التیام، دوره ۱۲، شماره ۱: ۹۵-۷۴، ۱۴۰۴
Eltiam 12 (1): 74-95, 2025

التیام
شاپا الکترونیکی:۲۷۸۳۳۲۹۱
eltiam.ivsa@yahoo.com
http://eltiamjournal.ir/

مقاله مروری

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

حسین کاظمی مهرجردی[1*]، خسرو صفری نیکرو[1]

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 جاانداری 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 آناتومیکی 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 پلی‌متیل‌متاکریلات 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.

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

مقدمه

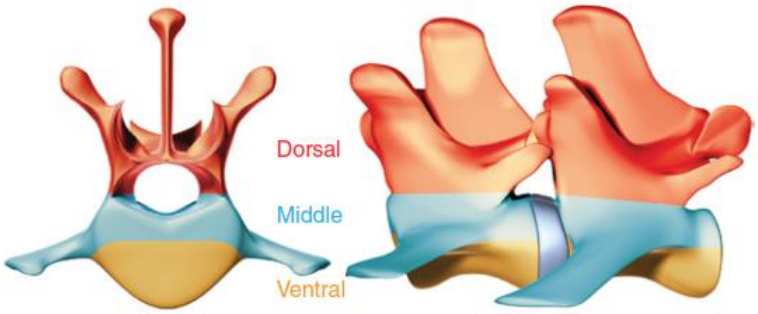
شکستگی‌ها و دررفتگی‌های ستون فقرات به دلیل تنوع در محل، شدت بی‌ثباتی و ضایعات مختلف مرتبط با محل آسیب چالش منحصر به فردی را ایجاد می‌کنند. اغلب شکستگی‌ها به همراه دررفتگی، بیرون‌زدگی دیسک ناشی از ضربه و سایر آسیب‌های سیستمیک رخ می‌دهند. به همین دلیل اتخاذ تصمیمات دقیق درمانی بر پایه تصویربرداری پیشرفته، رعایت اصول استاندارد جراحی و انتخاب درست ایمپلنت‌ها اهمیت زیادی دارد تا بهترین و 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 جزییات 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،

بخش پشتی آنولوس دیسک و بخش پشتی بدنه مهره‌ها می‌شود. در نهایت، کمپارتمان شکمی شامل سایر قسمت‌های بدنه مهره، نوکلئوس پولپوزوس، بخش باقی‌مانده آنولوس و لیگامان طولی شکمی است. این تقسیم‌بندی به ارزیابی میزان بی‌ثباتی آسیب و انتخاب روش درمانی مناسب کمک زیادی می‌کند. اگر دو یا بیش از دو کمپارتمان ستون فقرات آسیب‌دیده باشند، ضایعه به عنوان بی‌ثبات در نظر گرفته می‌شود و معمولاً نیاز به تثبیت و حمایت بیشتر خواهد داشت (تصویر ۱). البته این ارزیابی تنها بر پایه تقسیم‌بندی سه‌کمپارتمانی انجام نمی‌شود و عوامل دیگری مانند وضعیت عصبی بیمار، مدت زمانی که از حادثه گذشته، وجود سایر آسیب‌های همزمان و نتایج تصویربرداری هم باید حتماً در تصمیم‌گیری نهایی لحاظ شوند (۲).



تصویر ۱. تصویری از سه بخش موجود در مهره‌های کمری. بخش پشتی با رنگ قرمز شامل زوائد خاری، ساختارهای لیگامانی پشتی، لامینا، فاست‌های مفصلی و پدیکل‌ها است. بخش میانی با رنگ آبی شامل لیگامان طولی پشتی، قسمت پشتی آنولوس فیبروزوس، کف کانال نخاعی و زوائد عرضی می‌باشد. 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

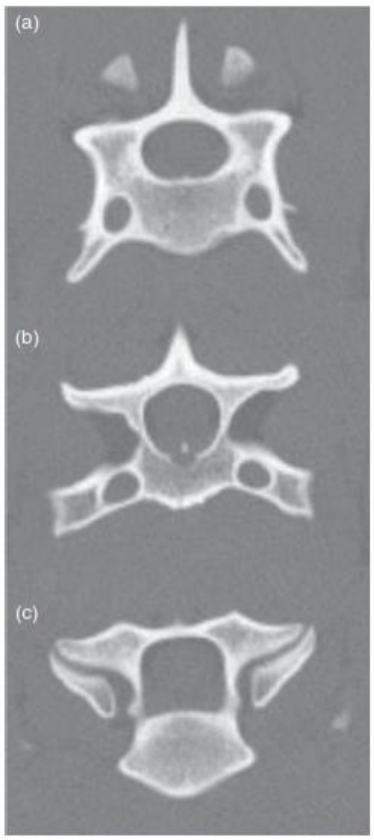
در برخی موارد لازم است برای درمان فشار واردشده توسط هماتوم‌ها، بیرون‌زدگی‌های دیسک ناشی از ضربه، یا قطعات جابه‌جاشده استخوانی به کانال نخاعی دسترسی پیدا کرد. نوع روش جراحی بستگی به محل فشاری دارد که ایجاد شده است (۱). برای تصمیم‌گیری درباره نیاز به رفع فشار همزمان با تثبیت مهره‌ها، تصویربرداری مقطعی با ام‌آرآی و سی‌تی اسکن مطمئن‌ترین راه تشخیص است و به تیم درمان کمک می‌کند تا دقیق‌ترین برنامه درمانی را براساس شرایط بیمار انتخاب کنند (۲). برای ستون مهره گردنی، می‌توان از روش شکاف شکمی (Ventral slot) استفاده کرد، اما این روش میزان محدودی از کانال مهره‌ای را نمایان می‌کند. در بعضی موارد ممکن است لازم باشد لمینکتومی پشتی به صورت جداگانه انجام شود، اما این تصمیم باید بااحتیاط گرفته شود زیرا مستلزم یک جراحی سنگین و دوم است (۱). برای آسیب‌های ناحیه سینه‌ای-کمری، معمولاً در صورتی که فشار در بخش شکمی یا شکمی‌جانبی قرار داشته باشد، همی‌لمینکتومی، مینی همی‌لمینکتومی (با حفظ زواید مفصلی)، یا پدیکولکتومی جزئی (Partial pediculectomy) همراه با تثبیت ستون مهره‌ها انجام می‌شود (۱). شکستگی‌ها و دررفتگی‌های کمری- خاجی معمولاً از طریق لمینکتومی پشتی همراه با حفظ زواید مفصلی قابل رفع فشار هستند و چون جااندازی این آسیب‌ها 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 جابه‌جایی مهره‌ها رخ داده است، اگرچه رسیدن به هم‌راستایی کامل و آناتومیک ایده‌آل‌ترین نتیجه محسوب می‌شود، اما به دلیل ماهیت مزمن یا شدت آسیب ممکن است دستیابی به این هدف همیشه ممکن نباشد. حتی در این شرایط، تثبیت ستون مهره‌ای با وجود آن که هم‌راستایی ایده‌آل به دست نیامده، همچنان می‌تولند سودمند واقع شود و باید انجام شود. ترکیب تثبیت مهره‌ای همراه با رفع فشار از نخاع، بستر مناسبی را برای بهبود عملکرد نخاع فراهم می‌کند، از پیشرفت آسیب جلوگیری می‌نماید و به حفظ پایداری بلندمدت ستون فقرات پس از جراحی کمک شایانی می‌کند (۲).

آسیب‌های گردنی

شکستگی‌ها یا دررفتگی‌های مهره‌های گردنی معمولاً نیازمند نیروی زیادی هستند، زیرا عضلات اطراف این ناحیه تا حدی در هنگام تروما نقش محافظتی دارند. رایج‌ترین علت نیاز به تثبیت مهره‌های گردنی، شکستگی‌های ناپایدار بدنه مهره است (۱).

ملاحظات آناتومیکی

آناتومی ستون مهره‌های گردنی برای تثبیتی محکم همیشه چالش‌برانگیز 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 به‌منظور 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 به‌طور 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 به‌صورت 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).



تصویر۲. 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 به‌طور قابل‌توجهی 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 قابل‌توجهی باعث کاهش ایجاد آرتیفکت در ام‌آرآی شده و به عنوان فلز ترجیحی در ابزارهای جراحی مهره، صرف‌نظر از اینکه این ابزارها پیچ‌های آلیاژ تیتانیوم همراه با پلی‌متیل متاکریلات باشند یا سیستم‌های پلیت، شناخته می‌شوند (۲, ۱۴).

آماده‌سازی بیمار و دسترسی به ستون فقرات گردنی

حالت‌گماری دقیق سگ بیهوش شده به پشت و قرار دادن ستون مهره گردنی در حالت نسبتاً کشیده، به تطابق و جاانداری 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 استرنوسفالیکوس 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).

جاانداری

به چند روش می‌توان مهره‌های گردنی ناپایدار را جاانداخت. فورسپس‌های جاانداری 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 جاانداری استخوان استفاده شوند. همچنین، در

سگ‌های نژاد کوچک گاهی فقط با استفاده از پنس دستی می‌توان جااندازی 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 خلفی‌شکمی/ قدامی‌پشتی زاویه‌دار است، وارد شود. معمولاً برای سگ‌های متوسط تا بزرگ از پیچ‌های کورتیکال ۳/۵ میلی‌متری و برای سگ‌های 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 (Nonself-tapping 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).

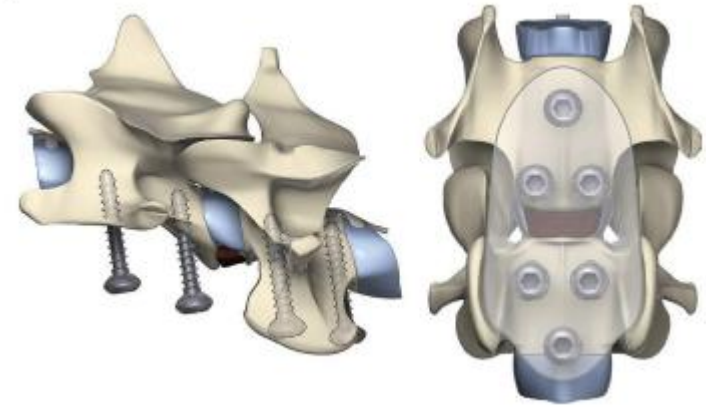
تصویر ۳. عکس مربوط به پوزیشن سگ برای انجام دیسترکشن و تثبیت ناحیه گردنی.

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 دپس 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 ضروری است. عمق سوراخ توسط دپس گیج اندازه‌گیری شده و برای انتخاب طول پیچ مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طول اندازه‌گیری‌شده 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

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.

ضخامت این پوشش باید حدود ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر باشد. بیشتر از این سطح، به‌ویژه بالاتر از سطح عضله لانگوس کولی توصیه نمی‌شود، زیرا سیمان بیرون‌زده 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 پلی‌متیل متاکریلات در تثبیت مهره‌های گردنی. پیچها به موازات جهت صفحه انتهایی مهره قرار می‌گیرند تا از تداخل با فضای دیسک جلوگیری شود (۲).

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 زودهنگام 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 تک کورتکسی 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 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 بین‌مهره‌ای 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

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 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).

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

پلیت‌های SOP

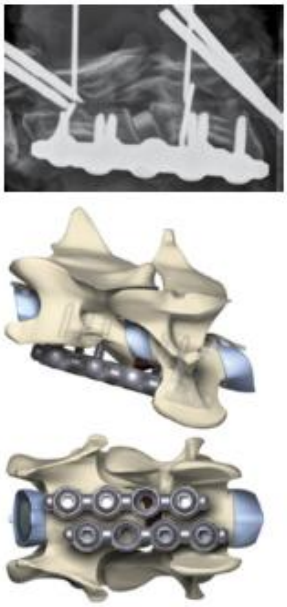
به دلیل هسته گرد خود، پلیت SOP قابلیت شکل گرفتن در هر جهت را دارد و همین مسئله آن را به یک ایمپلنت همه‌کاره تبدیل می‌کند. با این حال، با هر بار شکل دادن، مسیر پیچ‌ها به‌ویژه در انتهای پلیت تغییر می‌کند. با پلیت SOP می‌توان چندین بدنه مهره را تثبیت کرد و حتی می‌توان دو پلیت SOP را کنار هم قرار داد تا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

پلیت‌های LCP

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 سرِ رزوه‌دار پیچ‌های قفل‌شونده در آن‌ها قفل می‌شود. گایدهای دریل رزوه‌دار اختصاصی برای اطمینان از موقعیت صحیح سوراخ دریل و جلوگیری از درگیری نامناسب رزوه‌ها لازم است. 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).

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).



تصویر۶. تصاویر استفاده از دو پلیت String of Pearls (SOP) برای تثبیت ستون فقرات گردنی (۲).

سایر تکنیک‌ها

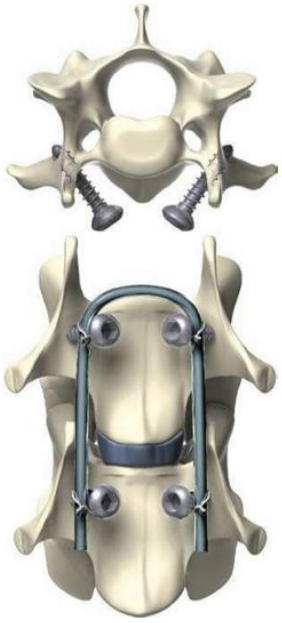
به عنوان یک گزینه جایگزین یا مکمل برای تثبیت بدنه‌های مهره‌ای با روش پیچ تک‌کورتکسی/ پلی‌متیل متاکریلات، می‌توان از پیچ‌های دوکورتکسی در ناحیه زائده‌های عرضی ستون فقرات گردنی استفاده کرد (شکل ۷). در سگ‌های نژاد متوسط تا بزرگ، پیچ‌های کورتیکال ۳/۵ میلی‌متری به صورت دوطرفه به گونه‌ای قرار می‌گیرند که عمود 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 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 به‌دلیل پایداری ذاتی و حفاظت ناشی از عضلات اندام‌های قدامی و قفسه سینه، نادر است. بازوی اهرمی طبیعی ستون کمری در مقابل ستون سینه‌ای کم‌تحرک، 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. زوائد مفصلی در مهره‌های سینه‌ای قدامی کمتر متمایز هستند و مفصل شدن سر دنده‌ها، بخشی از لامینا را می‌پوشاند و دسترسی به تنه مهره را سخت کند. 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 زوائد مفصلی، عرضی و فرعی کاملاً متمایزی هستند که به‌عنوان نقاط راهنما برای قرار دادن ایمپلنت مفید خواهند بود (۱).



تصویر ۷. تصویری از روش تثبیت با کارگذاری پیچ در زوائد عرضی به‌صورت دوکورتکسی همراه با پلی‌متیل 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 پلی‌متیل متاکریلات قرار داده می‌شود.

زاویه‌های مناسب برای قرار دادن ایمپلنت‌ها بسته به اینکه کدام قسمت ستون مهره‌ای آسیب دیده، متفاوت است (این زوایا در جدول ۱ آورده شده‌اند). توصیه می‌شود که با استفاده از تصاویر تخصصی مانند سی‌تی اسکن، بهترین زاویه و عمق لازم برای قرار دادن ایمپلنت‌ها قبل از جراحی اندازه‌گیری و تعیین شود (۲, ۳). اگرچه بر اساس مطالعات تصویربرداری، زاویه ورود بیشتر (حدود ۶۰ درجه نسبت به خط عمودی) در مهره‌های کمری بیشترین تماس بین پیچ و استخوان را ایجاد می‌کند، اما رسیدن به این زاویه با تکنیک جراحی باز به دلیل مزاحمت بافت‌های نرم دشوار است. به همین دلیل، در عمل معمولاً زاویه ورود پیچ‌ها برای تطبیق با وضعیت عضلات به ۳۰ تا ۴۵ درجه کاهش پیدا می‌کند، بدون اینکه درگیری استخوانی به طور قابل توجهی کاهش یابد (۱).

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

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

حالت‌گماری و رهیافت جراحی

برای رهیافت استاندارد پشتی ستون فقرات، معمولاً بیمار را روی شکم (حالت جناغی) می‌خوابانند. برای اینکه بدن بیمار در وضعیت مناسب و ثابت باقی بماند و بتوان ایمپلنت‌ها را با زاویه‌های درست قرار داد، از چسب، کیسه‌های شنی یا کیسه‌های بین استفاده می‌شود. در تثبیت‌های دوطرفه باید عضلات دو طرف کمر کنار زده شوند و زوائد عرضی مهره‌ها و یا سر دنده‌ها دیده شوند. برای این که قسمت پشتی ستون مهره‌ای حداکثر پایداری را داشته باشد، بهتر است رباط بین مهره‌ای پشتی دست‌نخورده 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).

جااندازی

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 جاافتادن قطعات آسیب‌دیده شود. ابزارهایی همچون فورسپس استخوانی نوک‌تیز یا پنس شان‌گیر که روی زائده‌های خاری مهره‌ها قرار می‌گیرند، می‌توانند باعث جاانداختن 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 دوکورتکس 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). در 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 سررزوه 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.

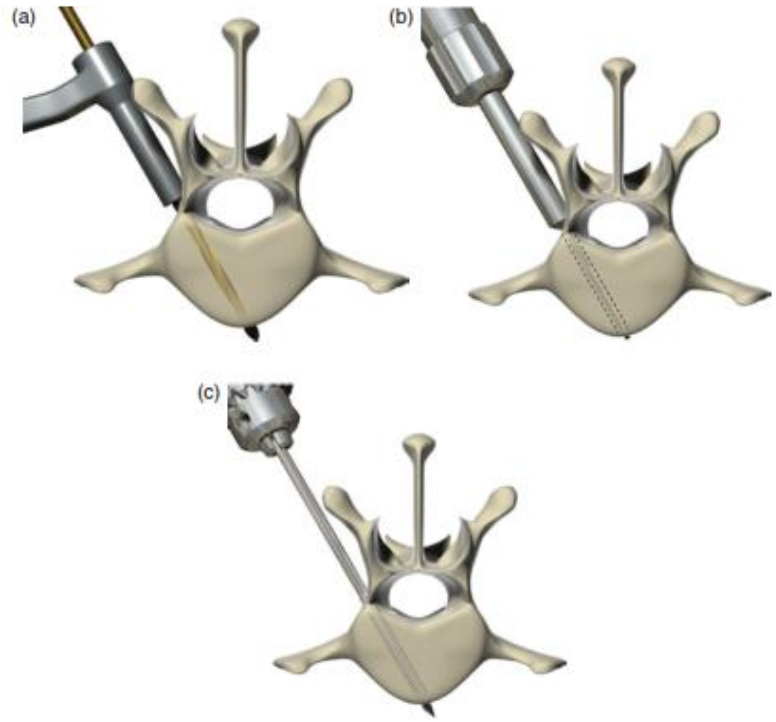
برای قرار دادن پیچ‌های کورتیکال، لازم است که ابتدا محل قرار دادن پیچ‌ها با مته مناسب سوراخ شود (جدول ۲). به منظور پیشگیری از نکروز حرارتی استخوان، توصیه می‌شود دریل کردن با سرعت بالا و پیچ‌گذاری با سرعت پایین صورت گیرد (۲). با توجه به نزدیکی عروق بزرگ در سمت شکمی-جانبی ستون مهره‌های سینه‌ای-کمری می‌توان با دریل استاپ از ورود بیش از اندازه مته جلوگیری کرد (۲, ۱۷, ۱۸). همچنین پیش‌حفاری برای قرار دادن پین‌های سررزوه 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

آسیب‌های ناخواسته پیشگیری می‌کند و موجب تثبیت بلندمدت مناسب ایمپلنت خواهد شد (۲).

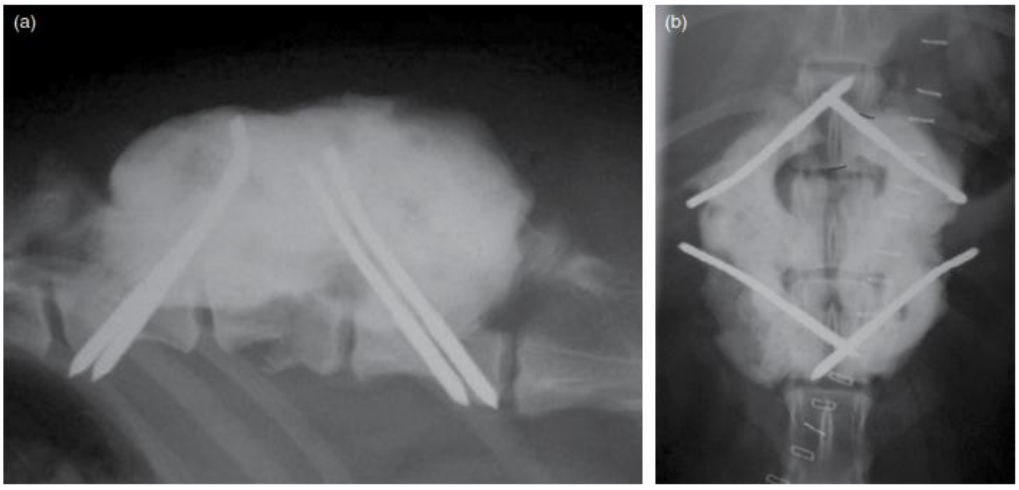
پین‌ها را می‌توان با ماژیک استریل یا ایجاد شیار علامت‌گذاری کرد تا عمق ورود مشخص باشد. جایگذاری پین به‌آرامی و با سرعت کم و تا عمق از پیش تعیین‌شده انجام می‌شود. کل نوک پین باید تا انتها وارد شود تا رزوه‌های پین کاملاً با کورتکس دوم درگیر شوند. پین‌های دیگر نیز به همین روش کارگذاشته می‌شوند. هر پین زاویه 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 فضا اجازه این کار را نمی‌دهد (شکل ۹). خم کردن پین می‌تواند باعث شل شدن و آسیب استخوان گردد و باید بااحتیاط 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).

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 دپس 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).



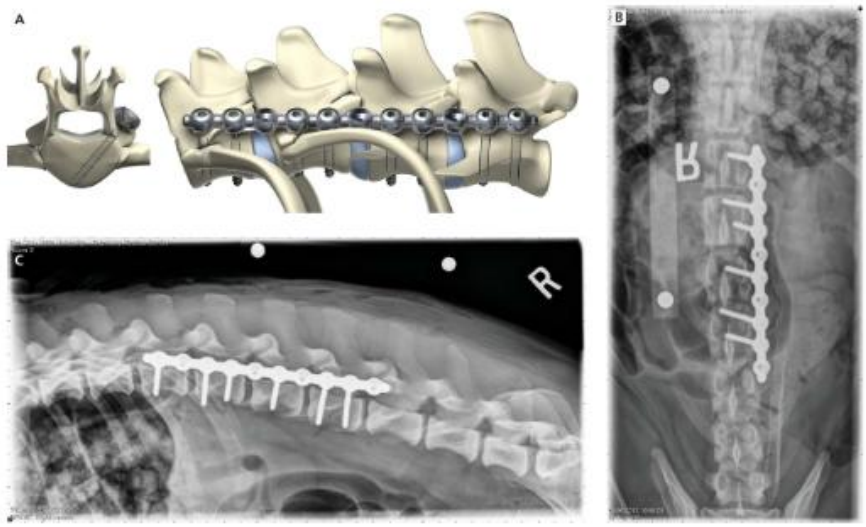
تصویر ۹. رادیوگرافی‌های پس از عمل از سازه پین و پلی‌متیل متاکریلات برای تثبیت شکستگی جسم مهره اول کمری. توجه داشته باشید که پین‌ها به سمت داخل زاویه دارند؛ این در سازه‌های چهار پینی ترجیح داده می‌شود (۲).

تثبیت با پلیت مهره‌ای

پلیت‌های قفل‌شونده مانند پلیت SOP یا LCP که قبلا 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

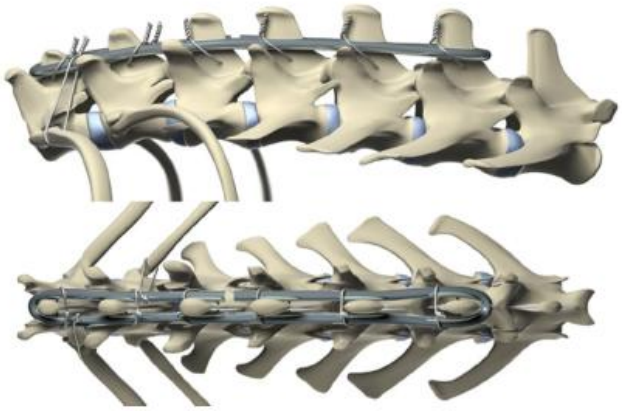
تثبیت خارجی ستون فقرات نسبت به روش‌های داخلی کمتر رایج است، اما مزایای خاص خود را دارد. یکی از مزایای اصلی آن فراهم آوردن محدوده وسیع‌تری از زاویه‌های قرارگیری پین در بدنه مهره‌ها است، چرا که این روش برخلاف تثبیت داخلی به موقعیت دستگاه یا عضلات اطراف محدود نمی‌شود. به علاوه، امکان خارج کردن ایمپلنت‌ها 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 فلوروسکوپی 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).



تصویر۱۰. 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.

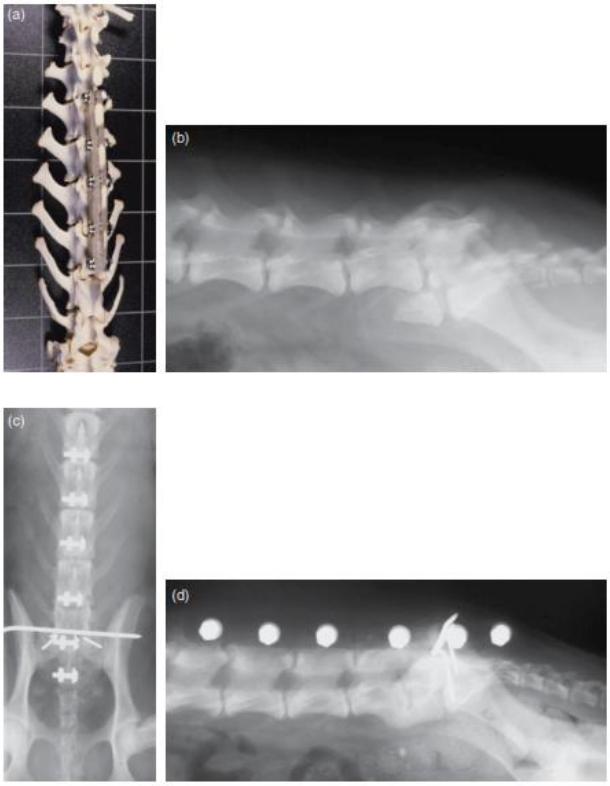
استپلینگ نخاعی/تثبیت قطعه‌ای (Spinal stapling/segmental fixation)

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 قرقره‌ای (Loop and pulley fashion) مجدداً بخیه زده شود. در بیماران بسیار کوچک می‌توان از 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 دنده‌ها به صورت حلقه‌ای عبور داده و محکم کرد تا پایداری بیشتری برای سازه فراهم شود (تصویر ۱۱) (۲).



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).

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 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).



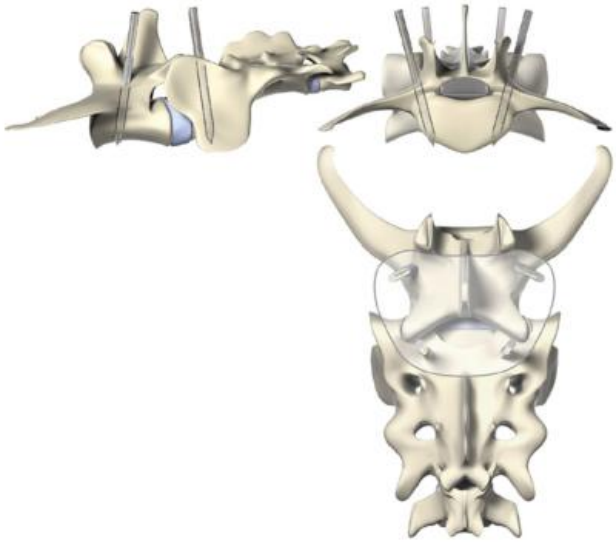
تصویر۱۲. (الف) تصویر پلیت لوبرا که بر روی مدل ستون فقرات اعمال شده‌اند. (ب) تصویر رادیوگرافی جانبی از شکستگی-دررفتگی مهره هفتم کمری. (ج و د) تصویر رادیوگرافی پشتی-شکمی و جانبی از شکستگی-دررفتگی مهره هفتم کمری (۲).

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 می‌گذارند، 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 ایلیوم 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 به‌صورت دوکورتکسی در مهره‌های هفتم کمری واول 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 حفره‌ای واقع در سمت پشتی-داخلی زائده مفصلی بین مهره‌های هفتم کمری- اول خاجی قرار گرفته است.

حالت گماری و رهیافت جراحی

برای انجام جراحی بیمار باید در وضعیت خوابیده روی جناغ قرار گیرد، به‌طوری‌که پاهای عقب در حالت خمیده بوده و از باز شدن بیش‌ازحد مفاصل رانی- لگنی جلوگیری شود. توصیه می‌شود بیمار در سمت قسمت عقب میز جراحی قرار داده شود تا دسترسی دوطرفه به همراه تسهیل دسترسی

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).

جاانداختن

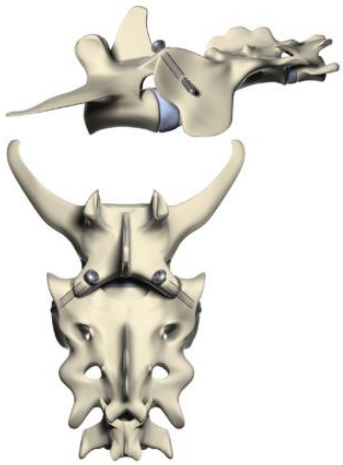
برای جاانداری استخوان، می‌توان از پنس‌های جاانداری استخوان استفاده کرد که به زوائد خاری مهره‌ها متصل می‌شوند تا هم‌ترازی مهره‌ها بهبود یابد. علاوه بر این، بال‌های ایلیوم نیز می‌توانند به عنوان نقاط کمکی برای جاانداری به کار گرفته شوند. در مواردی که آسیب مزمن باشد، جاانداری آناتومیکی ممکن است دشوار و یا حتی غیرممکن باشد و در این شرایط ممکن است لازم باشد تثبیت بدون جاانداری 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 جاانداری مناسب، مشابه سایر نواحی ستون فقرات کمری می‌توان از پین‌ها یا پیچ‌های ترانس‌آرتیکولار (به‌صورت 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، به‌خصوص هنگام خم شدن و بازشدن شدن ایجاد می‌شود. ایمپلنت‌های مورد استفاده در این ناحیه باید قوی باشند تا بتوانند در برابر حرکات مکرر، به‌ویژه خم‌شدن مقاومت کنند. همچنین، ایمپلنت‌ها باید به شکلی قرار داده شوند که شل نشوند. لازم به ذکر است که حتی در صورت شکست ایمپلنت، الزاما 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 ترانس‌آرتیکولار 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 ترانس‌آرتیکولار 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).



تصویر ۱۴. تصویری از قرار دادن پیچ ترانس‌آرتیکولار 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 قفل‌شونده

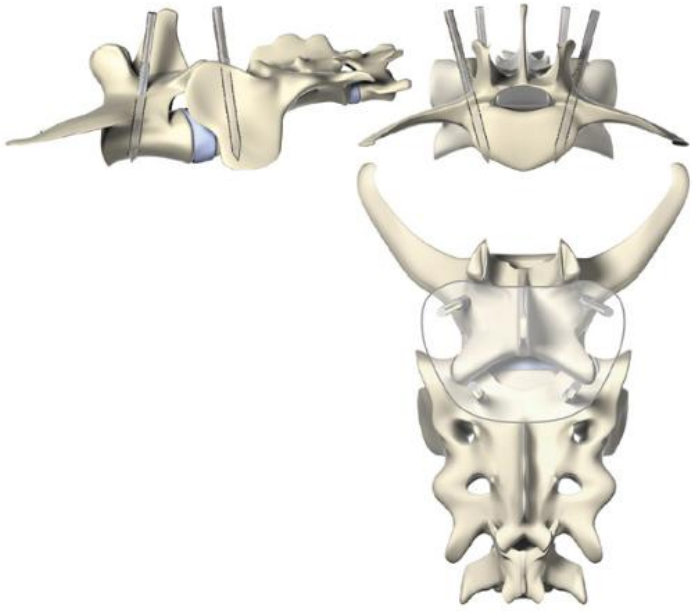
در مقایسه با پلیت‌های استاندارد که نیاز به شکل‌دهی دقیق مطابق با استخوان مهره‌ای دارند، پلیت‌های قفل‌شونده اگرچه از نظر فنی چالش برانگیزتر از سایر روش‌ها هستند، می‌توانند برای تثبیت پایدار، کم‌حجم و تک‌کورتکسی مورد استفاده قرار گیرند (۱, ۲).

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).

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 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

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 جااندازی 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 دستگاه ادراری 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

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 قلاده یا یک اسلینگ حمایتی تحت نظارت راه برده می‌شود. این حرکت‌ها باید به‌گونه‌ای 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 کفپوش 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

1. Shores A, Brisson BA. Current Techniques in Canine and Feline Neurosurgery: Wiley; 2017. 296 p.DOI:10.1002/9781118711545
2. Shores A, Brisson BA. Advanced techniques in canine and feline neurosurgery: John Wiley & Sons; 2023. DOI:10.1002/9781119790457
3. 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
4. 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
5. 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
6. Hicks DG, Pitts MJ, Bagley RS, Vasavada A, Chen AV, Wininger 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.
7. 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
8. Hettlich BF, Fosgate GT, Litsky AS. Biomechanical comparison of 2 veterinary locking plates to monocortical

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 برنامه‌ریزی‌شده 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

نویســـندگان هیچ گونه تعارض منافعی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

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 unilock 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 animals

Hossein Kazemi Mehrjerdi[1*], Khosro safari[1]

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