



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 آرام بخشی 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 بصل نخاع 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 وایران (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 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 آرام بخشی 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 ضد التهاب غیراستروئیدی: دارای اثرات ضد التهابی (کاهش التهاب اطراف نخاع یا ریشه‌های عصبی) و کاهش دهنده 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 رتیکولو آندوتلیال 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 کاتکول آمین‌ها، 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.

دکسمتومیدین: 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. هایپونتیلیاسیون 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.