation of magnetic resonance imaging for the differentiation of inflammatory, neoplastic, and vascular intradural spinal cord diseases in the dog. *J Vet Diagn Invest.* 2017;29(2):255–63. <https://doi.org/10.1111/vru.12501>.
8. Scrivani PV. Veterinary head and neck imaging. 1st ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.; 2022, Wisner E, Zwingenberger A. Atlas of Small Animal CT & MRI. 1st ed. Hoboken NJ: Wiley-Blackwell; 2015. ISBN-13: 978-1-118-44617-1
10. Comeau N. A Practical Guide to Canine and Feline Neurology—2nd edition. The Canadian Veterinary Journal. 2009 Nov;50(11):1188.
11. Platt SR, Olby NJ. BSAVA manual of canine and feline neurology. 2014 Nov 19.
12. Withrow SJ, Vail DM, Page RL. Withrow and MacEwen's small animal clinical oncology. 5th ed. Elsevier; 2013
13. Fossum TW. Small animal surgery. 5th ed. Elsevier; 2018
14. Rossmeisl JH. New treatment modalities for brain tumors in dogs and cats. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice.* 2014 Nov 1;44(6):1013-38.

- <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.07.003>.
15. Laitinen OM, Puerto DA. Surgical decompression in dogs with thoracolumbar intervertebral disc disease and loss of deep pain perception: a retrospective study of 46 cases. *Acta veterinaria scandinavica*. 2005 Jun 30;46(2):79. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-46-79>.
16. Millis DL, Levine D. *Canine rehabilitation and physical therapy*. 2nd ed. Elsevier; 2014.
17. Olby N. The pathogenesis and treatment of acute spinal cord injuries in dogs. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2010 Sep 1;40(5):791-807. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.05.007>.

Abstracts in English

Diagnostic and therapeutic challenges of spinal cord tumors in dogs

Omid Moradi^{1*}, Mohammad Vahidi Arbabi¹, Keyvan Khojasteh¹, Amir Bakhshi¹, Mostafa Taheri¹, Hossein Najafzadeh¹

1. Surgery and Anesthesia Department, The Central Veterinary Hospital, Tehran, Iran.

drmoradi@cvhospital.ir*

Background: Spinal tumors are generally uncommon in dogs, both in terms of their primary origin and metastatic spread from other sites. These tumors are classified according to their anatomical relationship to the spinal cord and dura mater, falling into three major categories: extradural, intradural–extramedullary, and intramedullary.

Objectives: To examine the prevalence, types, clinical signs, and diagnostic and therapeutic approaches for spinal tumors in dogs.

Methods: A thorough physical and neurological examination, supplemented by advanced imaging—including radiography, myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging—either individually or in combination, depending on the tumor type, anatomical compartment, and clinical priorities.

Results: Extradural tumors are the most common, accounting for approximately half of all documented cases. Large-breed dogs are disproportionately affected, with roughly 28% of cases diagnosed in dogs under three years of age. Meningioma is the most frequent primary spinal tumor in dogs. Clinical signs are largely determined by lesion location and may be indistinguishable from other causes of myelopathy. Once a definitive diagnosis is established, treatment may involve surgery, radiation therapy, chemotherapy, or multimodal approaches tailored to tumor type, location, biological behavior, and patient condition. Key challenges include distinguishing neoplastic from non-neoplastic lesions, radiologic overlap, discordance between imaging and clinical findings, surgical planning relative to tumor compartment, limitations of radiation and chemotherapy, access to surgical technology, perioperative risk management, postoperative rehabilitation, and patient-specific factors such as age, breed, and comorbidities.

Conclusions: Spinal tumors in dogs require a multifaceted diagnostic and therapeutic approach, with success dependent on careful imaging, individualized treatment planning, and comprehensive perioperative and postoperative management.

Keywords: Spinal cord tumors, Therapeutic challenges, diagnostic challenges, Surgery; Canine spinal cord neoplasia



مقاله پژوهشی

التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

http://eltiamjournal.ir/

بررسی اثر درمان‌های موضعی مختلف بر فشار داخل چشمی در مدل حیوانی کدورت قرنیه

نگین رحیم‌دوست مژده‌ی^۱، سمانه قاسمی^۱، رحیم صفاری^۲، هانیه شاطرزاده یزدی^۳، حسین کاظمی مهرجردی^{۳*}

۱. گروه علوم درمانگاهی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. گروه قرنیه، مرکز تحقیقات چشم‌پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

۳. پاتولوژیست دامپزشکی، بخش خصوصی، مشهد، ایران.

h-kazemi@um.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

doi <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.10>



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: کدورت قرنیه یکی از دلایل اصلی کاهش بینایی ناشی از زخم و تروما در انسان‌ها و حیوانات محسوب می‌شود. درمان انواعی از این کدورت‌ها با داروهای مختلفی از جمله کورتیکواستروئیدها تا حدودی ممکن است زیرا این دسته داروها به کاهش فیبروز کمک می‌کنند، اما خطر افزایش فشار داخل چشمی (intra ocular pressure) را نیز به همراه دارند. در مطالعات جدید دیده شده است که لوزارتان، به‌عنوان آنتاگونیست آنژیوتانسین II و مهارکننده‌ی مسیر β TGF دارای پتانسیل ضدفیروتیک موضعی است؛ اما اطلاعات محدودی در مورد تأثیر آن بر تغییرات فشار داخل چشمی در مدل‌های حیوانی موجود می‌باشد. این مطالعه تجربی، کنترل‌شده و تصادفی، ایمنی اثرات موضعی لوزارتان و بتامتازون بر فشار داخل چشمی را ارزیابی کرده است.

هدف: بررسی تأثیر قطره‌های موضعی لوزارتان، بتامتازون و ترکیب آن‌ها بر فشار داخل چشمی در مدل رت مبتلا به پارگی نیم‌ضخامت قرنیه طی دوره درمانی چهار هفته‌ای.

روش کار: بیست و چهار رت بالغ نر ویستار به‌طور تصادفی در چهار گروه شش‌تایی تقسیم شدند: گروه کنترل منفی، قطره چشمی لوزارتان ۰/۰۸٪، قطره چشمی بتامتازون ۰/۰۱٪ و ترکیبی (لوزارتان + بتامتازون). زخم نیم‌ضخامت قرنیه در روز صفر ایجاد شد و درمان‌ها از روز پنجم آغاز گردید. روزانه شش نوبت، یک قطره در چشم راست به‌مدت چهار هفته تجویز شد. پس از یک ماه، فشار داخل چشمی هر دو چشم با دستگاه تونومتر در سه نوبت شش‌تایی (در مجموع میانگین هجده خوانش برای هر چشم) اندازه‌گیری شد. داده‌ها به‌صورت میانه (چارک اول-چارک سوم) گزارش شده و تحلیل آماری برای مقایسه بین گروه‌ها و بین دو چشم در هر گروه انجام شد.

نتایج: مقایسه‌ی فشار داخل چشمی در گروه‌های لوزارتان، بتامتازون، ترکیبی و کنترل تفاوت معناداری نشان نداد ($p > 0/05$). همچنین، تفاوت معناداری بین چشم درمان‌شده (راست) و چشم فاقد عارضه (چپ) در هیچ‌کدام از گروه‌ها مشاهده نشد ($p > 0/05$).

نتیجه‌گیری نهایی: این مطالعه نشان داد که یک ماه استفاده از قطره‌های موضعی لوزارتان، بتامتازون و ترکیب آن‌ها به منظور ترمیم کدورت ناشی از آسیب نیم‌ضخامت قرنیه در رت، از نظر فشار داخل چشمی تفاوتی ندارد.

واژگان کلیدی: استروما قرنیه؛ فشار داخل چشمی؛ لوزارتان؛ بتامتازون؛ رت

مقدمه

قرنیه، به عنوان بیرونی‌ترین لایه شفاف چشم، نقشی حیاتی در انکسار نور و محافظت از ساختارهای داخلی چشم ایفا می‌کند (۱). این بافت از نظر ساختاری از پنج لایه مجزا تشکیل شده است که عملکرد هماهنگ آن‌ها برای حفظ شفافیت و سلامت قرنیه ضروری می‌باشد (۲). کدورت قرنیه، که یکی از دلایل اصلی کاهش بینایی در سراسر جهان محسوب می‌شود و می‌تواند به دنبال آسیب‌هایی نظیر تروما، سوختگی‌های شیمیایی، عفونت‌ها یا مداخلات جراحی ایجاد شود (۳). اهمیت این عارضه در حوزه دامپزشکی نیز بسیار بالا است، زیرا آسیب‌هایی نظیر ورود جسم خارجی به قرنیه، زخم‌های عمیق قرنیه، و پارگی‌های قرنیه همواره جزو شایع‌ترین موارد ارجاعی به کلینیک‌های چشم دامپزشکی بوده‌اند و از دست دادن شفافیت قرنیه می‌تواند میدان دید و درک عمق حیوان را مختل کرده و باعث کاهش شدید عملکرد آن شود. همچنین این ضایعه می‌تواند به از کارافتادگی حیوانات تربیت‌شده برای اهداف خاص و حتی در موارد شدید، به آرام‌کشی حیوان منجر گردد (۴). از نظر پاتوفیزیولوژی، فرآیند ترمیم زخم ایجاد شده در استرومای قرنیه روندی پیچیده است. در این فرآیند، کراتوسیت‌ها به میوفیبروبلاست‌ها تبدیل می‌شوند که با بیان آلفا اکتین عضله صاف (α -SMA) و تولید بی‌رویه ماتریکس خارج سلولی نامنظم، ساختار طبیعی و شفاف قرنیه را مختل کرده و منجر به فیبروز و ایجاد اسکار می‌شوند (۲). از جمله درمان‌های بسیار رایج برای مهار این فرآیند فیبروتیک، استفاده از کورتیکواستروئیدهای موضعی مانند بتامتازون است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که این داروها با مهار تکثیر کراتوسیت‌ها و سنتز ماتریکس خارج سلولی به کاهش کدورت قرنیه پس از آسیب‌های مختلف کمک می‌کنند (۵، ۶). با این حال، استفاده از این دسته دارویی ممکن است با چالش‌های مهمی همراه باشد. مهم‌ترین عارضه جانبی آن، پتانسیل این دسته دارویی در افزایش فشار داخل چشمی می‌باشد. تجویز موضعی گلوکوکورتیکوئیدها می‌تواند در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از جمعیت عمومی دریافت‌کنندگان این دارو را دچار افزایش فشار چشم کند. اگر این افزایش فشار به موقع تشخیص داده و درمان نشود، می‌تواند به از بین رفتن سلول‌های گانگلیونی شبکیه و در نهایت، ایجاد گلوکوم ناشی از

استروئید (steroid-induced glaucoma) و آسیب دائمی عصب بینایی منجر شود (۷). علاوه بر این، برخی مطالعات نشان داده‌اند که استروئیدها ممکن است در دزهای بالا، فرآیند ترمیم اپیتلیال را مهار کرده (۸) و زمان بهبود زخم را افزایش دهند (۹). از این روی، فیبروز قرنیه همچنان یکی از دلایل اصلی نابینایی در حیوانات و انسان‌ها در سراسر جهان بوده و توسعه استراتژی‌های جدید و بهتر برای درمان فیبروز و کدورت قرنیه همچنان یک هدف مهم برای چشم‌پزشکان و دامپزشکان می‌باشد (۴). در سال‌های اخیر، داروی لوزارتان نیز به منظور کاهش کدورت قرنیه مورد توجه قرار گرفته است. لوزارتان، یک آنتاگونیست گیرنده آنژیوتانسین II می‌باشد و دیده شده است که از طریق مهار مسیر سیگنالینگ فاکتور رشد تغییردهنده بتا ($TGF-\beta$) می‌تواند پتانسیل ضدفیبروتیک داشته باشد (۱۰). همچنین شواهد بالینی و آزمایشگاهی اثربخشی این دارو را تأیید می‌کنند، برای مثال، استفاده از لوزارتان موضعی در انسان توانسته است کدورت قرنیه پس از جراحی لازیک را کاهش دهد (۱۱). در مدل‌های حیوانی نیز، لوزارتان به تنهایی یا در ترکیب با استروئیدها، فیبروز ناشی از سوختگی قلیایی را به شکل مؤثری کاهش داده است (۱۴-۱۲). با وجود این شواهد امیدوارکننده در مورد اثرات ضدفیبروتیک لوزارتان، اطلاعات محدودی در مورد تأثیر آن بر فشار داخل چشمی وجود دارد (۱۰). حتی در مورد کورتیکواستروئیدها هم اثرات متناقضی در مطالعات مختلف روی موش و رت گزارش شده است به طوری که در مطالعه‌ای که از قطره دگزامتازون در چشم موش استفاده شده بود افزایش فشار چشم گزارش شد درحالی‌که همان درمان در مطالعه‌ای دیگر بر روی رت نشان از کاهش فشار چشم داشت (۷). از آنجایی که ایمنی یک درمان به اندازه اثربخشی آن اهمیت دارد، هدف از این مطالعه، بررسی و مقایسه اثرات قطره‌های چشمی لوزارتان، بتامتازون و ترکیب آن‌ها بر فشار داخل چشمی در مدل رت مبتلا به پارگی نیم‌ضخامت قرنیه بوده است تا ایمنی این درمان‌ها از منظر تغییرات فشار داخل چشمی ارزیابی شود.

مواد و روش کار:

۲۴ رت نر ویستار بالغ هم سن به وزن 290 ± 20 گرم تهیه شد و به مدت یک هفته برای عادت کردن به محیط نگهداری و غذایی شدند. در طول مدت مطالعه، تمامی

رت‌ها در شرایط یکسان و با رعایت اصول اخلاق زیست-پزشکی و با دسترسی آزاد به آب و غذا و ساعات نوری دوازده ساعت تاریکی (هفت عصر تا هفت صبح) و دوازده ساعت روشنایی نگهداری شدند. بررسی و تصویب روند این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده و شناسنامه‌ی تائید آن IR.UM.REC.1403.328 می‌باشد.

در روز صفر مطالعه چشم چپ و راست همه‌ی رت‌ها از لحاظ سلامت قرنیه بررسی شدند. رت‌ها با تزریق داخل عضلانی زایلازین ۰.۲٪ (۵ میلی‌گرم/کیلوگرم) (سرم‌ورک برنبرگ، آلمان) و کتامین ۱۰٪ (۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (آلفاسان، هلند) بیهوش شده و از قطره چشمی موضعی تتراکائین ۰.۵٪ (سینادارو، ایران) جهت بی‌حسی چشم راست استفاده شد.

در مرکز قرنیه چشم راست همه‌ی رت‌ها، با کالیبر چشمی علامت‌گذاری ۵×۵ میلی‌متر (تقریباً کل سطح قدامی خارجی قرنیه) انجام شد و با استفاده از مته سرگرد به قطر ۱/۵ میلی‌متر و میکروموتور جراحی (ولور جی‌ایکس، ژاپن)، به صورت دورانی نقیصه‌ای به قطر ۵ میلی‌متر در لایه اپیتلیوم و استروما ایجاد گردید (۱۵). سپس ده دقیقه پس از ایجاد آسیب تا سه روز پس از مطالعه، در چشم دارای نقیصه‌ی همه‌ی رت‌ها روزی چهار مرتبه و هر نوبت یک قطره سیپروفلوکساسین ۰.۳٪ (سینادارو، ایران) چکانده شد (۱۳، ۱۴).

روز پنجم پس از ایجاد زخم، رت‌ها بیهوش شدند و از بسته شدن اپیتلیوم قرنیه تمامی رت‌ها به کمک قطره فلورسئین و میکروسکوپ جراحی چشم (تاپ‌کان، ژاپن) اطمینان حاصل شد. سپس رت‌ها به‌طور تصادفی به چهار گروه شش تایی تقسیم شدند، گروه یک (لوزارتان)، درمان با قطره چشمی لوزارتان ۰.۸٪ (مرک، آلمان)؛ گروه دو (بتامتازون)، درمان با قطره چشمی بتامتازون ۰.۱٪ (سینادارو، ایران)؛ گروه سه (لوزارتان+بتامتازون)، قطره لوزارتان ۰.۸٪ و بتامتازون ۰.۱٪ به ترتیب و با فاصله‌ی حدودی ده دقیقه از یکدیگر؛ و گروه چهار (کنترل منفی)، استفاده از بی‌اس‌اس (balanced salt solution) (شهیدقاضی، ایران). طول درمان به مدت سی روز بوده و تمامی رت‌ها روزانه شش نوبت (از ۸ صبح تا ۶ عصر هر دو ساعت) دارو دریافت نمودند و در هر نوبت یک قطره از داروی مربوطه در چشم راست هر رت ریخته شد.

در انتهای مطالعه (روز سی و پنج)، اندازه‌گیری فشار داخل چشمی رت‌ها با استفاده از یک تونومتر ریباند قابل حمل (iCare, Finland) انجام شد. حیوانات به آرامی و بدون بیهوشی با یک حوله مقید شدند تا استرس و ناراحتی به حداقل برسد. هر رت با آرامش به روی سینه (وضعیت استرنال) نگه داشته شد تا از وضعیت پایدار آن اطمینان حاصل شده و از اعمال فشار بیش از حد جلوگیری شود. طبق دستورالعمل شرکت سازنده‌ی تونومتر، پرآب‌های مخصوص داخل دستگاه قرار داده شد و بدون نیاز به داروی بی‌حسی، اندازه‌گیری فشار داخل چشمی به ترتیب، ابتدا از چشم راست و سپس چشم چپ انجام گرفت. در هر نوبت، شش مرتبه پرآب به صورت عمود در فاصله‌ی چهار الی هشت میلی‌متری مرکز چشم قرار گرفته و با سطح چشم برخورد نموده و میانگین شش مرتبه که بر روی دستگاه نمایش داده شده بود یادداشت گردید و برای هر رت، سه نوبت برای چشم چپ و سه نوبت برای چشم راست، سنجش تکرار شد. میانه (چارک اول-چارک سوم) سه تکرار به عنوان مقادیر نهایی فشار داخل چشمی ثبت گردید.

در نهایت مقایسه‌ی داده‌ها در هر گروه بین چشم چپ و راست با آزمون آماری ویلکاکسون و همچنین بین چهار گروه مختلف با آزمون آماری کروسکالوالیس به کمک نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس (SPSS) ورژن ۲۷ بررسی شد. مقادیر $p > 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته شده‌است.

نتایج

میانه (چارک اول-چارک سوم) فشار چشم برحسب میلی‌متر جیوه به ترتیب در چشم راست و چپ گروه دریافت‌کننده‌ی لوزارتان، (۶/۳۳ - ۴/۷۵) (۴/۲۷ و ۶/۷۱) - (۵/۴۲) (۵/۴۲ - ۶/۴۹)؛ بتامتازون، (۵/۲۵ - ۶/۰۶) - (۳/۴۹ - ۵/۷۵)؛ لوزارتان+بتامتازون، (۸/۰۰ - ۵/۸۰) (۶/۷۵ - ۶/۱۶) (۵/۶۶ - ۶/۱۶)؛ و بی‌اس‌اس، (۶/۵۷ - ۵/۶۴) (۵/۸۳ و ۷/۰۸) (۵/۶۸ - ۶/۰۸) به دست آمده‌است. در مقایسه بین دو چشم چپ و راست تمامی گروه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p < 0.05$). همچنین در بررسی مقایسه بین گروه‌های مختلف نیز اختلاف معنی‌داری بین هیچ دو گروهی مشاهده نشد ($p < 0.05$). مقایسه‌ی میانه (چارک اول-چارک سوم) بین دو چشم در هر گروه و همچنین مقایسه بین گروه‌ها در جدول ۱ آورده شده‌است.

جدول ۱. میانه (چارک اول-چارک سوم) فشار چشم‌های راست و چپ (بر حسب میلی‌متر جیوه) در هر گروه پس از سی روز دریافت دارو

نام گروه	لوزارتان	بنتامازون	لوزارتان + بنتامازون	کنترل منفی
چشم راست	۶/۲۷ (۴/۷۵ - ۶/۳۳)	۵/۲۵ (۴/۲۴ - ۶/۴۹)	۶/۷۵ (۵/۸۰ - ۸/۰۰)	۵/۸۳ (۵/۶۴ - ۶/۵۷)
چشم چپ	۶/۴۲ (۵/۴۲ - ۶/۷۱)	۵/۷۵ (۳/۴۹ - ۶/۰۶)	۶ (۵/۶۶ - ۶/۱۶)	۶ (۵/۶۸ - ۷/۰۸)

بحث

هدف اصلی این مطالعه، مقایسه عارضه جانبی تغییرات فشار داخل چشمی پس از استفاده‌ی یک ماهه از قطره‌های چشمی لوزارتان، بنتامازون و ترکیب آن‌ها در درمان یک مدل حیوانی کدورت قرنیه بوده‌است. یافته کلیدی این پژوهش نشان داد که پس از یک دوره درمانی چهار هفته‌ای، هیچ‌کدام از گروه‌های درمانی تفاوت معناداری در فشار داخل چشمی در مقایسه با گروه کنترل منفی نداشتند. همچنین، بین چشم درمان‌شده (راست) و چشم سالم (چپ) در هر گروه نیز اختلاف معناداری مشاهده نشد.

مهم‌ترین و قابل‌توجه‌ترین یافته این مطالعه، عدم افزایش فشار داخل چشمی در گروه دریافت‌کننده بنتامازون است. این نتیجه در نگاه اول با دانش رایج بالینی که بر اساس آن کورتیکواستروئیدها می‌توانند باعث افزایش فشار چشم و ایجاد گلوکوم ناشی از استروئید شوند (۷)، در تضاد است. با این حال، یافته‌های ما با گزارش‌های دیگری که به تفاوت‌های گونه‌ای در پاسخ به گلوکوکورتیکوئیدها اشاره دارند، همخوانی دارد. به طور مشخص، در مطالعه ساتو و همکاران، تجویز موضعی دگزامتازون در موش‌ها منجر به افزایش فشار چشم شد (۷)، در حالی که همین درمان در رت‌ها به طور متناقضی باعث کاهش فشار داخل چشمی گردید (۷، ۱۶). نتایج مطالعه حاضر که عدم افزایش فشار چشم را در رت‌ها نشان می‌دهد، این فرضیه را تقویت می‌کند که جوندگان، و به‌ویژه رت‌ها، ممکن است دارای مکانیسم‌های فیزیولوژیک متفاوتی در تنظیم فشار داخل چشمی در پاسخ به استروئیدها نسبت به انسان‌ها و سایر گونه‌ها باشند. این تفاوت گونه‌ای، اهمیت احتیاط در تعمیم نتایج حاصل از مدل‌های حیوانی به شرایط بالینی دامپزشکی (برای مثال در سگ، گربه یا اسب) را دوچندان می‌کند.

در مورد لوزارتان نیز در این مطالعه برای اولین بار ایمنی این دارو از منظر فشار داخل چشمی در یک مدل آسیب

قرنیه ارزیابی شد. با توجه به پتانسیل ضدفیبروتیک امیدوارکننده لوزارتان که در مطالعات اخیر بر روی مدل‌های حیوانی و انسانی نشان داده شده است (۱۴-۱۱)، اثبات ایمن بودن آن یک گام ضروری برای کاربردهای بالینی آینده است. نتایج مطالعه‌ی ما نشان داد که لوزارتان، چه به تنهایی و چه در ترکیب با بنتامازون، تأثیر معناداری بر فشار داخل چشمی ندارد. همچنین عدم مشاهده‌ی تفاوت معنادار بین چشم دریافت‌کننده‌ی دارو و دارای نقیصه و چشم سالم بدون دریافت دارو در هر حیوان نیز حائز اهمیت است.

نکته قابل توجه در نتایج این مطالعه، پایین‌تر بودن میانگین فشار داخل چشمی ثبت‌شده در تمامی گروه‌ها (در محدوده ۵ تا ۸ میلی‌متر جیوه) در مقایسه با مقادیر نرمال گزارش‌شده برای رت‌ها در برخی منابع است. این اختلاف عددی به احتمال زیاد به نوع دستگاه تونومتر مورد استفاده بازمی‌گردد. اگرچه این دستگاه‌ها برای اندازه‌گیری‌های تطبیقی بسیار دقیق هستند، اما ممکن است برای پارامترهای بیومتریکی خاص قرنیه رت ویستار کالیبره نشده باشند و منجر به یک تخمین سیستماتیک کمتر از واقع (systematic underestimation) شوند (۱۷). با این حال، این محدودیت ابزاری، اعتبار نتیجه‌گیری اصلی مطالعه را خدشه‌دار نمی‌کند زیرا هدف اصلی این پژوهش، تعیین مقادیر مطلق فشار چشم نبوده‌است، بلکه مقایسه نسبی اثر درمان‌های مختلف با یکدیگر و با گروه کنترل بوده‌است. از آنجایی که تمامی اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط کاملاً یکسان و با یک ابزار واحد برای همه گروه‌ها انجام شده است و هرگونه خطای سیستماتیک به طور یکنواخت بر تمام داده‌ها اعمال شده است. همچنین به دلیل اینکه فشار داخل چشمی در جوندگان دارای یک ریتم مشخص شبانه‌روزی است (۱۸)، به منظور کنترل این متغیر و اطمینان از یکسان بودن شرایط، تمامی اندازه‌گیری‌ها در بازه زمانی ثابتی (ساعات ۱۵ تا ۱۷) انجام گرفته‌است.

نتیجه گیری

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده موضعی سی روز از قطره‌های چشمی لوزارتان ۰.۸٪، بتامتازون ۰.۱٪ و ترکیب آن‌ها در مدل رت مبتلا به آسیب نیم‌ضخامت قرنیه، منجر به تغییرات معناداری در فشار داخل چشمی نمی‌شود. این یافته، به‌ویژه در مورد لوزارتان، شواهد اولیه‌ای مبنی بر ایمن بودن این داروی ضدفیروتیک جدید از نظر تغییرات فشار چشم ارائه می‌دهد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

با وجود نتایج روشن، مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی نیز همراه بود. اول اینکه، این مطالعه بر روی رت انجام شده و همانطور که ذکر شد، پاسخ فشار چشم به داروها می‌تواند به شدت وابسته به گونه باشد. بنابراین، برای نتیجه‌گیری قطعی در مورد ایمنی این داروها در دامپزشکی، انجام مطالعات مشابه بر روی سایر گونه‌های هدف بالینی ضروری است. دوم، دوره درمانی چهار هفته‌ای ممکن است برای بروز کامل عارضه افزایش فشار چشم کوتاه باشد و مطالعات با طول دوره بیشتر می‌توانند نتایج جامع‌تری ارائه دهند.

منابع

1. Yang S, Zhang J, Tan Y, Wang Y. Unraveling the mechanobiology of cornea: From bench side to the clinic. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022;10(October):1–17.
2. Barrientez B, Nicholas SE, Whelchel A, Sharif R, Hjortdal J, Karamichos D. Corneal injury: Clinical and molecular aspects. *Exp Eye Res* [Internet]. 2019 Sep;186:107709. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.exer.2019.107709>
3. Wilson SE, Sampaio LP, Shiju TM, Hilgert GSL, de Oliveira RC. Corneal Opacity: Cell Biological Determinants of the Transition From Transparency to Transient Haze to Scarring Fibrosis, and Resolution, After Injury. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2022;63(1):1–12.
4. Yavuz Ü, Yener K, Hayat A. Eye Cases Requiring Emergency Intervention in Animals *. 2020;9(1):90–7.
5. Nassiri N, Latifi Z, Nassiri S, Azemati A, Rezaeyeh AP, Kavousnezhad S, et al. The Effect of Topical Betamethasone Eye Drops on Postoperative Haze among Patients Undergoing Corneal Collagen Cross-Linking: a Randomized, Double Blind Placebo Controlled Study. *J Ophthalmic Optom Sci*. 2018;2(2):17–24.
6. Tani E. Effects of Various Eye Drops on Corneal Wound Healing after Superficial Keratectomy in Rabbits. *Jpn J Ophthalmol* [Internet]. 2002 Oct;46(5):488–95. Available from: <http://journals.lww.com/00003226-200612000-00010>
7. Sato K, Nishiguchi KM, Maruyama K, Moritoh S, Fujita K, Ikuta Y, et al. Topical ocular dexamethasone decreases intraocular pressure and body weight in rats. *J Negat Results Biomed* [Internet]. 2016 Dec 12;15(1):5. Available from: <http://jnrbm.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12952-016-0048-x>
8. Hashizume N, Saika S, Okada Y, Miyamoto T, Shimizu K, Ohnishi Y. Effects of antiinflammatory drugs on migration of the rabbit corneal epithelium. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2001 Sep;27(9):1499–502. Available from: <https://journals.lww.com/02158034-200109000-00039>
9. Sarchahi AA, Maimandi A, Khodakaram Tafti A, Amani M. Effects of Acetylcysteine and Dexamethasone on Experimental Corneal Wounds in Rabbits. *Ophthalmic Res* [Internet]. 2008;40(1):41–8. Available from: <https://karger.com/ORE/article/doi/10.1159/000111158>

10. Trujillo Cubillo L, Gurdal M, Zeugolis DI. Corneal fibrosis: From in vitro models to current and upcoming drug and gene medicines. *Adv Drug Deliv Rev.* 2024;209(February).
11. Pereira-Souza AL, Ambrósio R, Bandeira F, Salomão MQ, Souza Lima A, Wilson SE. Topical Losartan for Treating Corneal Fibrosis (Haze): First Clinical Experience. *J Refract Surg [Internet].* 2022 Nov;38(11):741–6. Available from: <https://journals.healio.com/doi/10.3928/1081597X-20221018-02>
12. Sampaio LP, Hilgert GSL, Shiju TM, Santhiago MR, Wilson SE. Topical Losartan and Corticosteroid Additively Inhibit Corneal Stromal Myofibroblast Generation and Scarring Fibrosis After Alkali Burn Injury. *Transl Vis Sci Technol [Internet].* 2022 Jul 12;11(7):9. Available from: <https://tvst.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2783469>
13. Martinez VV, Dutra BAL, Santhiago MR, Wilson SE. Effect of Topical Losartan in the Treatment of Established Corneal Fibrosis in Rabbits. *Transl Vis Sci Technol [Internet].* 2024 Aug 12;13(8):22. Available from: <https://tvst.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2800678>
14. Martinez VV, Dutra BAL, Sampaio LP, Shiju TM, Santhiago MR, Wilson SE. Topical Losartan Inhibition of Myofibroblast Generation in Rabbit Corneas With Acute Incisions. *Cornea.* 2024;43(7):883–9.
15. Uysal BS, Sarıkaya B, Dizakar SÖA, Kaplanoğlu GT, Gümüşderelioğlu M. Investigation of healing strategies in a rat corneal opacity model with polychromatic light and stem cells injection. *J Photochem Photobiol B Biol [Internet].* 2024 Apr;253(December 2023):112874. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1011134424000344>
16. Zode GS, Sharma AB, Lin X, Searby CC, Bugge K, Kim GH, et al. Ocular-specific ER stress reduction rescues glaucoma in murine glucocorticoid-induced glaucoma. Vol. 124, *Journal of Clinical Investigation.* 2014. p. 1956–65.
17. Nayak A, Deveswaran R, Swati S, Srividhya L. Agreement of tonometer for measuring intraocular pressure in Wistar rats: a systematic review. *Eur J Med Res [Internet].* 2024 Jun 16;29(1):332. Available from: <https://eurjmedres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40001-024-01927-z>
18. Martínez-águila A, Martín-gil A, Carpena-torres C, Pastrana C, Carracedo G. Influence of circadian rhythm in the eye: Significance of melatonin in glaucoma. Vol. 11, *Biomolecules.* 2021. p. 1–25.

Abstracts in English

Effect of Various Topical Therapies on Intraocular Pressure in a Rat Model of Corneal Haze

Negin Rahimdoust Mozhdehi¹, Samaneh Ghasemi¹, Rahim Saffari^{2*}, Hanieh Shaterzadeh Yazdi³, Hossein Kazemi Mehrjerdi^{1*}

1.Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2.Eye Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

3.Private veterinary pathologist, Mashhad, Iran.

h-kazemi@um.ac.ir*

Background: Corneal opacity is a major cause of vision impairment resulting from trauma and wounds. Corticosteroids are effective in reducing fibrosis; however, their use is associated with an increased risk of intraocular pressure (IOP). Losartan, an angiotensin II antagonist and TGF- β pathway inhibitor, has demonstrated antifibrotic potential in topical applications; however, its safety regarding IOP changes in animal models remains unclear.

Objectives: This study aimed to evaluate the effects of topical losartan, betamethasone, and their combination on IOP in a rat model of partial-thickness corneal injury over a four-week treatment period.

Methods: Twenty-four adult male Wistar rats were randomly assigned to four groups (n=6): negative control (BSS), topical Losartan (0.08%), topical betamethasone (0.1%), and a combination of losartan + betamethasone. Partial-thickness corneal injury was induced on day 0, and treatments were administered from day 4 onward. Each treatment consisted of six daily doses (every two hours) applied to the right eye for 30 days. At the end of the study, IOP in both eyes was measured using an iCare tonometer in three sets of six readings (a total average of 18 readings per eye). Data were reported as mean \pm standard deviation and analyzed statistically for comparisons between groups and between treated and untreated eyes.

Results: Mean IOP across the losartan, betamethasone, combination, and control groups showed no significant differences ($p > 0.05$). Similarly, no significant differences were observed between the treated (right) and untreated (left) eyes within any group ($p > 0.05$).

Conclusions

This study demonstrated that one-month application of topical Losartan, Betamethasone, and their combination for the treatment of opacity caused by partial-thickness corneal injury in rats has no significant impact on intraocular pressure.

Keywords: corneal stroma, intraocular pressure, losartan, betamethasone, rat



التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

http://eltiamjournal.ir/

ارزیابی تاثیر عصاره‌ی الکلی گیاه جعفری بر التیام زخم‌های جلدی عفونی و استرس اکسیداتیو در رت

ایمان صفاری^۱، حسام الدین اسکافیان^{۲*}، حمیدرضا مسلمی^۲، سحر غفاری خلیق^۳، اشکان جبلی^۴

۱. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳. گروه پاتوبیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۴. گروه آموزشی بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

*ha.eskafian@semnan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴


<https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.11>


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: ترمیم زخم‌های پوستی، به‌ویژه زخم‌های عفونی، از چالش‌های مهم پزشکی است و نیازمند درمان‌های مؤثر و کم‌عارضه می‌باشد. گیاهان دارویی به دلیل داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدالتهابی، به‌عنوان گزینه‌های امیدبخش مطرح شده‌اند.

هدف: این مطالعه با هدف بررسی اثرات ضدالتهابی و ضد میکروبی عصاره متانولی جعفری (*Petroselinum sativum*) بر ترمیم زخم‌های عفونی ناشی از استافیلوکوکوس اورئوس (*Staphylococcus aureus*) در موش صحرایی انجام شد. **روش کار:** در این مطالعه، ۶۰ موش صحرایی ماده بالغ به‌طور تصادفی به چهار گروه ۱۵ تایی شامل: گروه جعفری (پماد ۱۰٪ عصاره متانولی جعفری)، گروه نیتروفورازون (کنترل مثبت)، گروه اوسرین (پماد پایه) و گروه کنترل (بدون درمان) تقسیم شدند. پس از بیهوشی با کتامین-زایلازین، ناحیه پشتی تراشیده و برشی به قطر ۱/۵ سانتی‌متر تا لایه عضله ایجاد و با ۱ میلی‌لیتر از باکتری استافیلوکوکوس اورئوس عفونی شد. تیمار زخم‌ها به مدت ۲۱ روز انجام گردید. ارزیابی‌ها در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ شامل: آزمون ضدباکتریایی (MIC)، سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH و محاسبه IC₅₀، سنجش استرس اکسیداتیو با اندازه‌گیری MDA سرم آزمون (TBARS)، بررسی هیستوپاتولوژیک (اپیتلیزاسیون، التهاب، بلوغ کلژن، تعداد فیبروبلاست‌ها، آنژیوژنز)، و ارزیابی ماکروسکوپی درصد جمع‌شدگی زخم با عکسبرداری دیجیتال و نرم‌افزار ImageJ بود.

نتایج: حداقل غلظت مهارکنندگی رشد باکتری (MIC) عصاره جعفری ۱۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و غلظت مهار ۵۰ درصدی رادیکال‌های آزاد (IC₅₀) آن ۳۷/۲۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بود. آزمون تیوباربتوریک اسید (TBARS) نشان داد که سطح مالون‌دی‌آلدید در گروه جعفری به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه‌های اوسرین و کنترل بود (به ترتیب ۱۲۸۹±۱۹۵۱۹ و ۱۸۹۵۹±۱۰۶۴ نانوگرم/میلی‌لیتر در برابر ۳۲۵۱±۸۰۷۶۹ در کنترل، ۲۰۷۱). ارزیابی هیستوپاتولوژیک حاکی از بیشترین درصد اپیتلیزاسیون، کمترین التهاب، بالاترین بلوغ رشته‌های کلژن و افزایش معنی‌دار آنژیوژنز در روز چهاردهم در گروه جعفری نسبت به سایر گروه‌ها بود. نتایج ماکروسکوپی نیز حاکی از بالاترین درصد جمع‌شدگی زخم در گروه جعفری بود.

نتیجه‌گیری: عصاره متانولی جعفری با برخورداری از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدباکتریایی، موجب تسریع بهبود زخم‌های عفونی و بهبود کیفیت ترمیم بافت در مدل حیوانی گردید و می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای طبیعی و کم‌عارضه در درمان این نوع زخم‌ها مطرح شود.

کلمات کلیدی: استرس اکسیداتیو، ترمیم زخم، جعفری (*Petroselinum sativum*)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، هیستوپاتولوژی.

مقدمه

زخم به‌عنوان پارگی یا گسیختگی در پوست، بافت اندام یا سطح مخاطی تعریف می‌شود که بر اثر آسیب‌های فیزیکی، حوادث یا بیماری‌های زمینه‌ای ایجاد می‌گردد (۱،۲). ترمیم زخم فرآیندی فیزیولوژیکی و پیچیده است که با تعاملات هماهنگ سلولی و مولکولی، شامل مراحل همچون هموستاز، التهاب، تکثیر و بازسازی بافتی، انجام می‌شود (۳). نخستین پاسخ بدن، توقف خونریزی از طریق انقباض عروقی و تشکیل لخته فیبرینی است که به‌عنوان داربست برای مهاجرت سلول‌های التهابی عمل می‌کند. نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها با فعالیت ضدباکتریایی و ترشح فاکتورهای رشد، زمینه را برای رگ‌زایی، تکثیر فیبروبلاست‌ها و تشکیل بافت گرانوله فراهم می‌سازند (۴-۶). این فرایندها با هم‌پوشانی زمانی پیش می‌روند و هدف آن‌ها بازگرداندن یکپارچگی ساختاری و عملکردی بافت است (۷). در مواردی که زخم‌ها بر اثر آسیب‌های فیزیکی یا مداخلات جراحی ایجاد می‌شوند، تسریع روند ترمیم آن‌ها به‌منظور کاهش خطرات بالقوه، درد و ناراحتی از اهمیت بالایی برخوردار است (۸). این امر علاوه بر ارتقای سلامت جسمی و روانی بیمار، در بهبود ظاهر زخم نیز نقش مؤثری دارد. داروهای متداول از طریق کاهش التهاب، تحریک بازسازی بافت و پیشگیری از عفونت، فرآیند ترمیم را تسریع می‌کنند (۹)، اما مصرف این ترکیبات شیمیایی می‌تواند با عوارضی مانند تحریک پوستی، درد، واکنش‌های آلرژیک یا حتی سرکوب سیستم ایمنی همراه باشد (۱۰). در بسیاری از نقاط جهان، به‌ویژه در قاره‌های آسیا و آفریقا، استفاده از گیاهان دارویی در درمان زخم‌ها رایج است (۱۱). تمایل به بهره‌گیری از درمان‌های طبیعی و مقرون‌به‌صرفه موجب شده است گیاهان متعددی از نظر اثرات ترمیمی به‌صورت علمی مورد بررسی قرار گیرند (۷). مطالعات نشان داده‌اند که برخی ترکیبات طبیعی توانایی حمایت از مراحل مختلف ترمیم زخم را دارند (۱۲). از جمله گیاهانی که به‌طور علمی اثربخشی آن‌ها ارزیابی شده است می‌توان به آلوئه‌ورا (۱۳)، زردچوبه (۱۴)، بومادران (۱۵) و جوجوبا (۱۶) اشاره کرد. با این حال، بخش قابل توجهی از پتانسیل گیاهان مورد استفاده در طب سنتی هنوز به‌طور کامل در زمینه ترمیم زخم مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

یکی از این گیاهان، جعفری (*Petroselinum sativum*) است که گیاهی دوساله و معطر از تیره چتریان بوده و حاوی فلاونوئیدها، ترکیبات فنولی (فورلنوکومارین‌ها، کاروتنوئیدها، پلی‌استیلین‌ها)، ویتامین‌های A، C و K، نیاسین و مجموعه‌ای از مواد معدنی ارزشمند است (۱۷). اساس این گیاه عمدتاً از ترکیبات فنیل‌پروپان و ترپن تشکیل شده و میزان این ترکیبات بسته به گونه، بخش مورد استفاده، شرایط اقلیمی و روش برداشت متغیر است (۱۸). یافته‌های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی و حیوانی نشان می‌دهند که جعفری دارای خواص ضد میکروبی، ضدکم‌خونی، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، استروژنی، محافظت‌کننده سلولی و کبدی است. گزارش‌ها حاکی از آن است که عصاره متانولی برگ جعفری می‌تواند با افزایش مهاجرت سلولی، فرآیند بهبود زخم و کاهش التهاب را در مدل‌های آزمایشگاهی و حیوانی تسریع کند (۱۹-۲۳). با توجه به افزایش مقاومت آنتی‌میکروبی باکتری‌های عامل عفونت‌های پوستی، بررسی گیاهان دارویی معطر به‌عنوان گزینه‌های درمانی ضد میکروبی اهمیت بیشتری یافته است، چراکه بسیاری از فیتوشیمیایی‌ها اثربخشی قابل توجهی در مقابله با پاتوژن‌ها دارند (۲۴). عفونت‌های زخم، که در اثر تخریب سد پوستی ایجاد می‌شوند، می‌توانند توسط باکتری‌های گرم‌مثبت، گرم‌منفی و همچنین قارچ‌ها ایجاد شوند (۲۵،۲۶). این عفونت‌ها معمولاً با تأخیر در روند ترمیم همراه هستند، از این‌رو کاهش حساسیت زخم به آلودگی‌های میکروبی اهمیت بالایی دارد (۲۷). با وجود شواهد متعدد پیرامون خواص درمانی جعفری، اثر آن بر ترمیم زخم‌های عفونی در مدل حیوانی به‌طور کامل مطالعه نشده است. پژوهش حاضر، برای نخستین بار در ایران، با هدف ارزیابی اثرات درمانی عصاره متانولی جعفری بر ترمیم زخم‌های جلدی عفونی ناشی از باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در مدل موش صحرایی طراحی شده و بر ویژگی‌های ضدالتهابی، ضد میکروبی و توانایی این گیاه در تسریع بازسازی بافت و پیشگیری از تشکیل بیوفیلم تمرکز دارد.

مواد و روش کار:**تهیه عصاره متانولی گیاه جعفری**

در این مطالعه، گیاه جعفری از مزارع منطقه سمنان جمع‌آوری شد و شماره هرباریوم آن از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی سمنان دریافت گردید. به منظور تهیه عصاره، گیاه در سایه خشک و سپس برگ‌های گیاه با استفاده از دستگاه خردکن آسیاب شد. سپس ۳۰۰ گرم از پودر برگ‌های خرد شده در ۲۱۰ میلی‌لیتر متانول ۹۸٪ قرار داده شد و محلول حاصل به مدت سه روز بر روی دستگاه شیکر با سرعت ۹۰ دور در دقیقه همگن شد. پس از اطمینان از همگن شدن محلول و تغییر رنگ آن به سبز، عصاره از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس، با استفاده از دستگاه روتاری اوپراتور (HS-3001, South Korea)، حلال از عصاره جدا گردید. عصاره حاصل در دستگاه آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. در نهایت، عصاره خشک‌شده جمع‌آوری شده و به منظور نگهداری به فالكون ۵۰ میلی‌لیتری منتقل گردید.

ساخت پماد جعفری

پس از استخراج عصاره متانولی گیاه جعفری، ۱۰ گرم از عصاره متانولی و ۹۰ گرم از پماد پایه اوسرین در داخل هاون و به‌طور کامل همگن شدند. پماد ۱۰ درصدی حاصل در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC)

برای تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی، مقدار ۰/۱ گرم از عصاره متانولی جعفری در ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت **Brain Heart Infusion (BHI)** و دی‌متیل‌سولفوکسید حل و با استفاده از دستگاه ورتکس بخوبی همگن سازی شد، سپس محلول‌هایی با رقت‌های ۱۰۰۰۰، ۸۰۰۰، ۴۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ بی‌پی‌ام از عصاره تهیه گردید. مقدار ۲۰۰ میکرولیتر از هر رقت بوسیله‌ی سمپلر به میکروپلیت‌های U شکل منتقل گردید. در ادامه، ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری، که از پیش با استاندارد نیم مک‌فارلند ($5 \times 10^6 \text{cfu/ml}$) آماده شده بود، به هر چاهک افزوده شد. چاهک‌های کنترل مثبت شامل محیط کشت و باکتری بدون عصاره بودند. پس از تلقیح، پلیت‌ها بر روی دستگاه شیکر قرار گرفته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای مناسب انکوبه شدند. میزان جذب نوری چاهک‌ها در زمان صفر و پس از ۲۴

ساعت انکوباسیون در طول موج ۶۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الیزا ریدر (مدل EIX800، ساخت آمریکا) اندازه‌گیری و در نرم‌افزار Excel ثبت گردید. اختلاف جذب نوری بین زمان صفر (OD_0) و پس از ۲۴ ساعت محاسبه شد. کمترین غلظتی از عصاره که در آن اختلاف جذب نوری کمتر از ۰/۱ بوده $[OD_{24} - OD_0 < 0.1]$ و هیچ رشد یا کدورت قابل توجهی مشاهده نشد، به عنوان حداقل غلظت مهارکنندگی گزارش گردید (۲۸).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره با استفاده از آزمون رادیکال آزاد ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) ارزیابی گردید. این روش بر اساس توانایی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در احیای رادیکال‌های آزاد DPPH و تغییر رنگ محلول از بنفش به زرد پایه‌گذاری شده است. کاهش جذب نوری در طول موج ۵۱۷ نانومتر نشان‌دهنده‌ی میزان مهار رادیکال‌های آزاد می‌باشد. برای انجام آزمایش، ابتدا غلظت‌های مختلف عصاره‌ی متانولی باریجه (۱۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰، ۲۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) آماده و به هر کدام از آن‌ها ۳ میلی‌لیتر ۰/۰۰۴٪ DPPH در متانول افزوده شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در محیط تاریک انکوبه شدند. پس از گذشت زمان انکوباسیون، میزان جذب نوری محلول‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل CT-5601، تایوان) در برابر بلانک خوانده شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

غلظت مهار ۵۰ درصد (IC_{50}) فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه جعفری با استفاده از نمودار محاسبه شد. هر چقدر IC_{50} کوچک‌تر باشد، قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد بیشتر خواهد بود (۲۹).

$$100 \times [\text{جذب کنترل} - \text{جذب کنترل}] = \text{جذب}$$

$$\text{نمونه} = \text{درصد حذف رادیکال} (\%)$$

ارزیابی میزان مالون‌دی‌آلدهید (MDA) سرم به**روش تیوباربتوریک اسید (TBARS)**

یکی از شاخص‌های کلیدی در تعیین شدت استرس اکسیداتیو و آسیب‌های سلولی ناشی از آن، سطح مالون‌دی‌آلدهید به‌عنوان محصول نهایی پراکسیداسیون

شرایط مقایسه‌ای منصفانه و علمی در مراحل بعدی پژوهش فراهم گردد.

روش جراحی

به منظور ایجاد زخم عفونی در مدل حیوانی، ابتدا موش‌ها ابتدا با ترکیب دارویی کتامین هیدروکلراید ۵٪ (mg/kg) ۶۰ و زایلازین ۲٪ (mg/kg) ۵ (هر دو از شرکت آلفاسان، هلند) از طریق تزریق داخل صفاقی بیهوش شدند. تمامی مراحل جراحی تحت شرایط آسپتیک انجام گرفت. پس از حصول بیهوشی کامل، موهای ناحیه پشتی بین دو کتف تراشیده و با محلول‌های ضد عفونی (بتادین و الکل ۷۰٪) استریل شدند. جهت ایجاد زخم، با استفاده از پنچ بیوپسی استریل، ناحیه‌ای به قطر ۱/۵ سانتی‌متر به صورت دایره‌ای برش داده شد. پوست و بافت‌های زیرجلدی تا رسیدن به لایه عضلانی به طور کامل حذف گردید. برای القای عفونت، یک میلی‌لیتر سوسپانسیون باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* با غلظت 10^6 cfu/ml (معادل ۵ تا ۶ قطره) بطور مستقیم بر روی زخم اعمال شد. پس از تلقیح باکتری، حیوانات به محل گرم منتقل شده تا مراحل بهبودی پس از بیهوشی را طی کنند و پس از بازگشت کامل هوشیاری، به قفس‌های خود بازگردانده شدند.

گروه‌های مورد مطالعه

در این مطالعه، ۶۰ موش صحرایی ماده بالغ به صورت تصادفی به چهار گروه مساوی (n=15) تقسیم شدند. هر گروه نیز به سه زیرگروه زمانی (n=5) برای بررسی‌های بافت‌شناسی و تحلیل داده‌ها در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ پس از ایجاد زخم تقسیم بندی گردید. گروه‌ها به شرح زیر تعریف شدند:

گروه اوسرین: درمان با پماد پایه اوسرین،

گروه نیتروفورازون: بعنوان گروه کنترل مثبت و درمان با پماد نیتروفورازون،

گروه جعفری: درمان با پماد تهیه شده از عصاره جعفری، گروه کنترل: به عنوان گروه کنترل منفی بدون هیچ‌گونه درمان بر روی زخم.

این تقسیم‌بندی به منظور مقایسه کارایی درمان‌های مختلف در تسریع ترمیم زخم‌های عفونی و ارزیابی اثرات عصاره گیاه جعفری طراحی شده است.

لیپیدها می‌باشد. در این مطالعه، جهت بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم موش صحرایی، میزان مالون‌دی‌آلدهید با استفاده از روش تیوباربیتریک اسید مورد سنجش کمی قرار گرفت.

در این روش، ترکیب مالون‌دی‌آلدهید با تیوباربیتریک اسید واکنش داده و کمپلکس رنگی صورتی‌رنگ تولید می‌کند که شدت آن با میزان مالون‌دی‌آلدهید موجود در نمونه نسبت مستقیم دارد. برای انجام آزمایش، ۲۰۰ میکرولیتر نمونه سرم با ۲ میلی‌لیتر معرف TBARS و ۸۰۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط شد. سپس، مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در بن‌ماری با دمای جوش حرارت داده شد و پس از آن به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ گردید.

در نهایت، میزان جذب نوری فاز فوقانی محلول در طول موج ۵۳۵ نانومتر (در مقابل بلانک) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (CT-5601، ساخت تایوان) اندازه‌گیری شد. غلظت مالون‌دی‌آلدهید بر اساس منحنی استاندارد و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$10^5 \times (1/56 \div \text{میزان جذب نوری}) = \text{غلظت مالون دی آلدهید (مولار)}$$

مدل حیوانی

در این مطالعه، از ۶۰ سر موش صحرایی ماده بالغ نژاد ویستار (وزن ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم) که فاقد هرگونه علائم پاتولوژیک یا بیماری‌های زمینه‌ای بودند، استفاده شد. حیوانات از واحد پرورش و نگهداری حیوانات آزمایشگاهی دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان تأمین گردیدند. به منظور انطباق حیوانات با شرایط محیطی و کاهش استرس ناشی از انتقال، کلیه نمونه‌ها به مدت یک هفته در شرایط استاندارد شامل دمای مناسب، چرخه نوری ۱۲ ساعت روشنایی/تاریکی، رطوبت نسبی کنترل شده و دسترسی آزاد به آب آشامیدنی و غذای استاندارد تجاری نگهداری شدند. تمامی مراحل آزمایش با رعایت دستورالعمل‌های اخلاقی مصوب کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست‌پزشکی دانشگاه سمنان انجام شد (کد اخلاق: IR.SU.REC.1400.2). پس از ثبت وزن اولیه، حیوانات به صورت تصادفی به چهار گروه آزمایشی تقسیم شدند تا

روش نمونه برداری

نمونه برداری بافتی در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ پس از ایجاد زخم انجام شد. در هر نوبت، حیوانات متعلق به زیرگروه‌های زمانی مربوطه، با تزریق درون صفاقی بیهوش شدند. به منظور ارزیابی استرس اکسیداتیو، نمونه خون از ورید دمی جمع‌آوری گردید. سپس در ناحیه زخم، مقطعی به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر شامل مرکز زخم و لبه‌های اطراف آن برداشت گردید، به گونه‌ای که همزمان بخش‌های سالم و آسیب‌دیده پوست بطور همزمان در نمونه موجود باشد. پس از برداشت نمونه، محل زخم بخیه زده شد و حیوانات جهت بهبودی به اتاق گرم منتقل شده و سپس به محل نگهداری بازگردانده شدند. نمونه‌های بافتی در محلول فرمالین ۱۰٪ تثبیت شده و پس از گذشت ۲۴ ساعت،

محلول اولیه تخلیه و با فرمالین تازه جایگزین گردید. سپس نمونه‌ها جهت تهیه لام‌های بافت‌شناسی و انجام آنالیزهای هیستوپاتولوژیک به آزمایشگاه ارسال شدند.

نحوه امتیازدهی به لام‌های هیستوپاتولوژی

جهت ارزیابی بافت‌شناسی نمونه‌های تهیه‌شده از محل زخم، پارامترهای مختلفی از جمله میزان اپی‌تلیال‌سازی، تراکم و تعداد سلول‌های التهابی، درجه آنژیوژنز، تعداد فیبروبلاست‌ها و سطح بلوغ رشته‌های کلاژن مورد بررسی قرار گرفتند. امتیازدهی به لام‌ها بر اساس یک روش نیمه کمی و مطابق با دستورالعمل Gal و همکاران (۳۰) انجام شد. هر پارامتر با استفاده از مقیاس استاندارد امتیازدهی گردید تا امکان مقایسه دقیق بین گروه‌های آزمایشی فراهم شود (جدول ۱).

جدول ۱. معیار امتیازدهی لام‌ها با روش نیمه کمی (۳۰)

اسکور	اپی‌تلیزاسیون	سلول التهابی	فیبروبلاست	آنژیوژنز	کلاژن
۰	ضخیم شدن لبه‌های برش	عدم حضور	عدم حضور	عدم حضور	عدم حضور
۱	مهاجرت سلول‌های پوششی کمتر از ۵۰٪	خفیف (اطراف بافت)	خفیف (اطراف بافت)	خفیف (اطراف بافت)	کمین (بافت گرانوله)
۲	مهاجرت سلول‌های پوششی بیشتر از ۵۰٪	خفیف (بافت گرانوله/ خط دماکاسیون)	خفیف (بافت گرانوله)	خفیف (بافت گرانوله)	خفیف (بافت گرانوله)
۳	پل زدن ناحیه برش	متوسط (بافت گرانوله/ خط دماکاسیون)	متوسط (بافت گرانوله)	متوسط (بافت گرانوله)	متوسط (بافت گرانوله)
۴	در حال شاخی شدن	برجسته (بافت گرانوله/ خط دماکاسیون)	برجسته (بافت گرانوله)	برجسته (بافت گرانوله)	برجسته (بافت گرانوله)

کلاژن و فیبروبلاست:

حضور سلول‌های فیبروبلاست فراوان به همراه تعداد کمی فیبر کلاژن نازک (Absent)، حضور سلول‌های فیبروبلاست فراوان به همراه فیبرهای نازک کلاژن (Mild)، حضور سلول‌های فیبروبلاست فراوان به همراه فیبرهای ضخیم کلاژن (Moderate)، حضور تعداد کم سلول‌های فیبروبلاست به همراه تعداد فراوانی از فیبرهای ضخیم کلاژن (Marked).

سلول‌های التهابی:

عدم وجود سلول التهابی (Absent)، وجود سلول‌های التهابی در دو شان میکروسکوپی (Mild)، وجود سلول‌های التهابی در سه الی پنج شان میکروسکوپی (Moderate)،

وجود سلول‌های التهابی در بیش از پنج شان میکروسکوپی (Marked).

اپی‌تلیزاسیون:

ضخیم‌شدگی لبه‌های زخم (Thickness of cut edges)،

مهاجرت سلول‌های اپی‌تلیال به میزان کمتر از ۵۰ درصد (Migration of cells < 50%)،

مهاجرت سلول‌های اپی‌تلیال به میزان ۵۰ درصد و یا بیشتر (Migration of cells ≥ 50%)،

نزدیک شدن لبه‌های زخم به هم و تشکیل پل اپی‌تلیالی (Bridging the excision)،

تشکیل لایه‌ی کراتین (Keratinization).

آنژیوژنز:

فقدان حضور عروق خونی (Absent)،

گردید و مقایسه‌های آماری با بهره‌گیری از نرم‌افزار سیگما پلات (نسخه ۸) انجام شد. سطح معناداری آماری برابر با $p < 0.05$ در نظر گرفته شد (۳۱).

داده‌های هیستوپاتولوژی با توجه به توزیع غیر نرمال در پارامترهای اپیتلیزاسیون، فیبروپلازی، عروق‌زایی و حضور کلاژن در گروه‌های مورد مطالعه توسط آزمون Kruskal-Wallis در فاکتورهای مختلف ترمیم بین روزهای ۷ تا ۲۱ پس از درمان با سطح معنی داری $P > 0.05$ مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج آزمایش‌های میکروبی با توزیع نرمال با آزمون ANOVA در سطح معنی داری $P > 0.05$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

همچنین، تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۹) انجام شد.

نتایج

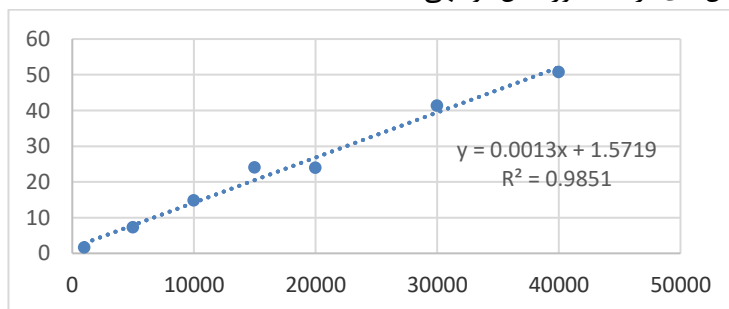
حداقل غلظت مهارکنندگی

حداقل غلظت مهارکننده رشد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC-29213) توسط عصاره گیاه جعفری معادل 12 mg/ml تعیین شد. (جدول ۲) میزان جذب نوری در زمان صفر، پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون و تفاوت میان این دو زمان را نمایش می‌دهد.

جدول ۲. تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی در ساعات ۰، ۲۴ و اختلاف آنها

غلظت ($\mu\text{g/ml}$)	۱۴۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	کنترل منفی
OD ₀	۴/۳۱۷	۳/۷۴۱	۳/۰۳۶	۲/۴۶۴	۱/۸۱۱	۰/۹۴۵	۰/۸۶۲	۰/۸۰۹	۰/۷۵۲	۰/۵۸۹
OD ₂₄	۴/۳۸۱	۳/۸۳۳	۳/۳۶۳	۲/۹۶۷	۲/۵	۱/۶۶۶	۱/۶۵۷	۱/۶۵۱	۱/۶۳۳	۱/۵۶۸
OD ₂₄ -OD ₀	۰/۰۶۴	۰/۰۹۲	۰/۳۲۷	۰/۵۰۳	۰/۶۸۹	۰/۷۲۱	۰/۷۹۵	۰/۸۴۳	۰/۸۸۱	۰/۹۷۹

افزایش می‌یابد. غلظتی از عصاره که منجر به مهار ۵۰ درصدی رادیکال‌ها شد (IC₅₀)، برابر با $37/25 \text{ mg/ml}$ به‌دست آمد. شکل ۱ درصد مهار رادیکال‌های آزاد را در غلظت‌های مختلف عصاره نشان می‌دهد (نمودار ۱).



نمودار ۱. درصد مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد

حضور صفر الی دو عروق خونی (Mild)، حضور سه الی چهار عروق خونی (Moderate)، حضور بیش از چهار عروق خونی (Marked)

آزمون ماکروسکوپی

جهت بررسی روند بهبود زخم‌ها، از دوربین دیجیتال برای ثبت تصاویر در روزهای صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ استفاده شد. تصاویر به‌دست‌آمده سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار Image لبرای ارزیابی تغییرات در مساحت زخم تحلیل گردیدند. در هر بازه زمانی، میزان جمع‌شدگی زخم‌ها محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند. درصد جمع‌شدگی زخم با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$100 \times [\text{سطح زخم در روز اول} \div (\text{سطح زخم در روز تصویربرداری} - \text{سطح زخم در روز اول})] = \text{درصد بهبودی}$

این روش، امکان ارزیابی دقیق تغییرات در ابعاد زخم و سرعت بهبودی آن را فراهم می‌آورد و می‌تواند به‌عنوان یک ابزار موثر برای مقایسه تأثیر درمان‌های مختلف بر روند ترمیم زخم در مدل‌های حیوانی مورد استفاده قرار گیرد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

مقادیر حداقل غلظت مهارکنندگی با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی محاسبه شدند. تحلیل داده‌های TBARS با استفاده از نرم‌افزار گراف پد پریسم (نسخه ۱۴) تحلیل

نتایج بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی به روش

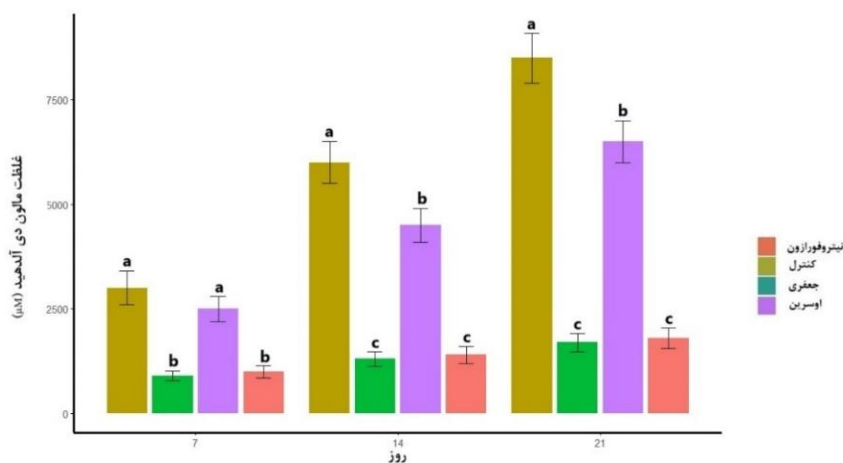
DPPH

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره متانولی گیاه جعفری، میزان مهار رادیکال‌های آزاد به‌طور قابل توجهی

نتایج بررسی آزمون تیوباربیتوریک اسید (TBARS)

تمامی گروه‌ها در طول مدت آزمایش به صورت معنی‌دار ($p < 0.001$) نسبت به گروه کنترل، میزان TBARS کمتری نشان دادند در این رابطه، گروه تیمار شده با پماد جعفری نسبت به گروه اوسرین، استرس اکسیداتیو را به طور موثرتری مهار کرد. بهترین عملکرد در کاهش استرس اکسیداتیو متعلق به گروه تیمار شده با نیتروفورازون بود.

بیشترین میزان مالون دی آلدئید در گروه کنترل (80769 ± 3251)، و کمترین میزان آن در گروه های جعفری (19519 ± 1289) و نیتروفورازون (1064 ± 18959) مشاهده شد. اختلاف آماری معنی داری بین گروه های درمانی نیتروفورازون و جعفری با گروه های اوسرین و کنترل وجود داشت، اما اختلاف معنی داری بین دو گروه درمانی نیتروفورازون و جعفری مشاهده نشد (شکل ۲).



نمودار ۲. غلظت مالون دآلدئید در گروه های مختلف آزمایشی در روزهای مورد مطالعه. حروف غیر همسان دارای اختلاف معنی دار در سطح $p < 0.05$ می باشند

نتایج هیستوپاتولوژی

مقایسه اثر تیمارهای آزمایشی بر بهبود زخم در روزهای مختلف آزمایش

در بررسی هیستوپاتولوژی (شکل ۵)، روند التیام و ترمیم زخم به روش «Gal و همکاران، ۲۰۰۸» در گروه های مختلف آزمایش، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، فاکتورهای میزان فیبروپلازی، آنژیوژنز، میزان سلول های التهابی، اپیتلیزاسیون و تراکم و بلوغ رشته های کلاژن بررسی شد. نتایج به دست آمده بر اساس میانه محاسبه شد و تغییرات در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ در جدول (۳) قابل مشاهده است. فاکتورها با سطح معناداری $P > 0.05$ مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی تغییرات بافتی در پارامترهای اپیتلیزاسیون، فیبروبلاست، آنژیوژنز، رسوب کلاژن و التهاب نشان داد که تیمار با عصاره جعفری اثرات بارزی بر روند ترمیم زخم داشت. بیشترین میزان اپیتلیزاسیون در روزهای ۱۴ و ۲۱ در گروه جعفری مشاهده شد که نسبت به گروه کنترل و اوسرین اختلاف معنی داری داشت، هرچند با گروه نیتروفورازون تفاوت قابل توجهی نشان نداد. در بررسی میانه

داده ها، در روز هفتم، امتیاز فیبروبلاست ها بین تمامی گروه ها مشابه بود و اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در روز چهاردهم نیز هیچ اختلاف معنی داری بین گروه ها دیده نشد، شمار فیبروبلاست ها در گروه جعفری در روز ۲۱ به طور معنی داری کمتر از گروه کنترل بود، که بیانگر عبور سریع تر این گروه از فاز تکثیر و ورود به فاز بازسازی محسوب می شود. نتایج ارزیابی تشکیل عروق جدید نشان داد که در روز هفتم، تمامی گروه ها (کنترل، اوسرین، نیتروفورازون و جعفری) امتیاز مشابه داشتند و اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بررسی میانه با سطح معناداری $P > 0.05$ ، در روز ۱۴ از نظر میزان آنژیوژنز در گروه جعفری نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری داشت، اگرچه در روز ۲۱ این شاخص در تمامی گروه ها کاهش یافت. ارزیابی رسوب کلاژن نشان داد که بیشترین میزان در روز ۲۱ و در گروه جعفری ثبت شد که اختلاف معنی داری با گروه کنترل و اوسرین داشت. در بررسی میانه داده ها، از نظر میزان التهاب، بیشترین التهاب در روز هفتم و در گروه کنترل دیده شد، هرچند اختلاف آماری معنی داری بین گروه های

التهاب، افزایش اپیتلیزاسیون، تحریک آنژیوژنز در فاز میانی ترمیم و تقویت رسوب کلاژن، کیفیت و سرعت بهبود زخم را بهبود بخشید و عملکردی مشابه یا حتی بهتر از نیتروفورازون در برخی شاخص‌ها نشان داد (جدول ۳).

مختلف از نظر شدت التهاب مشاهده نشد. در حالی که گروه جعفری از روز ۱۴ به بعد کاهش چشمگیری در التهاب نشان داد و در روز ۲۱ کمترین میزان سلول‌های التهابی در این گروه ثبت شد. به طور کلی، عصاره جعفری با کاهش

جدول ۳. میانه داده‌های بدست آمده در روند تغییرات هیستوپاتولوژی بر اساس روش آماری Kruskal-Wallis در چهار گروه مورد بررسی در پارامترهای مورد بحث حروف غیرهمسان دارای اختلاف معنادار در سطح $p < 0.05$ می‌باشند.

اپیتلیزاسیون			فیبروبلاست			آنژیوژنز			کلاژن			التهاب			پارامترهای هیستوپاتولوژیک
۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	روزهای مطالعه
a _۳	a _۱	a _۱	a _{۲.۵} b	a _۴	a _۴	a _{۲.۵} a	a _۲	a _۴	a _۲	a _۱	a _۰	a _۲	a _۴	a _۴	گروه کنترل
ab _{۲.۵}	ab _{۰.۵}	a _۰	ab _۲	a _۳	a _۴	ab _۲	ab _۳	a _۴	a _۲	ab _۲	a _{۰.۵} a	ab _{۱.۵}	ab _۲	a _{۳.۵}	گروه اوسرین
b _۴	b _۴	a _۰	a _۳	a _{۳.۵}	a _۴	ab _۲	a _۲	a _۴	ab _{۲.۵}	ab _۲	a _۱	ab _{۱.۵}	ab _۲	a _{۳.۵}	گروه نیتروفورازون
b _۴	b _۴	a _{۰.۵}	b _۱	a _۳	a _۳	b _۱	b _۴	a _۴	b _۴	b _۳	a _۱	b _۰	b _۱	a _۳	گروه جعفری

مربوط به گروه درمان‌شده با عصاره جعفری بود و پس از آن، گروه نیتروفورازون در رتبه بعدی قرار گرفت (شکل ۶، جدول ۴).

بررسی ماکروسکوپی زخم

مساحت زخم در روزهای ۰، ۷، ۱۴ و ۲۱ با استفاده از نرم‌افزار ImageJ در گروه‌های مختلف اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان جمع‌شدگی زخم در تمام روزهای مطالعه

جدول ۴. میانگین درصد جمع‌شدگی زخم در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ در گروه‌های مختلف

کنترل	اوسرین	نیتروفورازون	جعفری	
۴۹/۸۰۶	۵۲/۹۰۴	۶۰/۰۱۹	۶۸/۴۴۱۴	روز هفت
۷۵/۷۰۱	۷۶/۲۳۴	۷۶/۵۲۴	۷۷/۴۴۴۳	روز چهارده
۸۳/۳۹۷	۹۰/۷۵۵	۹۱/۳۳۵	۹۴/۹۱۷۷	روز بیست و یک

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر عصاره الکلی گیاه جعفری بر ترمیم زخم‌های پوستی عفونی در موش صحرایی انجام شده است و اهمیت آن به دلیل ارزیابی جامع خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و هیستوپاتولوژیکی این گیاه می‌باشد. جعفری، به عنوان یک گیاه دارویی مورد استفاده در طب سنتی برای درمان بیماری‌هایی نظیر التهاب، دیابت، سرطان، اختلالات گوارشی و سنگ کلیه شناخته شده است (۱۹)، اما بسیاری از این کاربردها هنوز به اثبات علمی نرسیده‌اند. این مطالعه احتمالاً نخستین پژوهش در ایران است که به طور سیستماتیک اثر ترمیم زخم عصاره جعفری را با استفاده از مدل حیوانی بررسی می‌کند.

بحث

فرآیند ترمیم زخم شامل مراحل التهاب، بازسازی اپیتلیال، تشکیل بافت گرانوله، رگ‌زایی و انقباض زخم است. پس از آسیب، تجمع نوتروفیل‌ها در محل زخم منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن و پروتئازها می‌شود که در صورت افزایش بیش از حد، می‌توانند به سلول‌های اندوتلیال و پوست آسیب زده و با مهار آزادسازی فاکتورهای رشد و رگ‌زایی، ترمیم پوست را کند کنند. فرمولاسیون‌های گیاهی حاوی ترکیبات فیتوشیمیایی با خواص ضد میکروبی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قادر به تحریک کلاژن‌سازی و رگ‌زایی بوده و بهبود فرآیند ترمیم زخم را تسهیل می‌کنند (۳۲).

طریق تحریک فعالیت فیبروبلاست‌ها و افزایش بیان ژن‌های مسئول سنتز کلاژن، منجر به رسوب بیشتر ماتریکس خارج سلولی شده‌اند (۱۵). علاوه بر این، خاصیت آنتی‌اکسیدانی جعفری که موجب کاهش تخریب کلاژن توسط رادیکال‌های آزاد می‌شود، می‌تواند در تقویت کیفیت و کمیت این فیبرها نقش داشته باشد (۳). کاهش سطح کلاژن در گروه‌های کنترل و اوسرین در روز ۲۱ نسبت به گروه جعفری، بیانگر آن است که در انتهای فاز بازسازی، درمان دارویی گیاهی (جعفری) به یک سطح بهینه از رسوب کلاژن رسیده‌است، که از نظر کمی بالاتر از گروه‌های فاقد ترکیبات فعال اختصاصی بوده است. این همگرایی عملکردی در روز ۲۱ ممکن است ناشی از رسیدن فرآیند ترمیم به مرحله پایداری بافت باشد که در آن سرعت سنتز و تخریب کلاژن متعادل می‌گردد (۱۵). به طور کلی، عملکرد برتر جعفری در روز ۲۱ و ۱۴ نسبت به کنترل، نشان می‌دهد که این گیاه می‌تواند با تسریع شروع و افزایش شدت کلاژن‌سازی، فرآیند ترمیم را پیش ببرد. این اثرات احتمالاً از طریق ترکیب مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تحریک مستقیم سنتز پروتئین‌های ساختاری اعمال می‌شوند.

یافته‌های مربوط به فیبروبلاست‌ها در این مطالعه نشان می‌دهد که در روز هفتم پس از ایجاد زخم، اختلاف آماری معنی‌داری بین گروه‌های مختلف مشاهده نشد. این نتیجه با روند طبیعی فاز تکثیر بافت گرانوله هم‌خوانی دارد، زیرا در هفته اول، فیبروبلاست‌ها هنوز در مراحل اولیه فعال‌سازی و مهاجرت به بستر زخم هستند و تغییرات کمی در تعداد آن‌ها بین گروه‌ها دیده می‌شود (۱۳). عدم اختلاف معنی‌دار در روز چهاردهم بین گروه‌ها نشان می‌دهد تا این مرحله، فاکتورهای محرک رشد فیبروبلاست مانند $TGF-\beta$ و $PDGF$ به سطحی رسیده‌اند که در همه گروه‌ها تقریباً مشابه عمل می‌کنند. این همگونی آماری بیانگر آن است که در میانه فاز تکثیر، حضور فیبروبلاست‌ها بیشتر تحت تأثیر مسیرهای عمومی ترمیم بوده تا مداخلات درمانی (۱۴). تفاوت در میزان فیبروبلاست بین گروه نیتروفورازون و جعفری در روز بیست‌ویکم می‌تواند بیانگر مرحله متفاوت سازمان‌یابی ماتریکس خارج سلولی و ورود زخم به فاز بازسازی نهایی باشد. در گروه جعفری که تعداد فیبروبلاست کمتر بوده، احتمالاً فرآیند جایگزینی بافت گرانوله با بافت اسکار و بازآرایی کلاژن سریع‌تر انجام شده است (۱۵). در

در این مطالعه، استفاده موضعی از پمادهای حاوی عصاره هیدروآلکلی جعفری موجب تسریع قابل توجه در ترمیم زخم نسبت به گروه کنترل شد. این اثر به واسطه ترکیبات زیست‌فعال موجود در عصاره، که با مهار التهاب و حمایت از فرآیند بازسازی سلولی در بافت‌های آسیب‌دیده، بهبود ترمیم را تسهیل می‌کنند، ایجاد شده است (۲۳). ترکیباتی مانند پلی‌ساکاریدها، آلکالوئیدها و ساپونین‌ها نقش کلیدی در خواص ترمیم زخم گیاهان دارویی دارند (۳۳). به‌عنوان مثال، تری‌ترین‌های جداسده از گیاه *Centella asiatica* باعث تحریک سنتز گلیکوزآمینوگلیکان‌ها و بهبود بازسازی کلاژن شده‌اند (۳۴). همچنین، مادکاسوزید موجود در این گیاه زمانی که به‌صورت خوراکی تجویز می‌شود، به‌طور چشمگیری سنتز کلاژن و آنژیوژنز را بهبود می‌بخشد (۳۵). علاوه بر این، مولکول‌هایی نظیر آپیتین نیز به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های مؤثر در فرآیند ترمیم زخم شناخته شده‌اند (۳۶). از آنجایی که مواد مغذی در ترمیم زخم نقش مهمی دارند، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که کمبود مواد مغذی می‌تواند با تاخیر در بهبودی زخم‌ها مرتبط باشد. گزارش شده است که ویتامین K در مرحله اول ترمیم (هموستاز) ضروری است و کمبود آن باعث اختلال در ترمیم زخم، خونریزی و عفونت می‌شود. جعفری یکی از سبزی‌های برگ‌داری است که به داشتن مقدار بالایی از ویتامین K معروف است (۳۷). مطالعه‌ای نشان داده است که اجزای حاوی مقادیر بالای اسید مالیک از برگ‌های *Sempervivum tectorum L.* می‌توانند موجب افزایش تکثیر و مهاجرت سلولی شوند (۳۸). بنابراین، وجود احتمالی این ترکیب در جعفری می‌تواند یکی از عوامل دخیل در اثرات ترمیمی آن باشد، هرچند بررسی دقیق‌تر این موضوع نیازمند تحلیل‌های اختصاصی‌تر است.

یافته‌های مربوط به رسوب کلاژن در این مطالعه نشان می‌دهد که در روز هفتم پس از ایجاد زخم، اختلاف آماری معنی‌داری بین گروه‌های مختلف مشاهده نشد. نتایج این مطالعه با روند طبیعی ترمیم زخم مطابقت دارد، زیرا در مراحل اولیه، فعال‌سازی فیبروبلاست‌ها و آغاز سنتز کلاژن هنوز در سطح پایین بوده و ساختارهای کلاژنی تازه تشکیل، بسیار سازمان‌نیافته‌اند (۳۳).

افزایش معنی‌داری در امتیاز کلاژن گروه جعفری در روز ۱۴، حاکی از آن است که ترکیبات زیست‌فعال موجود در جعفری، مانند فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی، احتمالاً از

فیبروبلاست، سنتز کلاژن و بازسازی ساختار بافتی فراهم سازد و به عنوان یک گزینه طبیعی و کم‌عارضه در مدیریت زخم‌های عفونی مطرح شود.

در بررسی‌های مختلف، عصاره‌های گیاهان مانند *د/رچین* و آلونئورا، افزایش در بسته شدن زخم، تعداد فیبروبلاست‌ها، ضخامت اپی‌تلیوم، سطح TAC و SOD را نشان داده‌اند (۴۰). در مطالعه‌ای مروری نیز گزارش شده که ترکیبات فعال گونه‌های *باریجه* باعث کاهش مالون‌دی‌آلدئید، گونه‌های فعال اکسیژن، نیتریک‌اکسید، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز، آنزیم کاتالاز و گلوکوتاتیون احیاشده می‌شوند و در کاهش التهاب نقش دارند (۱۵). مطالعه حاضر نیز کاهش قابل توجه سلول‌های التهابی در گروه درمان شده با عصاره جعفری را نشان داد که بیانگر فعالیت ضدالتهابی قوی این گیاه بوده و به محتوای بالای ترکیبات فنلی آن نسبت داده می‌شود.

نتایج ارزیابی تشکیل عروق جدید نشان داد که در روز هفتم، تمامی گروه‌ها (کنترل، اوسرین، نیتروفورازون و جعفری) امتیاز مشابه داشتند و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این هم‌ترازی بیانگر آن است که در فاز ابتدایی تکثیر، آغاز فرآیند رگ‌زایی به صورت طبیعی و با شدت مشابه بین گروه‌ها اتفاق افتاده است، زیرا مهاجرت و تقسیم سلول‌های اندوتلیال معمولاً از روز ۳ آغاز شده و تا حدود یک هفته به نقطه حداکثری اولیه خود می‌رسد (۵). در روز چهاردهم، گروه جعفری به طور معنی‌داری آنژیوژنز بیشتری نسبت به گروه‌های نیتروفورازون و کنترل نشان داد. این برتری می‌تواند ناشی از تحریک مسیرهای مولکولی مرتبط با رگ‌زایی مانند افزایش بیان فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF) یا فعال‌سازی مسیر PI3K/Akt باشد که هر دو برای تشکیل شبکه‌های مویرگی پایدار ضروری‌اند (۴۱). علاوه بر این، ترکیبات فنولی موجود در جعفری از طریق اثرات آنتی‌اکسیدانی می‌توانند بقای سلول‌های اندوتلیال را حفظ کنند و مانع از آپوپتوز ناشی از استرس اکسیداتیو شوند (۱۲). در روز بیست‌ویکم، تنها اختلاف معنی‌دار بین گروه کنترل و جعفری مشاهده شد، به‌گونه‌ای که جعفری بالاترین سطح آنژیوژنز را داشت. این استمرار حضور عروق جدید در گروه جعفری احتمالاً به بهبود اکسیژن‌رسانی و تغذیه بافتی در مرحله پایانی ترمیم کمک کرده و زمینه را برای بازسازی کامل ماتریکس خارج‌سلولی فراهم نموده است. در مقابل، در گروه کنترل

مقابل، گروه نیتروفورازون ممکن است هنوز در بخشی از فاز تکثیر باقی مانده باشد، که می‌تواند نشانگر روند ترمیم کندتر در این مرحله پایانی باشد (۱۶). به‌طور کلی، یافته‌ها تأیید می‌کنند که تفاوت اصلی بین تیمارها در خصوص فیبروبلاست، تنها در فاز انتهایی ترمیم بروز می‌کند، و مداخله درمانی در مراحل اولیه و میانی اثر چشمگیری بر این شاخص ندارد. در مطالعه‌ای، پماد حاوی عصاره متانولی گزنه سفید (*Lamium album L.*) اثر قابل توجهی در افزایش بلوغ فیبروبلاست و رسوب کلاژن نسبت به گروه کنترل نشان داد که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا است. همچنین، میزان ترمیم زخم در گروه درمانی گیاهی مشابه گروه فنی توئین بود. آنالیز اسپکتروفتومتری نشان داد عصاره شامل ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی است (۳۹).

در مطالعه‌ی حاضر در روز هفتم پس از ایجاد زخم، اختلاف آماری معنی‌داری بین گروه‌های مختلف از نظر شدت التهاب مشاهده نشد. این الگو با مراحل اولیه ترمیم زخم همخوانی دارد که طی آن پاسخ التهابی حاد شامل مهاجرت نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها به محل ضایعه رخ می‌دهد و عمدتاً تحت کنترل فرآیندهای طبیعی ایمنی ذاتی بوده و کمتر تحت تأثیر درمان‌های موضعی در بازه زمانی کوتاه قرار می‌گیرد (۴ و ۶). کاهش التهاب در روز چهاردهم در گروه جعفری می‌تواند ناشی از وجود ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها، و فوروکومارین‌های موجود در عصاره جعفری باشد که مهارکننده مسیرهای التهابی وابسته به سیکلواکسیژناز (COX) و لپوکسیژناز (LOX) بوده و کاهش تولید سیتوکین‌های پیش‌التهابی نظیر TNF- α و IL-1 β را به همراه دارند. همچنین، خواص آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات با خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مانع از تشدید آسیب بافتی و تداوم التهاب می‌شوند (۲۳). حفظ روند کاهش التهاب در روز بیست‌ویکم در گروه جعفری، بیانگر پایداری اثر ضدالتهابی این گیاه در مراحل پایانی ترمیم زخم است. این یافته با گزارش‌های پیشین در زمینه اثرات التیام‌بخش جعفری همخوانی دارد که نشان داده‌اند کاربرد موضعی عصاره متانولی برگ جعفری موجب تسریع گذار از فاز التهابی به فاز تکثیر و بازسازی بافتی می‌شود (۱۵). به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر تأیید می‌کند که عصاره متانولی جعفری با تعدیل فاز التهابی پس از روز هفتم و کاهش پایداری شدت التهاب تا روز بیست‌ویکم، می‌تواند شرایط مناسبی را برای تکثیر سلول‌های

در این تحقیق، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه جعفری ارزیابی شد و بر اساس شواهد پیشین، این خاصیت به حضور ترکیبات زیست‌فعال، به‌ویژه فلاونوئیدها و پلی‌فنول‌ها، نسبت داده می‌شود که در مهار فرآیندهای اکسیداسیونی نقش دارند (۵۰، ۵۱). اسانس جعفری به دلیل غلظت بالای ترکیبات فنلی، توان مهار رادیکال‌های آزاد و بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی دارد (۵۲). همچنین، مقایسه میزان ترکیبات فنلی در برگ جعفری با گیاهانی مانند نعناع و گشنیز نشان داد که جعفری از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری برخوردار است (۵۰).

در مطالعه‌ای، اثر مهارکنندگی اسانس جعفری بر رادیکال‌های آزاد ارزیابی شد و نتایج نشان داد که این عصاره به‌طور قابل‌توجهی توان مهار رادیکال‌ها را افزایش می‌دهد؛ به‌طوری‌که با افزایش غلظت عصاره، خاصیت ضد رادیکالی آن نیز بیشتر گردید (۵۳). در پژوهش حاضر نیز اثر عصاره متانولی جعفری بر مهار استرس اکسیداتیو، با آزمون TBARS بر روی سرم موش صحرائی بررسی شد. گروه‌های درمان‌شده با پماد جعفری نسبت به گروه کنترل و اوسرین، مهار استرس اکسیداتیو بهتری نشان دادند که با نتایج پیشین همخوانی داشت. جعفری به دلیل دارا بودن ترکیباتی چون فلاونوئیدها (مانند آپی‌ژنین) و اسیدهای فنولیک، از خواص آنتی‌اکسیدانی قوی برخوردار است (۵۴). این ترکیبات با کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و جلوگیری از کاهش گلوکوتاتیون سلولی، از بدن در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کنند (۵۵). در این میان، آپی‌ژنین با کاهش التهاب، مهار سیتوکین‌های پیش‌التهابی و تقویت دفاع طبیعی بدن، نقش مهمی در پیشگیری از آسیب اکسیداتیو ایفا می‌کند (۵۶).

در یک مطالعه، اثرات ضدباکتری و ضدقارچی جعفری بر ۷ نوع باکتری و ۸ نوع قارچ ارزیابی شد. نتایج نشان داد که این گیاه دارای خاصیت باکتریواستاتیک علیه تمامی باکتری‌های آزمون‌شده، به‌ویژه استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا مونوسیتوژنز و سالمونلا انتریکا است و همچنین فعالیت ضدقارچی قابل‌توجهی علیه گونه‌هایی مانند پنسیلیوم اکروکلرون و تریکودرما ویریده دارد (۵۷). در مطالعه‌ای دیگر، آزمون حداقل غلظت ممانعت‌کننده رشد (MIC) برای ۵ نوع باکتری، از جمله استافیلوکوکوس اورئوس، نشان داد که عصاره جعفری با MIC حدود ۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر علیه این باکتری مؤثر است (۵۸).

کاهش نسبی رگ‌زایی ممکن است ناشی از کندی پیشرفت فاز بازسازی و کاهش تحریک بیوشیمیایی فرآیند آنژیوژنز بوده باشد (۱۱، ۴۲، ۴۳). عصاره شیرین‌بیان با تحریک و فعال‌سازی ماکروفازها و فیبروبلاست‌ها، موجب تقویت رگ‌زایی و افزایش رسوب کلاژن شده و در بهبود فرآیند ترمیم زخم نقش مهمی دارد (۴۴). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که گیاه جعفری از طریق افزایش رگ‌زایی، نقش مفیدی در ترمیم زخم ایفا می‌کند. همچنین، در پژوهشی دیگر، اثر مثبت روغن گیاه *Blumea balsamifera* بر رگ‌زایی، تشکیل بافت گرانوله، اپی‌تلیال‌سازی و تسریع بسته‌شدن زخم گزارش شده است (۴۵).

ترمیم زخم معمولاً به تشکیل بافت اسکار منجر می‌شود که حاوی فیبروبلاست‌های پراکنده در ماتریکس غنی از کلاژن بوده و از نظر ساختار و عملکرد بیومکانیکی ضعیف‌تر از بافت اصلی است (۴۶). در زخم‌های آلوده به *Staphylococcus aureus*، تیمار با عصاره گیاه باریجه موجب افزایش آنژیوژنز، فیبروبلاست‌ها، رسوب کلاژن و اپی‌تلیال‌سازی مجدد شد (۹). همچنین، ژن TNF با کاهش آپوپتوز و افزایش تکثیر فیبروبلاست‌ها، روند ترمیم را تسریع می‌کند (۴۷). در مطالعه‌ای بر روی *Lilium longiflorum Thunb* نیز گزارش شد که فیبروبلاست‌ها در تمام مراحل ترمیم فعال بوده و $TGF-\beta$ علاوه بر تکثیر آن‌ها، در مرحله پس از التهاب ترشح کلاژن و فیبرونکتین را تحریک می‌کند (۴۸). در مطالعه حاضر، کاهش تعداد فیبروبلاست‌ها در گروه تیمار شده با عصاره جعفری نشان داد که این گیاه با تسریع تمایز فیبروبلاست‌ها به فیبروسیت‌ها، فاز تکثیر را کوتاه‌تر کرده و موجب افزایش بلوغ و تراکم فیبرهای کلاژن نسبت به گروه کنترل شده است. این روند بیانگر تسریع ترمیم و بازسازی بافت در مدت‌زمان کمتر است. نتایج ماکروسکوپی نیز ظرفیت بالای انقباض زخم در این گروه را تأیید کرد. به طور مشابه، در مطالعه‌ای با مصرف خوراکی آلونه‌ورا در موش‌های دیابتی نوع ۲، افزایش نفوذ سلول‌های التهابی، رگ‌زایی، رسوب ماتریکس خارج‌سلولی و اپی‌تلیال‌سازی گزارش شد (۴۴). همچنین، پماد *Ferula persica* در مدل حیوانی موجب ترمیم ماکروسکوپی زخم طی ۱۷ روز همراه با اثرات ضدالتهابی، اپی‌تلیال‌سازی مجدد، رگ‌زایی، تکثیر سلولی و بازسازی ماتریکس خارج‌سلولی گردید (۴۹).

به‌طور کلی، ترکیبات فیتوشیمیایی جعفری با مهار رشد باکتری، کاهش بیوفیلم و جلوگیری از تولید سموم، می‌توانند به‌عنوان عوامل ضدباکتری طبیعی عمل کنند. حضور فنول‌ها، مونوترپن‌ها، آلدئیدها و کتون‌ها نیز در این اثرات نقش دارد؛ این ترکیبات به‌دلیل ماهیت آب‌گریز خود، در غشای سلولی تجمع یافته و با آسیب به آنزیم‌های حیاتی، موجب نشت محتویات داخل سلولی و مرگ میکروارگانیسم می‌شوند (۶۱). بر این اساس، جعفری می‌تواند به‌عنوان یک گزینه درمانی طبیعی برای کنترل عفونت‌های باکتریایی و قارچی زخم‌ها مطرح شود.

نتیجه‌گیری

عصاره متانولی جعفری با برخورداری از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضد میکروبی، موجب تسریع بهبود زخم‌های عفونی و بهبود کیفیت بازسازی بافت در مدل حیوانی شد. ترکیبات زیست‌فعال آن با کاهش استرس اکسیداتیو و تحریک بازسازی بافت، نقش مؤثری در این فرآیند ایفا کردند. با توجه به نتایج امیدوارکننده، بررسی سمیت بافتی در غلظت‌های بالاتر و ارزیابی اثر بر سایر میکروارگانیسم‌های مرتبط با زخم، به‌ویژه سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، توصیه می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

همچنین، بررسی اسانس برگ جعفری بر باکتری‌هایی مانند آلکالیژنز فکالیس، سراتیا مارسنس و استافیلوکوکوس اورئوس نشان داد که MIC برای استافیلوکوکوس اورئوس حدود ۱۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر است. این فعالیت‌ها به وجود ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نظیر فوروکومارین‌ها و فورائوکومارین‌ها نسبت داده شده است (۵۲). در مطالعه حاضر نیز، MIC عصاره الکلی جعفری برای استافیلوکوکوس اورئوس حدود ۱۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تعیین شد که با نتایج پیشین مطابقت دارد. اختلاف مقادیر MIC گزارش شده در مطالعات مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در ترکیب شیمیایی عصاره، زمان برداشت گیاه، روش استخراج و سویه‌های باکتریایی مورد استفاده باشد. در یک بررسی، اثر عصاره‌های آبی و اتانولی جعفری بر رشد باکتری *Pseudomonas aeruginosa* ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، رشد این باکتری به ترتیب ۷۲٪ و ۷۵٪ توسط عصاره‌های آبی و اتانولی مهار گردید. هر دو عصاره توانایی کاهش تشکیل بیوفیلم را داشتند و عصاره اتانولی در غلظت‌های پایین‌تر (۱۲/۵ و ۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) به ترتیب موجب ۵۷٪ و ۸۰٪ کاهش بیوفیلم شد (۵۹). این اثرات عمدتاً به ترکیباتی نظیر کوئرستین نسبت داده می‌شود که با مهار بیان ژن‌های وابسته به سیستم کوئوروم‌سنسینگ، فعالیت میکروبی را کاهش می‌دهند (۶۰). همچنین ترکیبات موجود در جعفری قادرند تولید پایوسیانین، متابولیت سمی *P. aeruginosa*، را مهار کرده و با کاهش بیماری‌زایی باکتری، به ترمیم زخم کمک کنند.

منابع

- Gupta A. Classification of wounds and the physiology of wound healing. In: Wound Healing Research: Current Trends and Future Directions. 2021. p. 3–53. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2677-7_1
- Chhabra S, Chhabra N, Kaur A, Gupta N. Wound healing concepts in clinical practice of OMFS. J Maxillofac Oral Surg. 2017;16(4):403–423. <https://doi.org/10.1007/s12663-016-0880-z>
- Yang F, Bai X, Dai X, Li Y. The biological processes during wound healing. Regen Med. 2021;16(4):373–390. <https://doi.org/10.2217/rme-2020-0066>
- Wilkinson HN, Hardman MJ. Wound healing: cellular mechanisms and pathological outcomes. Open Biol. 2020;10(9):200223. <https://doi.org/10.1098/rsob.200223>
- Rodrigues M, Kosaric N, Bonham CA, Gurtner GC. Wound healing: a cellular perspective. Physiol Rev. 2019;99(1):665–706. <https://doi.org/10.1152/physrev.00067.2017>
- Singh S, Young A, McNaught CE. The physiology of wound healing. Surgery (Oxford). 2017 Sep 1;35(9):473–7. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2017.06.004>

7. Chinko BC, Precious-Abraham AD. Wound healing activity of hydromethanolic *Dioscorea bulbifera* extract on male wistar rat excision wound models. *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*. 2024 Jun 1;11:100425. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2024.100425>
8. Hsu A, Mustoe TA. The principles of wound healing. In: *Plastic Surgery Secrets Plus*. 2nd ed. 2010. p. 3–7.
9. Kalami S, Jooyan N, Ghodsian S, Ghanbarpour O, Daemi A, Fardin M, et al. *Ferula gummosa* a good candidate to promote cutaneous wound healing infected with *Staphylococcus aureus*. *Regen Eng Transl Med*. 2023;9:547–557. <https://doi.org/10.1007/s40883-023-00301-5>
10. Oliveira A, Simoes S, Ascenso A, Reis CP. Therapeutic advances in wound healing. *J Dermatol Treat*. 2022;33(1):2–22. <https://doi.org/10.1080/09546634.2020.1730296>
11. Albahri G, Badran A, Hijazi A, Daou A, Baydoun E, Nasser M, Merah O. The therapeutic wound healing bioactivities of various medicinal plants. *Life*. 2023;13(2):317. <https://doi.org/10.3390/life13020317>
12. Yazarlu O, Iranshahi M, Kashani HRK, Reshadat S, Habtemariam S, Iranshahi M, Hasanpour M. Perspective on the application of medicinal plants and natural products in wound healing: a mechanistic review. *Pharmacol Res*. 2021;174:105841. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105841>
13. Movaffagh J, Bazzaz BSF, Taherzadeh Z, Hashemi M, Moghaddam AS, Tabatabaee SA, et al. Evaluation of wound-healing efficiency of a functional chitosan/Aloe vera hydrogel on the improvement of re-epithelialization in full-thickness wound model of rat. *J Tissue Viability*. 2022;31(4):649–656. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2022.07.009>
14. Irham WH, Hardiyanti R. Wound healing bioactivity of *Curcuma longa* Linn. *Rasayan J Chem*. 2021;14(4):2386–2391. <http://doi.org/10.31788/RJC.2021.1446345>
15. Ghasemi MR, Ranjbar A, Tamri P, Pourmoslemi S, Nourian A, Dastan D. In vitro antibacterial activity and wound healing effects of *Achillea millefolium* essential oil in rat. *J Pharmacopuncture*. 2023;26(2):167. <http://doi.org/10.3831/KPI.2023.26.2.167>
16. El Sherif F, AlDayel M, Ismail MB, Alrajeh HS, Younis NS, Khattab S. Biostimulant for improving *Simmondsia chinensis* secondary metabolite production, as well as antimicrobial activity and wound healing abilities. *Plants*. 2023;12(18):3311. <http://doi.org/10.3390/plants12183311>
17. Charles DJ. Parsley. In: Peter KV, editor. *Handbook of Herbs and Spices*. 2nd ed. Woodhead Publishing; 2012. p. 430–451.
18. Mahdi I, Bakrim WB, Bitchagno GTM, Annaz H, Mahmoud MF, Sobeh M. Unraveling the phytochemistry, traditional uses, and biological and pharmacological activities of *Thymus algeriensis* Boiss. *Oxid Med Cell Longev*. 2022; 2022:6487430. <http://doi.org/10.1155/2022/6487430>
19. Farzaei MH, Abbasabadi Z, Ardekani MRS, Rahimi R, Farzaei F. Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *J Tradit Chin Med*. 2013;33:815–826. doi:10.1016/S0254-6272(14)60018-2.
20. Thangavelu S, Balasubramanian B, Palanisamy S, Shanmugam V, Natchiappan S, Kalibulla SI, Rathinasamy B, Arumugam VA. Characterization and phytoconstituents of *Petroselinum crispum* (Mill) and *Coriandrum sativum* (Linn) and their impacts on inflammation—An in vitro analysis against human adenocarcinoma cells with molecular docking. *S Afr J Bot*. 2022;146:776–788 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.12.024>
21. AbdelKhalek AS, Youssef HA, Ali MF, Ali MM, Abdel-Hakim MAH, Mahmoud HFF. An assessment of clinical, biometric, cosmetic and microscopic outcomes of four suture techniques for cutaneous closure of laparotomy wounds: An experimental study in rabbits. *J Dairy Vet*

- Anim Res. 2019;8:42–53. <http://doi.org/10.15406/jdvar.2019.08.00241>
22. Esther TLH. Investigation of the antioxidant, anticancer, wound healing, immunomodulatory and DNA protective activities of *Coriandrum sativum* and *Petroselinum crispum* [PhD thesis]. Kuala Lumpur: University of Malaya; 2014.
 23. Slighoua M, Mahdi I, Amrati F, Di Cristo F, Amaghnoije A, Grafov A, et al. Assessment of in vivo estrogenic and anti-inflammatory activities of the hydro-ethanolic extract and polyphenolic fraction of parsley (*Petroselinum sativum* Hoffm.). *J Ethnopharmacol.* 2021;265:113290. <http://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113290>
 24. Annaz H, Sane Y, Bitchagno GTM, Ben Bakrim W, Drissi B, Mahdi I, et al. *Caper* (*Capparis spinosa* L.): An updated review on its phytochemistry, nutritional value, traditional uses, and therapeutic potential. *Front Pharmacol.* 2022;13. <http://doi.org/10.3389/fphar.2022.878749>
 25. Terekhov RP, Selivanova IA, Anurova MN, Zhevlakova AK, Nikitin ID, Cong Z, Ma S, Yang F, Dong Z, Liao Y. Comparative study of wound-healing activity of dihydroquercetin pseudopolymorphic modifications. *Bull Exp Biol Med.* 2021;170:444–447. <http://doi.org/10.1007/s10517-021-05083-w>
 26. Dahm H. Silver nanoparticles in wound infections: present status and future prospects. In: Rai M, editor. *Nanotechnology in Skin, Soft Tissue, and Bone Infections*. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 151–168. http://doi.org/10.1007/978-3-030-35147-2_9
 27. Slighoua M, Mahdi I, Moussaid FZ, Kamaly OA, Amrati FEZ, Conte R, et al. LC-MS/MS and GC/MS profiling of *Petroselinum sativum* Hoffm. and its topical application on burn wound healing and related analgesic potential in rats. *Metabolites.* 2023;13(2):260. <http://doi.org/10.3390/metabo13020260>
 28. Fayaz F, Roodsari SR, Gachkar L, Pourkaveh B, Safaei HG. The antimicrobial activity of *Ferula gummosa* on bacterial strains isolated from patients with gastroenteritis. *Arch Clin Infect Dis.* 2011;6(Suppl):2
 29. Soheili M, Khandan MA, Salami M. Evaluation of anti-oxidant activity of *Lavandula angustifolia* using DPPH method. *J Arak Univ Med Sci.* 2017;19(12):70–77.
 30. Gal P, Kilik R, Mokry M, Vidinsky B, Vasilenko T, Mozes S, Bobrov N, Tomori Z, Bober J, Lenhardt L. Simple method of open skin wound healing model in corticosteroid-treated and diabetic rats: standardization of semi-quantitative and quantitative histological assessments. *Vet Med.* 2008 Dec 31;53(12):652-9. <http://doi.org/10.17221/1973-VETMED>
 31. Webb CB, Twedt DC, Fettman MJ, Mason G. S-adenosylmethionine (SAMe) in a feline acetaminophen model of oxidative injury. *Journal of Feline Medicine and Surgery.* 2003 Apr;5(2):69-75. [http://doi.org/10.1016/S1098-612X\(02\)00017-7](http://doi.org/10.1016/S1098-612X(02)00017-7)
 32. Haney EF, Mansour SC, Hancock RE. Antimicrobial peptides: an introduction. *Antimicrob Pept.* 2017;3–22. http://doi.org/10.1007/978-1-4939-6737-7_1
 33. Shedoeva A, Leavesley D, Upton Z, Fan C. Wound healing and the use of medicinal plants. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2019;2019:1–10. <http://doi.org/10.1155/2019/2684108>
 34. Babu MK, Prasad OS, Murthy TE. Comparison of the dermal wound healing of *Centella asiatica* extract impregnated collagen and cross-linked collagen scaffolds. *J Chem Pharm Res.* 2011;3:353–362.
 35. Ramnath V, Sekar S, Sankar S, Sastry TP, Mandal AB. In vivo evaluation of composite wound dressing material containing soya protein and sago starch. *Int J Pharm Sci.* 2012;4:414–419. <http://doi.org/10.1007/s10856-012-4765-5>
 36. Motealleh B, Zahedi P, Rezaeian I, Moghimi M, Abdolghaffari AH, Zarandi MA. Morphology, drug release, antibacterial, cell proliferation, and histology studies of chamomile-loaded wound dressing mats based on electrospun nanofibrous poly(e-

- caprolactone)/polystyrene blends. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2014;102:977–987. <http://doi.org/10.1002/jbm.b.33078>
37. Brown KL, Phillips TJ. Nutrition and wound healing. *Clin Dermatol.* 2010;28:432–439 <http://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2010.03.028>
38. Jeanbat-Mimaud V, Barbaud C, Caruelle JP, Barritault D, Cammas-Marion S, Guérin P. Functionalized polymers of malic acid stimulate tissue repair presumably by regulating heparin growth factors bioavailability. In: *Biomedical Polymers and Polymer Therapeutics.* Berlin/Heidelberg: Springer; 2002. p. 243–251.
39. Amiri, F.T., Mirzaee, F., Hasanzadeh, S.N., Enayatifard, R. and Shahani, S., 2020. Therapeutic potential of ointment containing methanol extract of *Lamium album* L. on cutaneous wound healing in rats. <http://doi.org/10.52547/jmp.20.79.72>
40. Arbab J, Farahpour MR, Roohollahi-Masoumi AH. The effect of co-administration of Aloe vera gel and Cinnamon zeylanicum hydroethanolic extract on wound healing process in diabetic mice. *Iran J Vet Surg.* 2018;13:40–48. <http://doi.org/10.22034/ivsa.2018.141439.1154>
41. Tonnesen MG, Feng X, Clark RA. Angiogenesis in wound healing. *J Invest Dermatol Symp Proc.* 2000;5(1):40–46. <http://doi.org/10.1046/j.1087-0024.2000.00014.x>
42. Li J, Zhang YP, Kirsner RS. Angiogenesis in wound repair: angiogenic growth factors and the extracellular matrix. *Microsc Res Tech.* 2003;60(1):107–114. <http://doi.org/10.1002/jemt.10249>
43. Eming SA, Krieg T, Davidson JM. Inflammation in wound repair: molecular and cellular mechanisms. *J Invest Dermatol.* 2007;127(3):514–525. <http://doi.org/10.1038/sj.jid.5700701>
44. Assar DH, Elhabashi N, Mokhbatly AAA, Ragab AE, Elbially ZI, Rizk SA, et al. Wound healing potential of licorice extract in rat model: Antioxidants, histopathological, immunohistochemical and gene expression evidences. *Biomed Pharmacother.* 2021;143:112151. PMID: 34507115. <http://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112151>
45. Pang Y, Wang D, Hu X, Wang H, Fu W, Fan Z, et al. Effect of volatile oil from *Blumea balsamifera* (L.) DC. leaves on wound healing in mice. *J Tradit Chin Med.* 2014;34:716–724. PMID: 25618977. [http://doi.org/10.1016/s0254-6272\(15\)30087-x](http://doi.org/10.1016/s0254-6272(15)30087-x)
46. McDougall S, Dallon J, Sherratt J, Maini P. Fibroblast migration and collagen deposition during dermal wound healing: mathematical modelling and clinical implications. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2006;364:1385–1405. <http://doi.org/10.1098/rsta.2006.1773>
47. Siqueira MF, Li J, Chehab L, Desta T, Chino T, Krothpali N, et al. Impaired wound healing in mouse models of diabetes is mediated by TNF- α dysregulation and associated with enhanced activation of forkhead box O1 (FOXO1). *Diabetologia.* 2010;53:378–388. <http://doi.org/10.1007/s00125-009-1529-y>
48. Esposito D, Munafò JP Jr, Lucibello T, Baldeon M, Komarnytsky S, Gianfagna TJ. Steroidal glycosides from the bulbs of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) promote dermal fibroblast migration in vitro. *J Ethnopharmacol.* 2013;148:433–440. PMID: 23644411. <http://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.032>
49. Huang L, Wang M, Ebrahimzadeh MA, Jafari A, Jiang K. Stereological and molecular studies on the effects of *Ferula persica* extract on wound healing in rats. *Vet Med Sci.* 2022;8:318–327. PMID: 34628729. PMID: PMC8788958. doi:10.1002/vms3.640 <http://doi.org/10.1002/vms3.640>
50. Al-Juhaimi F, Ghafoor K. Total phenols and antioxidant activities of leaf and stem extracts from coriander, mint and parsley grown in Saudi Arabia. *Pak J Bot.* 2011;43:2235–2237.
51. Herken EN, Guzel S. Total antioxidant capacity and total phenol contents of

- selected commercial fruit juices in Turkey. *Int J Food Prop.* 2010;13:1373–1379. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.499039>
52. Sharafati CR, Rafieian KM, Sharafati CA, Salehi E. Evaluation of the antioxidant and antibacterial effects of *Apium petroselinum* essential oil on food spoilage and pathogenic. 2014, 9-15.
53. Zhang H, Chen F, Wang X, Yao HY. Evaluation of antioxidant activity of parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil and identification of its antioxidant constituents. *Food Res Int.* 2006;39(8):833–839. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.007>
54. Güven L, Erturk A, Miloğlu FD, Alwasel S, Gulcin İ. Screening of antiglaucoma, antidiabetic, anti-Alzheimer, and antioxidant activities of *Astragalus alopecurus* Pall—analysis of phenolics profiles by LC-MS/MS. *Pharmaceuticals.* 2023;16:659. doi:10.3390/ph16050659. <http://doi.org/10.3390/ph16050659>
55. Petruk G, Raiola A, Del Giudice R, Barone A, Frusciante L, Rigano MM, et al. An ascorbic acid-enriched tomato genotype to fight UVA-induced oxidative stress in normal human keratinocytes. *J Photochem Photobiol B.* 2016;163:284–289. <http://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.08.047>
56. Majma Sanaye P, Mojaveri MR, Ahmadian R, Sabet Jahromi M, Bahramsoltani R. Apigenin and its dermatological applications: a comprehensive review. *Phytochemistry.* 2022;203:113390. <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113390>
57. Linde GA, Gazim ZC, Cardoso BK, Jorge LF, Tešević V, Glamočlija J, et al. Antifungal and antibacterial activities of *Petroselinum crispum* essential oil. *Genet Mol Res.* 2016;15(3). <http://doi.org/10.4238/gmr.15038538>
58. dos Santos Franciscato LM, Mendes SS, Frederico C, Goncalves JE, Faria MG, Gazim ZC, et al. Parsley (*Petroselinum crispum*): chemical composition and antibacterial activity of essential oil from organic against foodborne pathogens. *Aust J Crop Sci.* 2022;16(5):605–611. <http://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.05.p3585>
59. Serra R, Grande R, Butrico L, Rossi A, Settimio UF, Caroleo B, et al. Chronic wound infections: the role of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Expert Rev Anti Infect Ther.* 2015;13:605–613. <http://doi.org/10.1586/14787210.2015.1023291>
60. Ouyang J, Sun F, Feng W, Sun Y, Qiu X, Xiong L, et al. Quercetin is an effective inhibitor of quorum sensing, biofilm formation and virulence factors in *Pseudomonas aeruginosa*. *J Appl Microbiol.* 2016;120:966–974. <http://doi.org/10.1111/jam.13073>
61. Mostafa I, Abbas HA, Ashour ML, Yasri A, El-Shazly AM, Wink M, Sobeh M. Polyphenols from *Salix tetrasperma* impair virulence and inhibit quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa*. *Molecules.* 2020 Mar 16;25(6):1341. <http://doi.org/10.3390/molecules25061341>

Abstracts in English

Assessment of the Effects of Parsley (*Petroselinum sativum*) Ethanolic Extract on the Healing of Infected Skin Wounds and Oxidative Stress in Rats**Iman safaraee¹, Hesamedin Eskafian^{2*}, Hamidreza Moslemi², Sahar Ghaffarikhali³, Ashkan Jebelli Javan⁴**

1. Doctor of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

2. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

3. Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

4. Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

ha.eskafian@semnan.ac.ir*

Background: Skin wound healing, particularly of infected wounds, is a significant medical challenge that requires effective and low-complication treatments. Medicinal plants have been proposed as promising options due to their antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory properties.

Objective: This study aimed to investigate the anti-inflammatory and antimicrobial effects of methanolic parsley extract on the healing of infected wounds caused by *Staphylococcus aureus* in rats.

Methods: In this study, 60 adult female rats were randomly divided into four groups of 15: the parsley (10% methanolic parsley extract ointment), the nitrofurazone (positive control), the Eucerin (base ointment), and the control group (no treatment). After anesthesia with ketamine-xylazine, the dorsal area was shaved, and a 1.5 cm diameter incision was made down to the muscle layer, followed by infection with 1 ml of *Staphylococcus aureus*. Wound treatments were administered for 21 days. Evaluations on days 7, 14, and 21 included: antibacterial testing (MIC), measurement of antioxidant activity using the DPPH method and calculation of IC₅₀, assessment of OS by measuring serum MDA using the TBARS test, histopathological examination (epithelialization, inflammation, collagen maturation, fibroblast count, angiogenesis), and macroscopic evaluation of wound contraction percentage using digital photography and ImageJ software.

Results: The MIC of parsley extract for bacterial growth was 12 mg/mL, and its IC₅₀ for free radicals was 37.25 mg/mL. The TBARS assay demonstrated that the MDA levels in the parsley group were significantly lower than those in the eserine and control groups (1289 ± 19519 and 1064 ± 18959 ng/mL, respectively, versus 3251 ± 80769 ng/mL in the control, p = 2.71). Histopathological evaluation revealed the highest percentage of epithelialization, the lowest inflammation, the greatest maturation of collagen fibers, and a significant increase in angiogenesis on day 14 in the parsley group compared to the other groups. Macroscopic findings also indicated the highest percentage of wound contraction in the parsley group.

Conclusion: Methanolic parsley extract, with its antioxidant, anti-inflammatory, and antibacterial properties, accelerated the healing of infectious wounds and improved tissue repair quality in the animal model, suggesting it is a natural and low-side-effect option for treating this type of wound.

Keywords: Antioxidant activity, Histopathology, Oxidative stress, Parsley (*Petroselinum sativum*), Wound healing.



التیام

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳۳۲۹۱

eltiam.ivsa@yahoo.com

http://eltiamjournal.ir/

بررسی تاثیر بزاق زالو در ترمیم زخم باز عفونی با باکتری پروتئوس میرابیلیس در رت

سیده شقایق زنوزاده^۱، سحر غفاری خلیق^{۲*}، حمید استاجی^۲، حمیدرضا مسلمی^۳

۱. دانش آموخته، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲. گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

*s_ghaffari@semnsn.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

doi: <https://doi.org/10.61882/eltiamj.12.1.12>



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 مطالعه: کنترل عفونت و بهبود روند ترمیم زخم از اهمیت بالایی برخوردار است. بزاق زالو دارای خواص ضدالتهابی، ضد میکروبی و ترمیمی می‌باشد به همین سبب می‌تواند جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌های رایجی باشد که بسیاری از باکتری‌ها به آن‌ها مقاوم هستند.

هدف: هدف از این مطالعه بررسی اثر بزاق زالو بر روند ترمیم زخم پوستی باز عفونی شده به وسیله باکتری پروتئوس میرابیلیس به کمک بررسی تغییرات هیستوپاتولوژی و میکروبیولوژی می‌باشد.

روش کار: پس از تهیه بزاق زالو، پماد زالو پنج درصد (۹۵ گرم اوسرین، ۵ گرم بزاق زالو) ساخته شد و ۶۰ سر رت نر نژاد ویستار تهیه و به ۴ گروه تقسیم شدند. در پوست ناحیه بین دو کتف هر رت، زخمی به قطر ۱/۵ سانتی‌متر به وسیله پانچ بیوپسی ایجاد و سپس با تلقیح میزان 10^6 CFU از باکتری، عفونی گردید. سپس گروه‌ها به صورت جداگانه تحت درمان با پماد جنتامایسین، اوسرین و پماد زالو قرار گرفتند و یک گروه به عنوان گروه کنترل، هیچ دارویی دریافت نکرد. پمادها یک‌روز درمیان تا ۲۱ روز تجدید شدند. به منظور بررسی‌های میکروبی و هیستوپاتولوژی در هر در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱، سر رت به صورت تصادفی جدا گردید و پس از آرام‌کشی، نمونه پوستی به صورت استریل اخذ گردید و ۲۱ از ۵ رت به صورت تصادفی پس از آرام‌کشی، نمونه استریل اخذ گردید.

نتایج: در بررسی میکروبی تعداد تام باکتری‌ها در طول ۲۱ روز، در گروه درمان شده با بزاق زالو کمتر از سایر گروه‌ها بود که با گروه کنترل اختلاف معنادار داشت و به صورت قابل توجهی تعداد باکتری‌ها در گروه درمان شده با بزاق زالو در روز هفت با سایر گروه‌ها معنادار بود. در بررسی مقاطع پاتولوژی از جمله بررسی کلاژن، اپیتلیزاسیون، تراکم فیبروبلاست و میزان التهاب و انژیوژنز اختلاف معنادار مشخصی در گروه درمانی با بزاق زالو با کنترل در کنترل التهاب و اپیتلیزاسیون و تولید کلاژن وجود داشت و بین گروه زالو و جنتامایسین در اکثر پارامترها بجز فاکتور اپیتلیزاسیون که دارای اختلاف معنادار در روز ۲۱ درمان بود، اختلاف معناداری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری نهایی: یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد، بزاق زالو باعث ساخت کلاژن و افزایش سرعت روند اپیتلیزاسیون شده. همچنین، باتوجه به خواص ضد میکروبی آن، بزاق زالو می‌تواند تا حدی در کنترل طولانی مدت جمعیت باکتریایی پروتئوس میرابیلیس کمک‌کننده باشد و جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک در مصرف کوتاه مدت باشد. هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر بزاق زالو در کنترل التهاب و تسریع روند ترمیم در زخم‌های عفونی با باکتری پروتئوس میرابیلیس بوده که با توجه به بحث مقاومت آنتی‌بیوتیکی مطرح شده در مورد این باکتری، می‌توان از بزاق زالو در کنار آنتی‌بیوتیک مناسب جهت کنترل و تسریع روند زخم‌های عفونی به خصوص زخم‌های عفونی شده با پروتئوس میرابیلیس استفاده کرد.

کلمات کلیدی: بزاق زالو، پروتئوس میرابیلیس، زخم باز عفونی، میکروبیولوژی، هیستوپاتولوژی

مقدمه

پوست وسیع‌ترین اندام در بدن محسوب می‌شود. در دامپزشکی بسته به گونه و سن جاندار، ۱۲٪ تا ۲۴٪ وزن بدن را شامل می‌شود. پوست عملکردهای بسیاری را شامل می‌شود که از جمله این عملکردها می‌توان به تنظیم دمای بدن، تولید رنگ‌دانه و ویتامین D، ایجاد حس لامسه و عمل به عنوان سد دفاعی انتخابی بین بدن و محیط بیرون اشاره کرد (Aiello و هم‌کاران، ۲۰۱۶). عملکرد دفاعی پوست به عنوان اصلی‌ترین وظیفه‌ی پوست شناخته می‌شود که این عملکرد مانع نفوذ میکروب‌ها، مواد سمی و اشعه به بدن می‌شود (نوروزیان، ۱۳۷۰). به از بین رفتن یکنواختی آناتومی طبیعی و اختلال در عملکرد متابولیک ساختارهای بدن که شامل ارگان‌ها، بافت‌ها و سلول‌ها می‌باشد، زخم گفته می‌شود. عوامل مختلفی از جمله عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌توانند در ایجاد زخم دخیل باشند (Enoch و Leaper، ۲۰۰۵). زخم‌ها به دو نوع باز و بسته تقسیم بندی می‌شوند (Thakur و هم‌کاران، ۲۰۱۱). یکی از متداول‌ترین و مهم‌ترین عوامل بازدارنده در التیام زخم عفونت می‌باشد که جراحان به طور معمول با آن مواجه می‌شوند. عفونت باکتریایی می‌تواند روند التیام زخم را از چند طریق با خطر مواجه کند. تهاجم میکروب‌ها به زخم ممکن است موجب ترشح اکسودا شود و سطوح زخم را بطور مکانیکی از یکدیگر جدا کند. همچنین، با کاهش روند خون‌رسانی، جلوگیری از تشکیل عروق خونی جدید و افزایش واکنش‌های سلولی، که خود منجر به طولانی شدن مرحله پاکسازی زخم می‌شود، ترمیم زخم را به تعویق می‌اندازد (Singh و هم‌کاران، ۲۰۱۱). اغلب‌گونه‌های باکتریایی شامل *استافیلوکوکوس اورئوس* (۳۷٪) و پس از آن *سودوموناس آئروژینوزا* (۱۷٪)، *پروتئوس میرابیلیس* (۱۰٪)، *اشریشیا کلی* (۶٪) و گونه‌های کورینه باکتریوم (۵٪) در ایجاد زخم‌های عفونی دخیل هستند (Bessa و هم‌کاران، ۲۰۱۵). جنس پروتئوس، متعلق به خانواده انتروباکتریاسه می‌باشد. این خانواده بزرگترین مجموعه از باسیل‌های گرم منفی، غیرمتجانس و مهم در علم پزشکی و دامپزشکی می‌باشد و جنس‌های این خانواده بر اساس مشابهت DNA (DNA homology)، خصوصیات بیوشیمیایی، واکنش‌های سرولوژی و غیره دسته‌بندی می‌شوند. برخی از اعضای این خانواده علاوه بر اینکه فلور طبیعی روده تقریباً تمامی حیوانات و انسان می‌باشند، به

طور گسترده در دنیا از آب، خاک و سبزی‌ها جدا می‌گردند (حسینی و فیروزی، ۲۰۱۴). گونه‌های جنس پروتئوس، متشکل از باکتری‌های پلی‌مورف متحرکی است که توانایی تخمیر گلوکز و عدم توانایی تخمیر لاکتوز را دارند و برخی از آن‌ها فلور طبیعی دستگاه گوارش پستانداران و انسان نیز می‌باشند و در انسان به راحتی روی پوست رشد می‌کند. از خصوصیات بارز این جنس می‌توان به توانایی حرکت هجومی (Swarming) بر روی سطح آگار اشاره کرد که وجه تشخیص این جنس نسبت به اکثر جنس‌های دیگر این خانواده می‌باشد. باکتری‌های این جنس می‌توانند در درجه حرارت پایین و سطوح مرطوب به آسانی رشد کنند (Rozalski و هم‌کاران، ۲۰۱۲؛ Stickler، ۲۰۰۲). پروتئوس میرابیلیس می‌تواند در طیف وسیعی از زیستگاه‌ها از جمله خاک، کود، منابع آبی و فاضلاب‌ها زندگی کند اما غالباً در دستگاه گوارش انسان و حیوانات یافت می‌شود (Rozalski و هم‌کاران، ۲۰۱۲). از جمله عوامل حدت باکتری پروتئوس میرابیلیس می‌توان به توکسین‌ها، فلاژل، آنزیم‌ها، فرار از سیستم ایمنی و آدهسین‌ها (adhesin) اشاره کرد. (Armbruster و هم‌کاران، ۲۰۱۷). زالو درمانی یکی از قدیمی‌ترین شیوه‌های درمانی غیر تهاجمی در پزشکی محسوب می‌شود که قدمت آن به ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد حضرت مسیح و به مصر باستان باز می‌گردد. تنها ۱۵ گونه از ۶۰۰ گونه شناخته شده زالوها برای زالو درمانی پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند که عمده‌ی آن‌ها *Hirudo medicinalis* و از خانواده‌ی *Hirudinidae* هستند. واژه‌ی زالو از کلمه‌ی لاتین *Laece* به معنای پزشک برگرفته شده است (Wollina و هم‌کاران، ۲۰۱۶؛ Abdullah و هم‌کاران، ۲۰۱۲). زالو نوعی انگل از دسته کرم‌های حلقوی محسوب می‌شوند. این جانوران هرمافروdit هستند و عمدتاً در آب شیرین زندگی می‌کنند. از دیگر خصوصیات این جانوران می‌توان به حساسیت آن‌ها به ارتعاشات آب، نور، گرما و صدا اشاره کرد (Eldor و هم‌کاران، ۱۹۹۶). اکثر فواید درمانی زالوها به دلیل خون مکیده شده در حین گاز گرفتن نیست، بلکه به دلیل مواد فعال زیستی مختلف موجود در بزاق است (Rigbi و هم‌کاران، ۱۹۹۶). با اینکه تا کنون امکان جداسازی هیچ‌گونه مولکول ضد درد از ترشحات زالو وجود نداشته است ولی اعتقاد بر این است که زالوها به دلیل این که توسط میزبان حس نمی‌شوند اثرات ضدالتهایی و

مطالعه از ۶۰ سر رت نر بالغ نژاد ویستار با وزن حدودی ۳۰۰-۲۵۰ گرم که از نظر ظاهری کاملاً سالم بودند، استفاده شد. این مطالعه در خرداد ماه سال ۱۴۰۱ انجام گرفت. به منظور تطابق رت‌ها با محیط و پرهیز از استرس، به مدت یک هفته هیچ گونه آزمایشی روی رت‌ها صورت نگرفت و تمامی حیوانات تحت شرایط محیطی و تغذیه‌ای یکسان (دما، رطوبت، نور، نوع جیره غذایی و تعداد دفعات غذای یکسان) نگهداری شدند. در طول مدت مطالعه رت‌ها در قفس‌های مخصوص نگهداری از رت از جنس پلی کربنات شفاف با بستر خاک اره نگهداری شدند و تغذیه رت‌ها به وسیله پلت‌های خوراکی مخصوص تغذیه حیوانات آزمایشگاهی (شرکت بهپرور، تهران، ایران) صورت گرفت و امکان دسترسی به آب به صورت آزاد برای رت‌ها فراهم گشت.

تهیه بزاق زالو

به منظور استخراج بزاق زالو، پارافیلیم اطراف سطح خارجی ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتری متصل گردید. بین پارافیلیم و لایه خارجی ارلن محلولی حاوی یک میلی‌مول آرژنین و ۰/۱۵ مول کلرید سدیم اضافه گردید. ارلن به سه پایه فلزی متصل شده و زالو روی پارافیلیم چسبانده شد تا از محلول تغذیه کرده و خودبه‌خود جدا شود. پس از جدا شدن زالو از پارافیلیم آن را داخل بشر و ۱۰ دقیقه در روی یخ قرار دادیم و سپس ظرف نزدیکی شعله قرار داده شد. با فعال شدن مجدد زالو مایعی غلیظ که همان بزاق زالو بود در بشر جمع‌آوری گردیده و به میکروتیوب منتقل می‌گردید (Abdualkader و همکاران، ۲۰۱۱؛ گریوانی، ۱۳۹۷). غلظت پروتئین موجود در بزاق زالو بعد از جمع‌آوری، با برنامه A₂₈₀ نانودراپ، ۸۰۰ میکروگرم در سی‌سی اندازه‌گیری شد و بزاق جمع‌آوری‌شده به مدت سه روز در فریزر قرار گرفت.

تهیه سوسپانسیون باکتری

برای انجام این مطالعه، سوسپانسیونی از باکتری پروتئوس میر/بیلیس، اهدایی از بانک میکروبی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، در سرم فیزیولوژی تهیه شد که در دستگاه اسپکتروفتومتر (اسمارت نانو، کانادا) در طول موج ۶۰۰ نانومتر دارای جذب نوری ۰/۱ (حاوی ۱×۱۰^۸CFU/ml) باشد. سپس میزان یک سی‌سی از این سوسپانسیون، جهت تهیه رقت، به نه سی‌سی پپتون واتر ۰/۱٪ اضافه شد و

بی‌دردی مطلوبی دارند (Clarke, ۲۰۱۶). بنابراین در زمینه اثرات ضد التهابی و بی‌دردی بزاق زالو، مطالعات در جهت شناسایی مکانیسم‌های غیرمستقیم متمرکز شده‌اند. برخی مطالعات نشان داده‌اند که برخی کینینازها و آنتیستاسین‌ها ممکن است مکانیسم کینین-کالیکرین را که یک مسیر اصلی مرتبط با درد است را مهارکنند (Nutt و همکاران، ۱۹۹۱). انعقاد در طی تغذیه برای زالوها کشنده است بنابراین وجود عوامل ضدانعقادی در بزاق برای بقای آن‌ها ضروری هستند (Clarke, ۲۰۱۶). ترومبین در فعالیت پلاکت‌ها و آزادسازی ADP تأثیر بسزایی دارد و بنابراین مهارکننده‌ها ممکن است به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد پلاکت‌ها اثر منفی داشته باشند (Kumar و همکاران، ۲۰۰۵). تا به امروز تنها دو مولکول اصلی، دستیلاز (Destabilase) و کلرمیستین (Chloromycetyn) فعالیت ضد میکروبی داشته‌اند (Zaidi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Abdullah و همکاران، ۲۰۱۲). Das, ۲۰۱۴؛ و همان‌طور که گفته شد دستیلاز فعالیت بتا گلیکوزیداز دارد. این آنزیم به‌طور مستقیم پیوندهای β و β را که واجد اهمیت در لایه پپتیدوگلیکان دیواره سلولی باکتری‌ها هستند را می‌شکنند (Zaidi و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات دیگر نشان داده‌اند که فعالیت ضد میکروبی بزاق زالو تنها به فعالیت آنزیمی گلیکوزیداز وابسته نیست و با عوامل غیرآنزیمی نیز مرتبط است (Zavalova و همکاران، ۲۰۰۶). اشکال معادل فارسی دستیلاز اثر باکتریواستات وابسته به دوز علیه استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا و اشیریشیا کلای نشان می‌دهد (Graf و Indergand, ۲۰۰۰). کلرمیستین یک آنتی‌بیوتیک قوی موجود در ترشحات زالو می‌باشد. اما متأسفانه اطلاعات در مورد این مولکول محدود است (Abdullafoadh و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر این تروماسین، ترومازین و پپتید بتا به‌عنوان پپتیدهای ضد میکروبی جدا شده‌اند (Tasiemski و همکاران، ۲۰۰۴؛ Tasiemski, ۲۰۰۸).

مواد و روش کار

مطالعه حاضر برگرفته از پایان نامه دانشجویی با کد اخلاق E_98_11 می‌باشد که از نوع تجربی (مداخله‌ای) است که در دسته‌ی کارآزمایی بالینی تصادفی (Randomized Clinical trial or RCT) قرار می‌گیرد. جهت انجام این

اوسرین اضافه و با هم ترکیب کردیم تا کرم ای یکدست با غلظت ۵٪ حاصل شود. کرم به دست آمده را در ظرفی در بسته و درون یخچال نگهداری می‌کنیم. پس از گذشت ۲۴ ساعت از تایید شدن عفونی شدن زخم‌ها و گروه‌بندی رت‌ها درمان آغاز گشت. روند اجرای این مطالعه ۲۸ روز به طول انجامید. بر اساس تحقیق انجام شده توسط نیکرو و همکاران در سال ۲۰۲۴ در روند درمان، مالیدن پماد بر روی زخم ایجاد شده از روز یک تا هفت، هر روز تکرار شد و بعد از روز هفت، درمان به صورت یک روز در میان ادامه پیدا کرد. در طی روند درمان رت‌ها کاملاً هوشیار بودند و عمل مالیدن پماد بر روی زخم‌ها توسط سواپ استریل و بدون مهار رت‌ها به گونه‌ای که لایه‌ای نازک از پماد روی سطح زخم را به طور کامل بپوشاند، انجام شد. لازم به ذکر است که برای مالیدن پماد بر روی هر رت، سواپ استریل برای هر رت تعویض گشت.

نمونه گیری

در فواصل زمانی در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱، پنج رت از هر گروه خارج و با دوز بالای دی اتیل اتر آرام کشی شدند. پس از تایید عفونی شدن زخم و جهت نمونه برداری از زخم و انجام آزمایش میکروبی و هیستوپاتولوژی به آزمایشگاه انتقال یافتند.

آزمایشات میکروبی

برای انجام آزمایشات میکروبی، کل زخم و پوست اطرافی سالم با استفاده از قیچی استریل برداشت شد و سپس نمونه‌ی زخم و پوست اطراف آن به دو قسمت مساوی تقسیم شد و از یک نیمه جهت آزمایش میکروبی استفاده شد. با استفاده از ترازو میزان مساوی از نمونه‌های متعلق به یک گروه برداشته شد، به طوری که مجموع نمونه‌های برداشت‌شده از هر گروه به دو گرم برسد. دو گرم نمونه‌ی معرف هر گروه در هاون استریل با میزان دو سی‌سی پپتون واتر ۰/۱٪ به خوبی کوبیده شد تا شیرابه‌ی یکدست از آن به دست آید. میزان ۱۰۰۰ (معادل یک سی‌سی) از شیرابه‌ی به دست آمده توسط میکروپیت با نه سی‌سی پپتون واتر، جهت رقت سازی، ترکیب شد و این عمل دو مرتبه‌ی دیگر جهت تهیه رقت تکرار شد. در نهایت از هر یک از رقت‌های به دست آمده که معادل ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ بودند، میزان ۱۰۰ برای کشت در هر پلیت برداشته شد. برای کشت باکتری از دو محیط کشت بلاد آگار و SS

مجدداً یک سی‌سی از محلول به دست آمده به نه سی‌سی پپتون واتر ۰/۱٪ دیگر اضافه شد تا محلولی با رقت 1×10^6 CFU/ml به دست آید. پس از تهیه رقت مورد نظر از باکتری، لوله‌ی حاوی نمونه‌ی باکتری با رقت مذکور در کنار کمپرس سرد به شه‌میرزاد انتقال داده شد.

روش جراحی

در شرایط استریل، توسط ترکیبی از داروهای کتامین هیدروکلراید دامی ساخت شرکت آلفا سان هلند پنج درصد با دوز ۵۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و زایلازین هیدروکلراید دامی ساخت شرکت آلفا سان هلند دو درصد با دوز پنج میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، بیهوشی صورت گرفت. بعد از بیهوشی کامل ناحیه میان دو کتف تمامی رت‌ها توسط تیغ تراشیده شد و موضع جراحی ضدعفونی گردید. در این ناحیه، برشی دایره‌ای شکل به قطر یک و نیم سانتی‌متر توسط پانچ بیوپسی استریل ایجاد شد و پوست ناحیه مذکور به همراه بافت همبند زیرین آن تا رسیدن به عضله به صورت کامل توسط قیچی استریل برداشته شد. پس از ایجاد زخم در کلیه‌ی نمونه‌ها، میزان یک سی‌سی (پنج الی شش قطره) از سوسپانسیون تهیه شده از باکتری پروتئوس میرابیلیس با رقت 1×10^6 CFU/ml در محل زخم تلقیح شد و بعد از گذشت ۲۴ ساعت از زمان تلقیح باکتری، جهت اطمینان از عفونی شدن محل زخم، به صورت تصادفی یکی از رت‌ها آرام کشی شد و جهت تهیه نمونه‌ی میکروبی به آزمایشگاه انتقال یافت. نمونه گرفته شده از زخم این رت در دو محیط کشت بلاد آگار و SS آگار کشت داده شد و بعد از گذشت ۲۴ ساعت گرم‌خانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، با مشاهده رشد باکتری و شمارش کلنی‌ها در محیط‌ها از عفونی شدن موضع اطمینان حاصل گردید. پس از کسب اطمینان از عفونی شدن زخم‌ها، رت‌ها به چهار گروه (هر گروه شامل ۱۵ سر رت) تقسیم شدند. گروه کنترل، که هیچ درمانی روی آن‌ها انجام نشد، گروه درمانی با پماد آنتی‌بیوتیک جنتامایسین ۰/۳٪ چشمی، گروه درمانی با پماد پایه‌ی اوسرین شامل و گروه درمانی پماد بزاق زالو (حاوی غلظت ۵٪ ترکیب بزاق زالو و پماد پایه اوسرین) تقسیم شدند. برای تهیه پماد بزاق زالو، پس از قرار دادن ظرف مناسب استریل بر روی ترازو و صفر کردن عدد آن، میزان یک گرم بزاق زالو را به کمک سرنگ استریل به ۱۹ گرم پماد پایه

نمونه‌ی زخم و پوست اطراف آن به دو قسمت مساوی تقسیم شد و از یک نیمه برش‌های یکنواخت با اندازه یک سانتی متر در یک سانتی متر حاوی زخم و مقداری پوست سالم اطراف آن تهیه و جهت آزمایش هیستوپاتولوژی استفاده شد. نمونه‌ها بلافاصله بعد از تهیه روی مقوایی با ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ سانتی متر فیکس شدند و در محلول فرمالین ۱۰٪ که از قبل تهیه شده بود و در ظروف نمونه‌گیری پلاستیکی استریل جداگانه قرار گرفتند. محلول فرمالین پس از ۲۴ ساعت با میزان مشابه از محلول جدید تعویض گردید. سپس نمونه‌ها جهت انجام مراحل فرآیند بافتی، قالب‌گیری، برش و رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین به آزمایشگاه پاتولوژی بیمارستان امام خمینی تهران منتقل گردید. امتیازدهی لام‌های هیستوپاتولوژی به صورت نیمه کمی و بر اساس روش «Gal و همکاران، ۲۰۰۸» صورت گرفت. در این روش فاکتورهای تشکیل بافت پوششی یا اپیتلیزاسیون، میزان عروق‌زایی یا آنژیوژنز، میزان سلول‌های التهابی، تراکم و بلوغ رشته‌های کلاژن و میزان فیبروبلاستی مورد بررسی قرار گرفت. (جدول ۱)

آگار (Salmonella Shigella Agar) استفاده شد و کشت برای هر رقت سه بار در هر یک از محیط‌ها تکرار شد. جهت کشت باکتری در هر یک از محیط‌ها، به کمک میکروپیپت میزان ۱۰۰ از محلول رقت مورد نظر در کنار شعله در مرکز هر پلیت ریخته شد و سپس به کمک لوله پخش‌کننده L مانند شیشه‌ای (L-shaped spreader) استریل در سطح پلیت به صورت کامل پخش شد. پس از انجام کشت، تمامی پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند. بعد از این مرحله، شمارش میکروبی صورت گرفت و کلنی‌هایی که در پلیت واجد شرایط بین ۳۰-۳۰۰ عدد کلنی در پلیت بودند مورد شمارش قرار گرفتند. در نهایت تعداد کلنی در هر گرم از جرم زخم توسط فرمول مقابل محاسبه گردید:

$$\times 10 \text{ CFU/Gr} = \text{تعداد کلنی} \times \text{فاکتور رقت}$$

آزمایش هیستوپاتولوژی

جهت تهیه نمونه‌ی هیستوپاتولوژی، کل زخم و مقداری از پوست اطراف آن توسط قیچی استریل برداشت شد و سپس

جدول ۱: معیار امتیازدهی لام‌ها با روش نیمه کمی (Gal و همکاران، ۲۰۰۸)

اسکور	اپیتلیزاسیون	سلول التهابی	فیبروبلاست	آنژیوژنز	کلاژن
۰	ضخیم شدن لبه‌های برش	عدم حضور	عدم حضور	عدم حضور	عدم حضور
۱	مهاجرت سلول‌های پوششی کمتر از ۵۰٪	خفیف (اطراف بافت)	خفیف (اطراف بافت)	خفیف (بافت زیرجلدی)	کمین (بافت گرانوله)
۲	مهاجرت سلول‌های پوششی بیشتر از ۵۰٪	خفیف (بافت گرانوله/ خط دماکاسیون)	خفیف (بافت گرانوله)	خفیف (بافت گرانوله)	خفیف (بافت گرانوله)
۳	پل زدن ناحیه برش	متوسط (بافت گرانوله/ خط دماکاسیون)	متوسط (بافت گرانوله)	متوسط (بافت گرانوله)	متوسط (بافت گرانوله)
۴	در حال شاخی شدن	برجسته (بافت گرانوله/ خط دماکاسیون)	برجسته (بافت گرانوله)	برجسته (بافت گرانوله)	برجسته (بافت گرانوله)

بر این اساس، امتیاز صفر به لام‌هایی داده شد که در آن‌ها لایه اپیدرم پوستی در لبه برش صورت نگرفته و صرفاً محدود به افزایش ضخامت در محل برش می‌شود و هیچ سلول التهابی، فیبروبلاست، آنژیوژنز و کلاژنی در آن‌ها مشاهده نشد. امتیاز یک به لام‌هایی داده شد که از نظر اپیتلیزاسیون، میزان مهاجرت سلول‌ها در آن‌ها کمتر از ۵۰٪ بود، سلول‌های التهابی به میزان کمی در بافت گرانوله و خط مرزی حضور داشتند و فیبروبلاست، آنژیوژنز و کلاژن به میزان کمی در بافت

در بافت پوششی مشاهده می‌شد، عروق‌زایی به میزان کمی در بافت زیرجلدی وجود داشت و کلاژن در کمترین میزان در بافت گرانوله حضور داشت. امتیاز دو به لام‌هایی داده شد که از نظر اپیتلیزاسیون، میزان مهاجرت سلول‌ها در آن‌ها بیشتر و مساوی ۵۰٪ بوده، سلول‌های التهابی به میزان کمی در بافت گرانوله و خط مرزی حضور داشتند و فیبروبلاست، آنژیوژنز و کلاژن به میزان کمی در بافت

گرفت و نتایج آزمایش‌های میکروبی با توزیع نرمال با آزمون ANOVA در سطح معنی‌داری $P > 0.05$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

بررسی هیستوپاتولوژی:

در بررسی هیستوپاتولوژی (شکل ۱-۳)، روند التیام و ترمیم زخم به روش «Gal و همکاران، ۲۰۰۸» در گروه‌های مختلف کنترل منفی، اوسرین، بزاق، جنتامایسین مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، فاکتورهای میزان فیبروپلازی، آنژیوژنز، میزان سلول‌های التهابی، اپیتلیزاسیون و تراکم و بلوغ رشته‌های کلاژن مورد بررسی شد. نتایج به دست آمده بر اساس میانه محاسبه و تغییرات در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱ و در جدول (۲) قابل مشاهده است.

جدول ۲: میانه داده‌های به دست آمده در روند تغییرات هیستوپاتولوژی بر اساس روش اماری Kruskal-Wallis در چهار گروه مورد بررسی در پارامترهای مورد بحث. حروف غیر همسان دارای اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ می‌باشند.

اپیتلیزاسیون			فیبروبلاست			آنژیوژنز			کلاژن			التهاب			پارامترهای هیستوپاتولوژیک
۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	۲۱	۱۴	۷	روزهای مطالعه
a _۱	a.	a.	a _۴	a _۴	a _۴	a _۱	a.	a.	a _۱	a./۵	a.	a _۴	a _۴	a.c _۴	کنترل
a.b.c _۳	a.b _۱	a.	a.b.c _۳	a.b _۴	a _۴	a _۲	a.b _۱	a.	a.c _۱	a.c _۱	a.b.	a _۳	a _۴	c _۴	اوسرین
c.a _۱	a.b _۱	a.	c.b _۲	b _۳	a _۳	a _۲	a.b _۱	a _۱	a.b.c _۲	a.b.c _۱	a.b _۱	b _۱	b _۱	b _۲	انتی بیوتیک
b _۳	b _{۱/۵}	a _۱	b _۱	a.b _۳	a _۴	a _۱	b _۲	a _۱	b _۳	b _۲	b _۲	b _۱	b _۲	a.b.c _۳	بزاق زالو

سایر گروه‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. بررسی میانه با سطح معناداری $P > 0.05$ ، آنژیوژنز در روز ۷ و ۲۱ پس از درمان در هیچ یک از گروه‌ها اختلاف معنی‌دار دیده نشد اما در روز ۱۴ پس از درمان اختلاف معنی‌دار در گروه بزاق زالو با گروه کنترل مشاهده شد. در بررسی میانه داده‌ها، فاکتور فیبروبلاست در روز ۷ پس از درمان در هیچ یک از گروه‌ها در سطح معنی‌داری $P > 0.05$ قرار نداشتند اما در روز ۱۴ پس از درمان اختلاف معنی‌دار تنها در گروه انتی بیوتیک با گروه کنترل، دارای اختلاف معنی‌دار بوده و سایر گروه‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. در روز ۲۱ پس از درمان اختلاف معنی‌دار در گروه بزاق زالو با گروه کنترل و همچنین گروه انتی بیوتیک با کنترل دیده شد و سایر گروه‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار $P > 0.05$ می‌باشند. در بررسی میانه داده‌ها، فاکتور اپیتلیزاسیون در روز ۷ پس از درمان در هیچ یک از گروه‌ها در سطح معنی‌داری

گرانوله دیده می‌شدند. امتیاز سه به لام‌هایی داده شد که لایه اپیدرم پوست برش را پوشش داده، سلول‌های التهابی به میزان متوسط در بافت گرانوله و خط مرزی دیده شده و فیبروبلاست، آنژیوژنز و کلاژن به میزان متوسط در بافت گرانوله حضور داشتند. امتیاز چهار به لام‌هایی داده شد که در آن‌ها شاخی شدن اپیتلیوم رخ داده بود، سلول‌های التهابی به شکل مشخص در بافت گرانوله و خط مرزی دیده شدند و فیبروبلاست، آنژیوژنز و کلاژن به میزان قابل ملاحظه‌ای در بافت گرانوله حضور داشت. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت. داده‌های هیستوپاتولوژی با توجه به توزیع غیر نرمال در پارامترهای اپیتلیزاسیون، فیبروپلازی، عروق‌زایی و حضور کلاژن در گروه‌های مورد مطالعه توسط آزمون Kruskal-Wallis در فاکتورهای مختلف ترمیم بین روزهای ۷ تا ۲۱ پس از درمان با سطح معنی‌داری $P > 0.05$ مورد ارزیابی قرار

فاکتورها با سطح معناداری $P > 0.05$ مورد بررسی قرار گرفتند. در بررسی فاکتور التهاب در روز ۷ پس از درمان تنها گروه کنترل با انتی بیوتیک و گروه اوسرین با انتی بیوتیک در سطح معنی‌داری $P > 0.05$ قرار داشتند و در سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نشد اما در روز ۱۴ علاوه بر اختلاف معنی‌دار در گروه‌های انتی بیوتیک با گروه کنترل و گروه اوسرین، گروه بزاق زالو نیز اختلاف معنی‌دار با کنترل و گروه اوسرین را نشان داد که همین اختلاف معنی‌دار در روز ۲۱ در بین گروه‌های ذکر شده دیده شد. در بررسی میانه داده‌ها، فاکتور کلاژن در روز ۷ پس از درمان تنها گروه کنترل با بزاق زالو در سطح معنی‌داری $P > 0.05$ قرار داشتند و در سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نشد اما در روز ۱۴ و روز ۲۱ پس از درمان علاوه بر اختلاف معنی‌دار در گروه بزاق زالو با گروه کنترل، گروه اوسرین با گروه بزاق زالو نیز دارای اختلاف معنی‌دار بوده و

محیط بلادآگار این محیط، صلاحیتی برای بررسی و اندازه‌گیری بار میکروبی در خصوص این باکتری ندارد و برای بررسی بار میکروبی صرفاً به نتایج حاصل شده از محیط SS آگار اکتفا کردیم. در محیط SS آگار در هر سه روز برای سنجش میزان بار میکروبی به دلیل عدم رشد باکتری در تعدادی از پلیت‌ها در رقت‌های ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱، از رقت ۰/۱ استفاده شد. میانگین تعداد باکتری‌ها در یک گرم از زخم (cfu/gr) در سه روز هفت، ۱۴ و ۲۱ در چهار گروه مورد مطالعه به شرح زیر در جدول (۳) و شکل (۴) و تعداد تام باکتری‌ها در یک گرم زخم (cfu/gr) در طول ۲۱ روز که حاصل جمع اعداد به دست آمده در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱ می‌باشد، در جدول (۴) و شکل (۵) قابل رویت است. با توجه به نمودار بررسی تعداد تام باکتری پروتئوس/میرابیلیس در طول ۲۱ روز، در گروه بزاق کمترین تعداد نسبت به سایر گروه‌ها دیده می‌شود و بین این گروه و گروه کنترل در سطح معناداری $P > 0.1$ اختلاف معناداری وجود دارد در حالی که هیچ اختلاف معناداری بین این گروه و گروه‌های اوسرین و آنتی‌بیوتیک یافت نشد.

جدول ۴: میانگین باکتری شمارش شده در یک گرم زخم در گروه‌های مورد بررسی در روزهای هفت، ۱۴ و ۲۱ در محیط SS آگار (در هر روز، بین گروه‌های با حروف غیر هم‌سان اختلاف معنادار وجود دارد و بین گروه‌هایی که حروف هم‌سان دارند اختلاف معنادار وجود ندارد).

Mean ± SD	جنتامایسین	اوسرین	کنترل	بزاق
روز هفتم	۴/۷۱ × ۱۰ ^۴ ± ۹۱/۵۹(a)	۵/۶۱ × ۱۰ ^۴ ± ۱۰۰/۵۸(a)	۵/۴۳ × ۱۰ ^۴ ± ۷۷/۰۰(a)	۳/۰۲۳ × ۱۰ ^۴ ± ۵۵/۱۳۹(b)
روز چهاردهم	۱۰ ^۲ × ۲/۳۴ ± ۰/۵۷۷(c)	۴/۹۳ × ۱۰ ^۳ ± ۱۲/۴۲(b)	۱/۵۶ × ۱۰ ^۳ ± ۵۲/۱(a)	۱/۴۳ × ۱۰ ^۳ ± ۲/۰۸(a)
روز بیست و یکم	۵/۶۶ × ۱۰ ^۴ ± ۳۸۵/۰۰(c)	۳/۵۷ × ۱۰ ^۴ ± ۹۴/۴۷(b)	۶/۵۸ × ۱۰ ^۴ ± ۷۸/۲۹۷(a)	۲/۹۹ × ۱۰ ^۴ ± ۸۷/۰۰(d)

جدول ۴: تعداد تام باکتری‌های پروتئوس/میرابیلیس شمارش شده در روند ۲۱ روزه مطالعه در یک گرم زخم (cfu/gr) در رقت ۰/۱ محیط کشت SS آگار بین گروه‌های غیر هم‌نام در سطح معناداری $P > 0.1$ اختلاف معنادار وجود دارد.

Total ± SD	جنتامایسین	اوسرین	کنترل	بزاق زالو
تعداد تام باکتری	۱/۰۴ × ۱۰ ^۵ ± ۳۹۵/۷۴ (a)	۹/۶۷ × ۱۰ ^۴ ± ۱۳۸/۵۵ (a)	۱/۲۱ × ۱۰ ^۵ ± ۳۰۷/۵۸ (a)	۶/۱۶ × ۱۰ ^۴ ± ۱۰۳/۰۲ (b)

ضد التهابی دارد و Alam و همکاران در سال ۲۰۱۶ دریافتند که برخی از ترکیبات بزاق زالو از تجمع لکوسیت‌ها در اطراف عروق جلوگیری می‌کند و سبب جلوگیری از

بحث

Abdisa و همکاران در سال ۲۰۱۸ دریافتند که برخی ترکیبات فعال زیستی موجود در بزاق زالو، دارای خواص

اوسرین وجود دارد و در مورد این پارامتر، بین این مطالعه و مطالعات پیشین هم‌سویی وجود دارد که بیانگر تسریع و پایداری ترمیم زخم در استفاده از بزاق زالو را به اثبات می‌رساند. ملک‌محمدی و همکاران در سال ۲۰۱۱ بیان کردند که از فیبروبلاست‌ها اصلی‌ترین سلول مستقر در بافت همبند هستند که سنتز و ترشح ترکیبات بافت همبند و مولکول‌های پیش‌ساز انواع مختلف کلاژن و فیبرهای الاستیک را برعهده دارند. Singh و همکاران در سال ۲۰۲۰ به این نتیجه رسیدند که کلاژنازاها و فیبرینازهای موجود در بزاق زالو منجر به کاهش تراکم بافت اسکار می‌شود و به کاهش فیبروبلاست‌های محل اسکار کمک می‌کند. در مطالعه‌ی انجام شده، با اینکه روند رو به کاهش در میزان فیبروبلاست در گروه درمانی با بزاق زالو مشاهده می‌شود اما بین مقدار این کاهش تنها در روز ۲۱ پس از درمان دارای اختلاف معنادار با گروه کنترل می‌باشد که می‌توان نتیجه گرفت کاهش میزان فیبروبلاست تحت تاثیر بزاق زالو با افزایش روزهای پس از درمان قابل توجه بوده و در نهایت احتمال کاهش تراکم بافت اسکار را بالا برده و تا حدودی با مطالعات فوق‌الذکر هم‌سویی دارد.

امانی و همکاران در سال ۲۰۲۱ و ۲۰۲۲ بیان کردند که ترکیبات موجود در بزاق زالو با سرعت بخشیدن به روند اپیتلیزاسیون و آنژیوژنز می‌تواند روند ترمیم زخم را سرعت بخشند و این ترکیبات با سرعت بخشیدن به روند ری‌اپیتلیزاسیون موجب تسریع ترمیم زخم می‌شوند. در مطالعه‌ی انجام شده، روند اپیتلیزاسیون در گروه درمانی با بزاق زالو نسبت در روزهای ۱۴ و ۲۱ پس از درمان با گروه کنترل دارای اختلاف معنا دار بوده و این اختلاف در روز ۲۱ بین گروه بزاق زالو با گروه انتی بیوتیک نیز معنا دار می‌باشد در پایان روز ۲۱ در بسیاری از لام‌های تهیه شده در گروه بزاق زالو نیز کراتینیزیشن مشاهده شد که با مطالعات پیشین هم‌سویی دارد.

Leibovich و Ross در سال ۱۹۷۵ بیان کردند که آنژیوژنز، به شکل‌گیری رگ‌های جدید اطلاق می‌شود که با وقوع هیپوکسی و تجمع اسید لاکتیک در بافت آغاز می‌شود و یکی از وقایع مهم در ترمیم زخم است. Di peppe و همکاران در سال ۲۰۰۲ بیان کردند که آنژیوژنز با افزایش خونرسانی در محل جراحی، اکسیژن بافت، تغذیه و رشد سلول‌ها را تامین می‌کند و ایسکمی را محدود می‌کند و

مزمین شدن زخم می‌شود. Sig و همکاران در سال ۲۰۱۷ دریافتند که آنتی‌ستاسین موجود در بزاق زالو دارای اثر مهارکنندگی بر روی سیستم کینین-کالیکرین می‌باشد که نقش مهمی در آبشار انعقادی و پاسخ‌های التهابی دارد. این ماده هم‌چنین مهارکننده قوی فاکتور Xa است که نقش مهمی در آبشار انعقادی دارد و منجر به فعال شدن پروترومبین می‌شود. Sig و همکاران در سال ۲۰۱۷ دریافتند که اگلین C موجود در بزاق زالو، مهارکننده‌ی کاتپسین G و الاستاز نوتروفیل انسانی است و موجب کاهش سطح رادیکال‌های آزاد اکسیژن موجود در نوتروفیل‌ها و در نتیجه کاهش التهاب بافت می‌شود؛ گوآمرین بزاق زالو منجر به مهار الاستاز لکوسیت‌ها می‌شود و پیگوآمرین خاصیت مهارتی روی کالیکرین و تریپسین دارد.

Amarprakash و همکاران در سال ۲۰۱۲ بیان داشت که بدلینس (Bdellins) بزاق زالو خاصیت ضدالتهابی دارد و روند ترمیم زخم‌های دیابتی را تسریع می‌کند. در مقایسه‌ی گروه‌های مورد مطالعه در مطالعه‌ی هیستوپاتولوژی، روند التهاب در گروه درمان شده با بزاق زالو دارای اختلاف معنادار با گروه ای کنترل و اوسرین در روز ۱۴ و ۲۱ پس از درمان می‌باشند که با مطالعات ذکر شده هم‌سویی دارد. از طرفی سطح معناداری داده‌ها نشان می‌دهد اگرچه گروه انتی بیوتیک نیز در روزهای هفت و ۱۴ و ۲۱ دارای اختلاف معنا دار با گروه‌های کنترل و اوسرین بوده اما بزاق زالو نیز به طور کاملاً هم‌سو دارای این سطح معنا داری در روزهای ۱۴ و ۲۱ می‌باشد و می‌تواند جایگزین مناسبی برای انتی بیوتیک جنتامایسین و کاهش عوامل اثرات سو آن باشد. Leibovich و Ross در سال ۱۹۷۵ بیان کردند که تغییر بافت گرانوله به اسکار شامل سازمان‌دهی مجدد و بلوغ فیبرهای کلاژن است. در زخم طبیعی روند ساخت و از بین رفتن کلاژن طی مدت سه هفته بعد آسیب صورت می‌پذیرد. جهانگیری و همکاران به این نتیجه رسیدند که زالودرمانی باعث القای تشکیل بافت گرانوله روی پوست و هم‌چنین منجر به القای کلاژن‌سازی می‌شود.

در مطالعه‌ی انجام شده، در روند ترمیم از روز هفت تا ۲۱ مشاهده شد که در لام‌های گروهی که با بزاق زالو درمان شدند، میزان تشکیل فیبرهای کلاژن با سطح اختلاف معنا دار در روز هفت، ۱۴ و ۲۱ در مقایسه با گروه‌های کنترل و

(حسینی و فیروزی، ۲۰۱۴). Sig. و همکاران در سال ۲۰۱۷ دریافتند که برخی ترکیبات موجود در بزاق زالو از جمله پپتید B، دستبیلاز، تروماسین و ترومازین خاصیت ضد میکروبی دارند. فرم دنا تورهی دستبیلاز به عنوان باکتریواستات وابسته به دوز در کنترل جمعیت باکتری‌هایی چون *اشریشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* عمل می‌کند (Graf و Indergand، ۲۰۰۰). رسولی و همکاران در سال ۱۳۹۸ به این نتیجه دست یافتند که ترکیبات موجود در بزاق زالو در کنترل رشد دو باکتری *اشریشیا کلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* در شرایط آزمایشگاهی موثر است. رفیعی و همکاران در سال ۱۴۰۱ ترکیبات ضد میکروبی موجود در بزاق زالو در کاهش بار میکروبی زخم‌های عفونی شده با *سودوموناس آئروژینوزا* موثر است. با توجه به خاصیت ضد میکروبی ترکیبات موجود در بزاق زالو که در پژوهش‌های گذشته به اثبات رسیده است، بررسی‌های میکروبی در این مطالعه نشان از کاهش بار میکروبی در درجه اول در گروه زالو و در درجه دوم در گروه آنتی‌بیوتیک جنتامایسین دارد. البته این کاهش بار میکروبی در گروه زالو تا روز هفت با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنادار بود و در روزهای ۱۴ و ۲۱ اختلاف معناداری بین این گروه و سایر گروه‌ها وجود نداشت. با توجه به اطلاعات به دست آمده و میزان باکتری در گروه آنتی‌بیوتیک در روز هفت، به نظر می‌رسد که آنتی‌بیوتیک جنتامایسین در کنترل و کاهش تعداد باکتری پروتئوس *میرابیلیس* مورد استفاده بی‌تاثیر بوده است و سویه‌ی مورد استفاده نسبت به این آنتی‌بیوتیک مقاومت نشان داده‌است. با این حال، در روز ۱۴، کاهش قابل ملاحظه‌ای در تعداد باکتری در گروه آنتی‌بیوتیک دیده می‌شود که با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنادار است اما به دلیل کاهش شدید میزان باکتری در تمامی گروه‌ها، احتمال می‌رود کاهش تعداد باکتری‌ها در روز ۱۴ در تمامی گروه‌ها به واسطه‌ی غلبه‌ی سیستم ایمنی میزبان به عفونت رقم خورده باشد. در روز ۲۱، بار میکروبی تمامی گروه‌ها به میزان زیادی افزایش یافته بود که احتمال می‌رود به دلیل برداشته شدن تاثیر غلبه ایمنی بدن با توجه به بسته شدن زخم اتفاق افتاده باشد. با توجه به روند کلی تغییرات میانگین تعداد باکتری‌ها در طول ۲۱ روز مشاهده شد که کاهش تعداد باکتری در گروه درمانی با بزاق زالو نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بوده است و این کاهش با گروه کنترل دارای اختلاف

موجب ترمیم جراحات می‌شود. امانی و همکاران در سال ۲۰۲۲ به این نتیجه رسیدند که ترکیبات موجود در بزاق زالو منجر به آنژیوژنز اولیه می‌شود و این خود به روند التیام زخم کمک می‌کند. در مطالعه‌ی انجام شده، در گروه درمانی با بزاق زالو، میزان آنژیوژنز در روز ۱۴ دارای سطح اختلاف معنی دار با گروه کنترل می‌باشد. این موضوع نشان‌دهنده‌ی برطرف شدن هیپوکسی بافت و محدود شدن ایسکمی محل جراحی و تزیع روند ترمیم می‌باشد. در روز ۲۱ نیز، کاهش آنژیوژنز در گروه درمانی بزاق زالو دیده شد اگرچه سطح معنی داری با سایر گروه‌ها نبود که نشان‌دهنده‌ی ترمیم بافت و بازگشت بافت آسیب دیده به شرایط نرمال می‌باشد که با مطالعات پیشین هم‌سویی دارد. به طور کلی، در بررسی هیستوپاتولوژی پارامترهای مورد نظر، با توجه به هم‌سویی نتایج به دست آمده در پارامترهای التهاب، ساخت کلاژن، اپیتلیزاسیون و آنژیوژنز با مطالعات پیشین می‌توان به این نتیجه رسید که می‌توان از بزاق زالو جهت تسریع و بهبود ترمیم زخم‌های عفونی شده با باکتری پروتئوس *میرابیلیس* استفاده کرد.

Bordoni و Herman در سال ۲۰۲۰ بیان کردند که زخم‌های عفونی به دسته زخم‌هایی اطلاق می‌شوند که معمولاً ناشی از مراقبت نادرست از زخم‌های تروماتیک هستند. زخم‌های این دسته، بافتی از بین رفته را نشان می‌دهند و معمولاً ناشی از میکروارگانیزم‌های موجود در احشاء سوراخ شده یا محل جراحی هستند. Cutting و Harding در سال ۱۹۹۴، علت تاخیر در روند ترمیم زخم را تولید توکسین‌ها و پروتئازها توسط باکتری‌های موجود در زخم خواندند. Singh و همکاران در سال ۲۰۱۱ و Bessa و همکاران در سال ۲۰۱۵ دریافتند که باکتری‌ها از شایع‌ترین علل عفونت‌های زخم می‌باشند و اغلب، گونه‌های باکتریایی *استافیلوکوکوس اورئوس* (۳۷٪) و پس از آن *سودوموناس آئروژینوزا* (۱۷٪)، پروتئوس *میرابیلیس* (۱۰٪)، *اشریشیا کلی* (۶٪) و گونه‌های کورینه باکتریوم (۵٪) در ایجاد زخم‌های عفونی دخیل هستند. باکتری پروتئوس *میرابیلیس* یک باسیل گرم منفی و عضوی از خانواده باکتریایی انتروباکتریاسه می‌باشد. این باکتری به صورت نرمال جز فلور طبیعی روده انسان و جانداران است، به فراوانی در محیط زیست یافت می‌شود و به صورت یک پاتوژن فرصت طلب در عفونی کردن زخم‌ها نقش دارد

نتیجه گیری

با توجه به اینکه مقاومت بالایی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌های رایج موجود در بازار به دلیل انتقال ژن مقاوم پلازمید در باکتری پروتئوس میرابیلیس دیده می‌شود و همچنین با توجه به خواص ضدالتهابی و ضد میکروبی ترکیبات موجود در بزاق زالو پیشنهاد می‌شود از بزاق زالو در کنار آنتی‌بیوتیک مناسب (پس از انجام تست آنتی‌بیوگرام) جهت التیام و کنترل بار عفونی و کمک به تسریع و بهبود روند ترمیم زخم‌های جلدی عفونی‌شده باکتری پروتئوس میرابیلیس استفاده شود.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

معنادار بود. در بررسی تعداد تام بار میکروبی در طول ۲۱ روز، با اینکه بین گروه بزاق و گروه‌های آنتی‌بیوتیک و اوسرین اختلاف معناداری وجود نداشت اما اختلالی در روند ترمیم زخم در گروه درمانی با بزاق زالو ایجاد نشد و با توجه به کاهش قابل توجه تعداد باکتری‌ها در گروه بزاق در روز هفت نسبت به سایر گروه‌ها و همچنین تفاوت مشهود تعداد تام باکتری در طول ۲۱ روز در گروه بزاق با گروه کنترل، می‌توان به این نتیجه رسید که بزاق زالو در کنترل بار میکروبی زخم‌های عفونی‌شده با پروتئوس میرابیلیس به صورت کوتاه‌مدت موثر است و می‌تواند جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌های رایج باشد و در مصرف طولانی‌مدت نیز می‌تواند تا حدودی در کنترل بار میکروبی کمک‌کننده باشد.

منابع

1. Abdisa T. Review on therapeutic importance of Leech and its impact in domestic animals. *MOJ Drug Des Develop Ther.* 2018;2(6):235-242. DOI: 10.15406/mojddt.2018.02.00068
2. Abdualkader AM, Merzouk A, Ghawi AM, Alaama M. Some biological activities of Malaysian leech saliva extract. *IJUM Engineering Journal.* 2011 Dec 29;12(4). doi: <https://doi.org/10.31436/iiumej.v12i4.156>
3. Abdualkader AM, Ghawi AM, Alaama M, Awang M, Merzouk A. Leech therapeutic applications. *Indian journal of pharmaceutical sciences.* 2013;75(2):127-137.
4. Abdullah S, Dar LM, Rashid A, Tewari A. Hirudotherapy/leech therapy: applications and indications in surgery. *Arch Clin Exp Surg.* 2012 Jan 1;1(3):172-80. doi: 10.5455/aces.20120402072447
5. Aiello SE, Moses MA, Allen DG, editors. *The Merck veterinary manual.* White Station, NJ, USA: Merck & Company, Incorporated; 2016 Nov.
6. Amani L, Fadaei F, Shams Ardakani M, Mirabzadeh Ardakani M, Shirbeigi L. Treatment of Diabetic Foot Ulcer (DFU) with Pharmaceutical Product using *Hirudo orientalis*: A Case Report. *Journal of Advances in Medical and Biomedical Research.* 2020 Jul 10;28(129):225-9. doi: <http://dx.doi.org/10.30699/jambs.28.129.225>
7. Amani L, Motamed N, Ardakani MM, Shasaltaneh MD, Malek M, Shamsa F, Fatemi E, Amin M. Semi-solid product of medicinal leech enhances wound healing in rats. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products.* 2021 Nov 30;16(4). doi: <https://doi.org/10.5812/jjnpp.113910>
8. Armbruster CE, Smith SN, Johnson AO, DeOrnellas V, Eaton KA, Yep A, Mody L, Wu W, Mobley HL. The pathogenic potential of *Proteus mirabilis* is enhanced by other uropathogens during polymicrobial urinary tract infection. *Infection and immunity.* 2017 Feb;85(2):10-128. doi: <https://doi.org/10.1128/iai.00808-16>
9. Bessa LJ, Fazii P, Di Giulio M, Cellini L. Bacterial isolates from infected wounds and their antibiotic susceptibility pattern: some remarks about wound infection. *International Wound Journal.* 2015 Feb;12(1):47-52. doi: <https://doi.org/10.1111/iwj.12049>
10. Clarke CE. Medical therapeutics derived from leeches (phy. Annelida; cl. Hirudinea). *Muse Journal.* 2016;3(1):211-223. doi: <https://doi.org/10.31542/j.muse.297>
11. Cutting KF, Harding KG. Criteria for identifying wound infection. *Journal of Wound Care.* 1994 Jun 2;3(4):198-201. doi: <https://doi.org/10.12968/jowc.1994.3.4.198>
12. Das BK. An overview on hirudotherapy/leech therapy. *Indian Research Journal of Pharmaceutical Sciences.* 2014 Jun;1(1):34.
13. Eldor A, Orevi M, Rigbi MJ. The role of the leech in medical therapeutics. *Blood Reviews.* 1996 Dec 1;10(4):201-9. doi: [https://doi.org/10.1016/S0268-960X\(96\)90000-4](https://doi.org/10.1016/S0268-960X(96)90000-4)
14. Enoch S, Leaper DJ. Basic science of wound healing. *Surgery (Oxford).* 2008 Feb 1;26(2):31-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2007.11.005>
15. Gal P, Kilik R, Mokry M, Vidinsky B, Vasilenko T, Mozes S, Bobrov N, Tomori Z, Bober J, Lenhardt L. Simple method of open skin wound healing model in corticosteroid-treated and diabetic rats: standardization of semi-quantitative and quantitative histological assessments. *Veterinary Medicine.* 2008 Dec 31;53(12):652-9. doi: 10.17221/1973-VETMED
16. Garivani B. Investigating the effect of leech saliva on osteomyelitis induced by Kirschner wire and methicillin-

- resistant *Staphylococcus aureus* in rat tibia bone. Veterinary Professional Doctoral Thesis No. 89, Semnan University, Semnan. 2018.
17. Hasani Tabatabai A, Firouzi R. Bacterial diseases of livestock (4th ed). Tehran University Press, Tehran. (in Persian) 2014.
 18. Herman TF, Bordoni B. Wound classification; 2020.
 19. Indergand S, Graf J. Ingested blood contributes to the specificity of the symbiosis of *Aeromonas veronii* biovar *sobria* and *Hirudo medicinalis*, the medicinal leech. *Applied and Environmental Microbiology*. 2000 Nov 1;66(11):4735-41. doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.66.11.4735-4741.2000>
 20. Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Aster JC. Robbins and Cotran pathologic basis of disease, professional edition e-book. Elsevier Health Sciences; 2005.
 21. Leibovich SJ, Ross R. The role of the macrophage in wound repair. A study with hydrocortisone and antimacrophage serum. *The American Journal of Pathology*. 1975 Jan;78(1):71.
 22. Nikrou B, Naeimi S, Rassouli M, Ghaffari Khaligh S. The healing of wounds infected with *Staphylococcus aureus* is accelerated by leech saliva ointment. *Iranian Journal of Veterinary Surgery*. 2024. doi: <https://doi.org/10.30500/ivsa.2024.467335.1411>
 23. Norouzian A, Habibi Gh, Fariver M. Wound management in large animals. Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran. (in Persian) 1991.
 24. Nutt EM, Jain D, Lenny AB, Schaffer L, Siegl PK, Dunwiddie CT. Purification and characterization of recombinant antistasin: a leech-derived inhibitor of coagulation factor Xa. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1991 Feb 15;285(1):37-44. doi: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(91\)90325-D](https://doi.org/10.1016/0003-9861(91)90325-D)
 25. Rafiei A. Investigating the effect of leech saliva on the healing of open skin wounds with *Pseudomonas aeruginosa* bacteria in rats. Veterinary Professional Doctoral Thesis No. 175, Semnan University, Semnan. (in Persian) 2022.
 26. Rasooli M, Estaji H, Beykha M, Maddah S, Raeisian B, Moshtaghi A, Roozbeh M. The effect of leech saliva (*Hirudo medicinalis*) on the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in laboratory conditions. *Iranian Journal of Infectious Diseases and Tropical Medicine*. 2019;24(87):51-55. (In Persian) Available: <https://sid.ir/paper/398030/fa>
 27. Rigbi M, Orevi M, Eldor A. Platelet aggregation and coagulation inhibitors in leech saliva and their roles in leech therapy. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. 1996 Jun;22(3):273-278. doi: 10.1055/s-2007-999019
 28. Romano Di Peppe S, Mangoni A, Zambruno G, Spinetti G, Melillo G, Napolitano M, Capogrossi MC. Adenovirus-mediated VEGF165 gene transfer enhances wound healing by promoting angiogenesis in CD1 diabetic mice. *Gene Therapy*. 2002 Oct;9(19):1271-7. doi: <https://doi.org/10.1038/sj.gt.3301798>
 29. Różalski A, Torzewska A, Moryl M, Iwona K, Agnieszka M, Kinga O, Drzewiecka D, Zabłotni A, Palusiak A, Siwinska M, Paweł S. *Proteus* sp.—an opportunistic bacterial pathogen—classification, swarming growth, clinical significance, and virulence factors. *Folia Biologica*. 2012;8(1):1-17. doi: 10.2478/fobio-2013-
 30. Sig AK, Guney M, Guclu AU, Ozmen E. Medicinal leech therapy—an overall perspective. *Integrative Medicine Research*. 2017 Dec 1;6(4):337-43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.imr.2017.08.001>
 31. Singh AP. Medicinal leech therapy (hirudotherapy): a brief overview. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2010 Nov 1;16(4):213-5. doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2009.11.005>
32. Singh K, Anderson E, Harper JG. Overview and management of sternal wound infection. *Seminars in Plastic Surgery*. 2011 Feb;25(1):25–33. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275168>
33. Stickler DJ. Susceptibility of antibiotic-resistant Gram-negative bacteria to biocides: a perspective from the study of catheter biofilms. *Journal of Applied Microbiology*. 2002 May 1;92(s1):163S-70S. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.92.5s1.6.x>
34. Tasiemski A. Antimicrobial peptides in annelids. *Invertebrate Survival Journal*. 2008 Jun 11;5(1):75-82.
35. Tasiemski A, Vandenbulcke F, Mitta G, Lemoine J, Lefebvre C, Sautiere PE, Salzet M. Molecular characterization of two novel antibacterial peptides inducible upon bacterial challenge in an annelid, the leech *Theromyzon tessulatum*. *Journal of Biological Chemistry*. 2004 Jul 23;279(30):30973-82. doi:
- <https://doi.org/10.1074/jbc.M312156200>
36. Thakur R, Jain N, Pathak R, Sandhu SS. Practices in wound healing studies of plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2011 Oct;2011. doi: [10.1155/2011/438056](https://doi.org/10.1155/2011/438056)
37. Wollina U, Heinig B, Nowak A. Medical leech therapy (Hirudotherapy). *Our Dermatology Online/Nasza Dermatologia Online*. 2016 Jan 1;7(1). doi: [10.7241/ourd.20161.24](https://doi.org/10.7241/ourd.20161.24)
38. Zaidi SM, Jameel SS, Zaman F, Jilani S, Sultana A, Khan SA. A systematic overview of the medicinal importance of sanguivorous leeches. *Alternative Medicine Review*. 2011 Mar 1;16(1):59-65.
39. Zavalova LL, Artamonova II, Berezhnoy SN, Tagaev AA, Baskova IP, Andersen J, Roepstorff P, Egorov TA. Multiple forms of medicinal leech destabilase-lysozyme. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2003 Jun 20;306(1):318-23. doi: [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(03\)00896-9](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(03)00896-9)

Abstracts in English

Evaluation of leech salivation on infectious opened-wound healing with *Proteus mirabilis* in rat

Seyedeh Shaghayegh Zenozadeh¹, Sahar GhaffariKhaligh^{2*}, Hamid Estaji², Hamidreza Moslemi³

1. Doctor of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

2. Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

3. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

s_ghaffari@semnsn.ac.ir*

Background: Infection control and improvement of the wound healing process are of great importance. Leech saliva has anti-inflammatory, antimicrobial, and restorative properties, so it can be a good alternative to common antibiotics resistant to many bacteria.

Objectives: This study aimed to investigate the effect of leech saliva on the healing process of an open skin wound infected by *Proteus mirabilis* by examining histopathological and microbiological changes.

Methods: After preparing leech saliva, a 5 percent leech ointment (95 grams of Eucerin, 5 grams of leech saliva) was made, and 60 male Wistar rats were prepared and divided into 4 groups. A wound with a 1.5cm diameter was created by a biopsy punch in the posterior area between the two scapulae skin of each rat. Then, it was infected by inoculation of 10^6 cfu of bacteria. Then, the groups were treated separately with gentamicin ointment, Eucerin, and leech ointment. One group didn't receive any medication as a control. Ointments were renewed every other day for up to 21 days. For microbial and histopathological investigations, sterile samples were taken randomly from 5 rats on days 7, 14, and 21 after euthanizing.

Results: In the microbial investigation of the total number of bacteria during 21days, the bacterial population in the group treated with leech saliva was less than the other groups, which had a significant difference with the control group, and specifically, the difference in the number of bacteria on the seventh day was significant with the other groups. In the examination of pathology sections, including the examination of collagen, epithelization, fibroblast density, and the amount of inflammation and angiogenesis, there was a significant difference between the treatment group with leech saliva and the control group in inflammation, epithelization, and collagen production, and no significant difference was observed between the leech and gentamicin groups in most of the parameters, except for the epithelizing factor, which had a significant difference on the 21st day of treatment.

Conclusions: This research aims to investigate leech saliva's effect in controlling inflammation and accelerating healing in infected wounds with *Proteus mirabilis* bacteria. The findings of this study show that leech saliva causes collagen production and increases the speed of the epithelialization process. Also, due to its antimicrobial properties, leech saliva can control the *Proteus mirabilis* bacterial population and can be a suitable substitute for antibiotics in short-term use. According to the discussion of antibiotic resistance regarding this bacterium, leech saliva can be used with appropriate antibiotics to control and accelerate the process of infected wounds, especially wounds infected with *Proteus mirabilis*.

Keywords: Histopathology, Leech saliva, Microbiology, Open infectious wound, *Proteus mirabilis*.

Contents

Applied Anatomy of the Vertebral Column in Small Animals	16
Molecular, Cellular And Pathological Changes in Intervertebral Disc Disease in Dogs	30
Neuroanesthesia and Pain Management in Small Animal Spinal Surgery	40
Surgical Approaches for the Management of Intervertebral Disc Disease in Small Animals	73
Spinal Stabilization Techniques in Small Animals	95
Novel Approaches in the Treatment of Vertebral Column Disorders in Small Animals	108
Complications in Small Animal Spinal Surgery	127
Surgical Management of Congenital Vertebral Malformations in Small Animals	134
Diagnostic and Therapeutic Challenges of Spinal Cord Tumors in Dogs	147
Effect of Various Topical Therapies on Intraocular Pressure in a Rat Model	154
Assessment of The Effects of Parsley (<i>Petroselinum Sativum</i>) Ethanolic Extract	171
Evaluation of Leech Salivation on Infectious Opened-Wound Healing with <i>Proteus Mirabilis</i>	185

Eltiam

Small Animal Vertebral Surgery, Challenges and Developments

Print ISSN: 2423-5695
Electronic-ISSN: 27833291

Publisher: Iranian Veterinary Surgery Association (IVSA)

Editor-in-Chief: Ahmadreza Mohamadnia

Guest Editor: Mohammad Mahdi Dehghan

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

Manager: Marzieh Faezi

Editorial Board

Baharak Akhtardanesh (Prof. of Small Animal Internal Medicine, Shahid Bahonar University of Kerman)

Azin Tavakoli (Assoc.Prof. Veterinary Surgery, Islamic Azad University, Garmsar)

Mohammad Mehdi Dehghan (Prof. Veterinary Surgery, University of Tehran)

Aboutorab Tabatabai Naini (Prof. Veterinary Surgery, Siraz University)

Mohamad Mehdi Oloumi (Prof. Veterinary Surgery, Shahid Bahonar University of Kerman)

Seyed Mehdi Ghamsari (Prof. Veterinary Surgery, University of Tehran)

Ahmadreza Mohamadnia (Assoc.prof. Veterinary Surgery, Ferdowsi University of Mashhad)

Iradj Nowrouzian (Prof. Veterinary Surgery, University of Tehran)

Postal Address: Asian Highway, Opposite to Razavi Hospital, Faculty of Veterinary Medicine

Teaching Hospital, Secretariat of IVSA, Mashhad, Iran

PostalCode: 9187195786

Phone: 0098-5136579430

Fax: 0098-5136579430

Website: www.eltiamjournal.ir

Email Address: eltiam.ivsa@yahoo.com

Eltiam

(Iranian Veterinary Surgery Association Journal)

ISSN 2423-5695

Electronic-ISSN: 27833291

Volume 12. Issue 1. 2025

Next Issue: Bovine Claw horn lesions
Guest Editor: Ahmadreza Mohamadnia

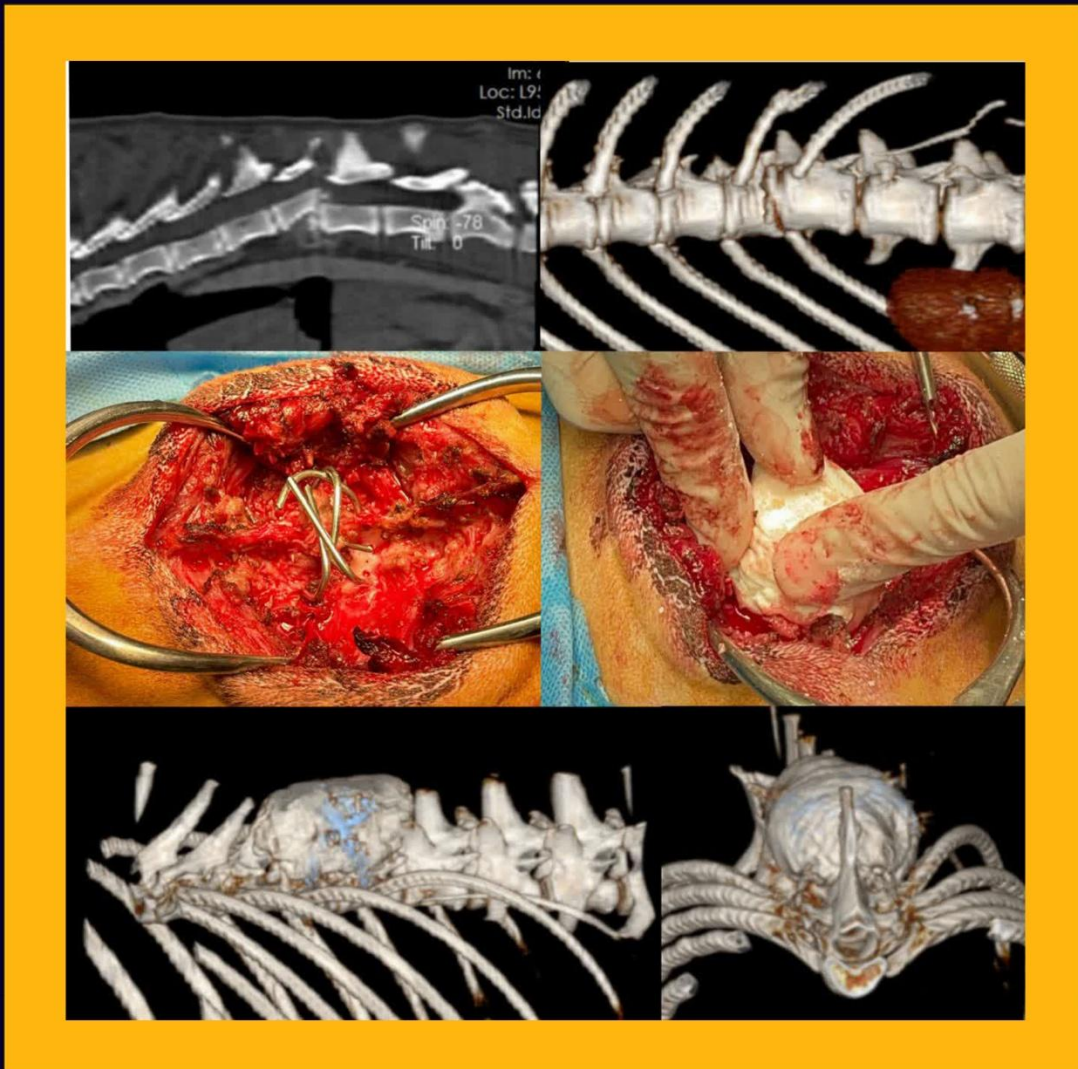
Eltiam



Small Animal Vertebral Surgery, Challenges and Developments

Guest Editor

Mohamad Mahdi Dehghan (D.V.M., DVSc.)



Volume 12, Issue 1, 2025