Archive of SID

ارزیابی رادیوگرافی و هیستولوژی روند ترمیم شکستگی استخوان زند زیرین کبوتر: تثبیت داخلی با استفاده از پر به عنوان یک گرافت خودی

رسول رحیمی جونقانی[۱]، موسی جاودانی[۲*]، ایرج کریمی[۳]، امین بیغم صادق[۴]، فرزانه حسینی[۳]

۱. دانش‌آموخته دکترای عمومی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.
۳. دانشیار، گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.
۴. استاد، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.

دریافت: ۲۴ آبان‌ماه ۹۶ **پذیرش:** ۱۲ تیرماه ۹۷

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی روند ترمیم شکستگی استخوان زند زیرین تثبیت شده با پر و مقایسه آن با پین‌گذاری داخل استخوانی بود. هفتاد قطعه کبوتر، به طور تصادفی به دو گروه مساوی تقسیم شدند. بعد از بی‌هوشی کبوترها و آماده‌سازی محل جراحی، برشی به طول ۲ سانتی‌متر روی پوست‌زده شد، زند زیرین به آرامی آشکار شد و یک قطعه شکستگی به طول ۳ میلی‌متر از قسمت میانی زند زیرین جدا گردید. در یک گروه از کبوترها برای تثبیت شکستگی، از قرار دادن پر اتوکلاو شده خود پرنده به صورت داخل استخوانی به عنوان یک گرافت خودی و در گروه دوم از پین‌های معمول داخل استخوانی استفاده گردید. در هفته‌های ۰ (بلافاصله بعد جراحی)، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ پس از جراحی ارزیابی رادیوگرافی انجام شد؛ همچنین در زمان‌های ۲، ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۲ هفته پس از جراحی از هر گروه حداقل ۴ پرنده آسان‌کشی شد و نمونه‌های استخوان برای ارزیابی بافت‌شناسی به آزمایشگاه ارسال گردید. مقایسه رادیوگرافی دال بر وجود فرایند ترمیم مطلوب، در هر دو گروه بود. در مقایسه بافت‌شناسی بین دو گروه، در زمان‌های ۳ و ۵ هفته پس از جراحی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد؛ اما، در زمان ۹ هفتگی گروه دریافت کننده پر، به طور معنی‌داری روند ترمیم را از گروه پین نشان داد ($P<۰/۰۵$)؛ البته در مقایسه درون گروهی مشاهده گردید که در هر دو گروه فرایند ترمیم به خوبی صورت گرفته است. بر اساس نتایج مشاهده شده، پر خود پرنده می‌تواند به عنوان یک تثبیت‌کننده داخل استخوانی در دسترس و سبک وزن در تثبیت شکستگی‌های استخوانی پرندگان معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: ترمیم شکستگی، زند زیرین، پر، پین، کبوتر.

مقدمه

شکستگی استخوان از مشکلات شایعی است که در بین پرندگان دیده می‌شود، به خصوص پرندگان وحشی اسیر شده در قفس به کرات دچار استرس شده و مستعد آسیب به خود می‌شوند و شکستگی استخوان‌های بال و پا به فراوانی در بین این‌ها دیده می‌شود (۷ و ۱۲)، همچنین سقوط و برخورد با اشیا در حین پرواز نیز از دلایل شایع ایجاد شکستگی در پرندگان هستند (۱ و ۶). دیده شده که شایع‌ترین نوع شکستگی در شاهین‌ها، شکستگی در استخوان درشت‌نی‌ای- مچ پایی (تیبیوتارسال) است که معمولاً حین شکار کردن به وجود می‌آید (۲۶).

شکستگی‌ها در پرندگان با توجه به کمتر بودن بافت نرم اطراف استخوان‌ها، معمولاً از نوع باز و پیچیده است؛ بنابرین درمان شکستگی اقدامی مهم برای نجات جان آن‌هاست. اما تثبیت شکستگی در پرندگان با محدودیت‌هایی روبروست. قشر استخوان در پرندگان به

* پست الکترونیک نویسنده‌ی مسؤول: m.javdani@sku.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

صورت نازک و شکننده است به همین دلیل قدرت نگه‌داری چندانی برای وسایل ارتوپدی را ندارد. به علاوه، کانال مرکزی استخوان در پرندگان بزرگ‌تر از پستانداران است و پرکردن آن با وسایل ارتوپدی مستلزم افزایش وزن وسایل تثبیت‌کننده است (۹)، همچنین دیده شده که ترمیم اولیه در پرندگان برخلاف پستانداران چندان کارآمد نیست و اگر بین دو قطعه شکستگی فاصله وجود داشته باشد یا دو قطعه دچار حرکت شوند، این سیستم چندان کارآمد نیست (۱)، لذا این مساله خود اهمیت تثبیت سخت و محکم شکستگی را برای جلوگیری از حرکت در محل شکستگی به منظور ایجاد ترمیم اولیه مشخص می‌کند.

در حال حاضر یکی از روش‌های تثبیت کردن استخوان در پرندگان استفاده از پین‌های داخل مدولایی است. این پین‌ها به گستردگی در پرندگان استفاده می‌شود، اما خود معایبی نیز دارند. این‌ها پتانسیل ذاتی برای آسیب به مفاصل و اطراف مفصل را دارند که منجر به جمود مفاصل می‌شود و نیز می‌توانند موجب آسیب به تاندون‌ها و لیگامنت‌ها بشوند. حتی پین‌هایی که نزدیک مفصل خارج نمی‌شوند، می‌توانند دوباره موجب آسیب به ساختار عروقی و تغییر معنی‌دار در الگوی رشد استخوان شوند؛ همچنین بعد از به کار بردن پین‌ها نیاز به یک جراحی ثانویه برای برداشت آن‌هاست (۱۰)، از سویی روش‌های درمانی برای تثبیت استخوان‌ها در پرندگان غیراختصاصی است و از روش‌های معرفی شده برای انسان و دام‌های‌کوچک، الهام گرفته شده است (۳۱)؛ بنابرین استفاده از جایگزینی سبک، ارزان، در دسترس و قابل جذب برای این پین‌ها می‌تواند در بهبود روند ترمیم و جلوگیری از اثرات جانبی آن مفید باشد. با توجه به آن که پر در پرندگان به آسانی در دسترس است، می‌تواند جایگزین مناسبی برای پین‌ها محسوب شود.

پر در پرندگان به صورت استوانه‌ای تو خالی و سخت است که ۹۰ درصد آن از کراتین بتا تشکیل شده است (۲۴). در سال‌های اخیر دیده شده که پروتئین کراتین می‌تواند برای ایجاد یک داربست در ترمیم استخوان به کار رود؛ اما تاکنون مطالعه‌ای در مورد استفاده از پر به عنوان یک ساختار کراتینی در تثبیت شکستگی‌ها انجام نشده است؛ لذا این پژوهش به بررسی رادیوگرافی و هیستولوژی روند ترمیم در نقیصه استخوانی فیکس شده در استخوان زند زیرینی کبوتر با پر همان پرنده و مقایسه آن با پین‌گذاری داخل مدولایی پرداخته است.

مواد و روش کار

تعداد ۷۰ قطعه کبوتر محلی واجد سلامت بالینی بدون در نظر گرفتن جنس با محدوده سنی ۷-۶ ماه خریداری شد. این کبوترها به ۲ گروه مساوی دریافت کننده پر و دریافت کننده پین، تقسیم شدند. پرنده‌ها برای وفق با شرایط محیطی جدید به مدت ۲ هفته نگه‌داری شدند. همه‌ی کبوترها ۴ ساعت قبل پیش از جراحی از غذا منع شده و القا و نگه‌داری بی‌هوشی از طریق تزریق داخل عضلانی ترکیب کتامین (۳۵mg/kg)- میدازولام (۰/۵mg/kg) صورت گرفت، سپس سطح خارجی بال چپ کبوترها به روش جراحی پرکنی و ضدعفونی شد و برای جراحی آماده گردید. این پرندگان در حالت خوابیده روی جناق، روی میز جراحی قرار داده شدند و موضع جراحی نشان‌گذاری شد.

تعدادی از پرهای بزرگ هر کبوتر جدا شد و به دنبال تمیز کردن ظاهری آن‌ها و استفاده از نانو اتوکلاو بار آلودگی آن‌ها تا حد ممکن حذف گردید.

برای دست‌یابی به موضع (میانه استخوان زند زیرین)، برشی به طول ۲ سانتی‌متر روی پوست در سمت خلفی- قدامی بین زند زبرین و زند زیرین ایجاد شد و عضلات بازکننده کف‌دستی (متاکارپی) زند زیرین، بازکننده کف‌دستی- زند زبرینی، بازکننده دیژیتوروم کامونیس و فاسیا کنار زده شدند (۹). زند زیرین به آرامی آشکار شد و با استخوان‌بر برقی یک قطعه استخوان به طول ۳ میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

از قسمت میانی زند زیرین جدا گردید. در نیمی از کبوترها (گروه دریافت کننده پین) برای تثبیت شکستگی از پین‌های استیل زنگ‌نزن داخل کانال استخوانی با اندازه مناسب و در دیگر پرنده‌ها (گروه پژوهش/ دریافت کننده پر) از ساقه پر خود پرنده با اندازه مناسب برای تثبیت داخل استخوانی استفاده شد. پس از این که پین‌های داخل استخوانی و پرها به روش رتروگرید در نقیصه ایجاد شده در استخوان زند زیرین برای تثبیت استفاده شد، عضلات و فاسیا با نخ ویکریل سایز سه صفر و با الگوی ساده سرتاسری بخیه شدند. اقدامات پس از جراحی عبارت بود از: تجویز عضلانی کارپروفن (۴ mg/kg) به مدت ۳ روز و نیز تجویز خوراکی کلروتتراساکلین در آب آشامیدنی پرنده‌ها (۱ g/l) در همان مدت زمان.

در ارزیابی رادیولوژی، اشعه ایکس با نمای داخلی-خارجی استفاده شد و در فواصل زمانی بلافاصله بعد از جراحی و پین‌گذاری و به صورت دو هفته یک‌بار (تا التیام رادیوگرافی کامل) رادیوگراف تهیه شد و روند ترمیم در پرنده‌های هر دو گروه بر اساس جدول ۱ ارزیابی گردید (۳۴، ۳۹ و ۴۰).

برای ارزیابی هیستوپاتولوژی در زمان‌های روز ۳ و هفته‌های ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ از هر گروه تعداد ۵ پرنده آسان‌کشی شدند. نمونه‌های استخوانی برداشته شد و در بافر فرمالین ۱۰ درصد پایدار شدند. نمونه‌های پایدار شده در فرمالین در محلول بافر فرمیک اسید ۱۵ درصد دکلسیفیکاسیون گردیده، با روش معمول فرآوری شدند و سپس مقاطع ۵ میکرونی تهیه و رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین و ائوزین گردید و برای ارزیابی روند بافت‌شناسی از سیستم Heiple's scoring system استفاده شد (۱۴). تجزیه و تحلیل آماری یافته‌های حاصل از ارزیابی رادیولوژی و هیستوپاتولوژی (به صورت میانه مجموع پارامترهای رادیولوژی و هیستوپاتولوژی) در ارزیابی درون گروهی در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ و تحت نرم‌افزار آماری SPSS، با آزمون آماری کروسکال والیس تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه بین گروهی با آزمون آماری من- ویتنی صورت پذیرفت.

جدول ۱- سیستم درجه‌بندی ترمیم رادیوگرافی درشکستگی تجربی استخوان زند زیرینی کبوتر

شاخص	مشاهده	درجه
پر شدن نقیصه	عدم پر شدن نقیصه	۰
	پر شدن نقیصه کمتر از ۲۵ درصد	۱
	پر شدن نقیصه بین ۵۰-۲۵ درصد	۲
	پر شدن نقیصه بیش از ۷۵ درصد	۳
	پر شدن کامل نقیصه	۴
حفظ پیوستگی طولی	مثبت	۰
	منفی	۱
تشکیل کالوس	عدم وجود کالوس	۰
	کالوس جزئی	۱
	کالوس وسیع	۲
ریمدلینگ کالوس	عدم ریمدلینگ	۰
	نشانه اولیه ریمدلینگ	۱
	ریمدلینگ اولیه	۲
	ریمدلینگ کامل	۳

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

در جداول ۲ تا ۵ نتایج حاصل از بررسی‌های بافت‌شناسی و رادیوگرافی استخوان آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج بافت‌شناسی حاصل از گروه پر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار روند ترمیم در زمان‌های ۲ هفتگی، ۳ هفتگی، ۵ هفتگی است ($P<۰/۰۵$).

جدول ۲- نتایج حاصل از ارزیابی روند ترمیم در گروه پر بر حسب میانه (مینیمم- ماکسیمم) جمع پارامترهای بافت‌شناسی

	زمان (هفته)				
	۲	۳	۵	۹	۱۲
نتایج بافت‌شناسی	^{a}۰	۳ (۳-۰) ^{b}	۶ (۸-۲) ^{c}	۷ (۱۰-۶) ^{ce}	۹ (۱۲-۸) ^{de}
	^{a}۰	۵ (۶-۱) ^{b}	۵ (۶-۱) ^{b}	۵/۵ (۶-۵) ^{b}	۸ (۸-۷) ^{c}

^{a,b,c,d,e}وجود حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$).

علاوه بر این، جدول مزبور نشان‌دهنده نتایج بافت‌شناسی روند ترمیم در گروه دریافت کننده پین است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این گروه بین زمان ۲ و ۳ هفتگی اختلاف معنی‌داری وجود دارد؛ اما در زمان‌های ۳، ۵ و ۹ هفتگی اختلاف معنی‌داری در روند ترمیم وجود ندارد و مجدداً این اختلاف در ۱۲ هفتگی معنی‌دار می‌شود.

جدول ۳ و شکل ۱، نشان‌دهنده مقایسه روند ترمیم (در ارزیابی بافت‌شناسی) در گروه دریافت‌کننده پین با گروه دریافت‌کننده پر است، که نشان‌دهنده این است که بین روند ترمیم در زمان‌های ۳، ۵ هفتگی اختلاف معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نمی‌شود. اما ترمیم در زمان ۹ هفتگی گروه پر، به طور معنی‌داری بهتر از گروه پین بوده است.

جدول ۳- نتایج حاصل از مقایسه روند ترمیم در گروه پین با گروه پر بر حسب میانه (مینیمم- ماکسیمم)

زمان	گروه	
	پین	پر
هفته ۳	^{a}۵ (۶-۱)	^{a}۳ (۳-۰)
هفته ۵	^{a}۵ (۶-۱)	^{a}۶ (۸-۲)
هفته ۹	^{b}۵/۵ (۶-۵)	^{a}۹ (۱۲-۸)

^{a,b}وجود حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$).

نتایج به دست آمده از مقایسه درون گروهی تغییرات رادیولوژی در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود در هر دو گروه به جز در زمان ۲ تا ۴ که اختلاف معنی‌دار است، در سایر زمان‌ها اختلاف دیده شده، معنی‌دار نیست (شکل ۲ و ۳).

جدول ۴- نتایج به دست آمده از مقایسه درون گروهی نتایج رادیوگرافی در هر دو گروه بر حسب میانه (مینیمم- ماکسیمم)

گروه	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸	هفته ۱۰	هفته ۱۲
گروه پر	^{a}۰ (۱-۰)	^{b}۳(۶-۰)	^{b}۳(۶-۱)	^{b}۳(۴-۱)	^{b}۵(۶-۴)	^{b}۶(۸-۵)
گروه پین	^{a}۰	^{b}۱(۳-۱)	^{b}۲(۳-۱)	^{b}۲(۳-۱)	^{b}۳(۳-۱)	^{b}۳(۴-۱)

^{a,b}وجود حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ نشان‌دهنده مقایسه رادیولوژی روند ترمیم در گروه دریافت کننده پین و پر است. همان‌طور که دیده می‌شود، در همه زمان‌های بررسی شده گروه دریافت کننده پر بهتر از گروه دریافت کننده پین عمل کرده است و این اختلاف در زمان‌های ۲ هفتگی، ۱۰ هفتگی و ۱۲ هفتگی معنی‌دار است.

جدول ۵- مقایسه رادیولوژی روند ترمیم در گروه دریافت کننده پر و پین بر حسب میانه (مینیمم- ماکسیمم)

زمان	پین	پر
هفته ۲	[b] ۰(۰-۰)	[a] ۰(۱-۰)
هفته ۴	[a] ۱(۳-۱)	[a] ۳(۶-۰)
هفته ۶	[a] ۲(۳-۱)	[a] ۳(۶-۱)
هفته ۸	[a] ۲(۳-۱)	[a] ۳(۴-۱)
هفته ۱۰	[b] ۳(۳-۱)	[a] ۵(۶-۴)
هفته ۱۲	[b] ۳(۴-۱)	[a] ۶(۸-۵)

[a,b] وجود حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

بحث

اگر چه ترمیم استخوان در پستانداران به‌خوبی بررسی شده است، اما اطلاعات کمی در این خصوص در پرندگان انتشار یافته است. فرایند ترمیم شکستگی به عواملی چون میزان جابجایی قطعات شکستگی، مقدار خون‌رسانی، حضور عفونت و میزان حرکت در محل شکستگی بستگی دارد (۱۱). ترمیم اولیه استخوان پرندگان را می‌توان همچون پستانداران تحت شرایط تثبیت مشاهده کرد که نتیجه آن جوش خوردن استخوان با کمترین مقدار کالوس است. ترمیم اولیه شکستگی در پرندگان از طریق کاربرد پلاک‌های استخوانی تأمین می‌شود (۱۸). زمانی که تثبیت سخت در محل شکستگی وجود نداشته باشد، ترمیم ثانویه استخوان دیده می‌شود که مراحل التهاب، تشکیل کالوس نرم و سخت و بازسازی در آن روی می‌دهد.

Williams و همکاران در سال ۱۹۸۷ در یک پژوهش روی بیست کبوتر، به درمان شکستگی در استخوان‌های مختلف با انواع مختلفی از وسایل تثبیت کننده پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند که شکستگی ایجاد شده در ۱۸ مورد در ۳ هفتگی به صورت بالینی پایدار شده بود و در رادیوگرافی تشکیل کالوس در این‌ها مشاهده گردید و در ۶ هفتگی جوش خوردن کامل استخوانی به صورت رادیوگرافی دیده شد (۴۳). از عواملی که سرعت و دوره ترمیم استخوان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، شدت شکستگی است (۲۹). دیده شده است که بعد از تثبیت شکستگی اغلب قبل از زمانی که کالوس به طور کامل در نمای رادیوگرافی تشکیل شود، ایمپلنت می‌تواند به صورت امن برداشته شود (۴ و ۲۵)، در مواردی از شکستگی‌ها در پرندگان دیده شده که التیام شکستگی بدون استفاده از هیچ‌گونه تثبیتی روی داده است مانند ترمیم شکستگی‌های تجربی در استخوان بازو و آنته‌براکیوم کبوتر (۴ و ۲۵) که کانال مدولایی طبیعی و رادیولوسنت استخوان هوادار بازو، در طول زمان از نظر رادیوگرافی تیره‌تر شده که بدواً به دلیل خون‌ریزی و سپس به خاطر بافت پیوندی و کالوس اندوستئال بود. در ۹ هفتگی بعد از شکستگی، هر دو کالوس اندوستئال و پری‌استئال به صورت رادیوگرافی و هیستولوژی رویت شدند. کالوس شامل استخوان اسفنجی، غضروف و بافت پیوندی فیبروزه است. نکته جالب این است که تشکیل کالوس توسعه بهتری در شکستگی‌های زند زیرین نسبت به شکستگی‌های بازو داشت، چرا که استخوان بازو نوماتیک بوده و یا این که درجه ناپایداری و البته جابجایی در

www.SID.ir

Archive of SID

شکستگی‌های بازو بیشتر است. برخی از پژوهشگران بیان داشته‌اند سرعت ترمیم بین استخوان‌های هوادار و استخوان‌های واجد مغز استخوان متفاوت است (۲۵). با این وجود مطالعات کنترلی مناسب وجود ندارند. بعد از ۱۶ و ۲۱ روز، میزان استخوان اسفنجی در کالوس افزایش و مقدار غضروف و بافت پیوندی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد روند بلوغ کالوس در استخوان بازو آهسته‌تر از زند زیرین است و حدود ۱۰ روز عقب مانده است. در ۶ و ۱۲ هفته بعد از شکستگی، کالوس شکستگی‌های خوب جفت و جور شده به بلوغ ادامه می‌دهند و شروع به توسعه اجزای استخوان نرمال می‌کنند، جایی که شکستگی‌های ناپایدار، ضعیف جفت و جور شده به نظر می‌رسد تغییر کمی در بین هفته‌های ۴ و ۱۲ کرده باشند.

در این پژوهش مشاهده گردید که از نظر ترمیم رادیوگرافی در همه زمان‌های بررسی شده، در گروه دریافت کننده پر بهتر از گروه دریافت کننده پین بوده است. این اختلاف در زمان‌های ۲ هفتگی، ۱۰ هفتگی و ۱۲ هفتگی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). مقایسه رادیوگرافی درون گروهی نشان داد که در هر دو گروه بجز در زمان ۲ هفتگی با ۵ هفتگی که اختلاف دیده شده معنی‌دار است در سایر زمان‌ها اختلاف معنی‌داری دیده نمی‌شود (P>۰/۰۵).

در مقایسه بافت‌شناسی دو گروه، در زمان‌های ۳ و ۵ هفتگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، اما در زمان ۹ هفتگی گروه پر به‌طور معنی‌داری بهتر از گروه پین بوده است (P<۰/۰۵)؛ همچنین در مقایسه درون گروهی مشاهده گردید در گروه دریافت کننده پر اختلاف معنی‌داری بین زمان‌های ۲، ۳ و ۵ هفتگی با هفته‌های قبلی آن‌ها وجود دارد، اما در گروه دریافت کننده پین فقط در زمان ۱۲ هفتگی این اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

پین‌های ساخته شده از قشر استخوان به صورت آلوگراف یا اتوگراف یک وسیله تثبیت‌کننده تجزیه‌پذیر محسوب می‌شوند که در سال‌های اخیر به منظور استفاده در پرندگان بررسی شده‌اند. این پین‌ها برای اتصال مجدد قطعات استئوکندرال و برای ترمیم شکستگی‌های داخل مفصلی با موفقیت استفاده شده‌اند (۳۰ و ۴۱).

Wander و همکاران در سال ۲۰۰۰ نیز به بررسی مقایسه‌ای استفاده از پین‌های ساخته شده از قشر استخوان سگ و شتر مرغ (زنوگراف) و پین‌های استیلی ضد زنگ کریشنر برای ترمیم شکستگی بازو در کبوتر پرداختند. آن‌ها پی بردند که از نظر بیومکانیکی تفاوتی بین دو گروه مشاهده نگردید، اما پین‌های زنوگراف موجب تشکیل کالوس پری‌استئال و واکنش التهابی بیشتری در محل شکستگی نسبت به گروه پین شده بودند (۴۲). مزایای استخوآن‌های زنوگراف در دسترس بودن آن‌هاست. واکنش ایمنی دیده شده در زنوگراف‌ها بیشتر از مواد آلوگراف است. التهاب، شش هفته بعد از فیکس کردن شکستگی به طور اولیه شامل لنفوسیتوز پلاسماسیتیک است. تثبیت شکستگی با پین‌های ساخته شده از قشر استخوان موجب تشکیل کالوس پری‌استئال بیش از حد می‌شود. تثبیت ناپایدار شکستگی و همچنین التهاب، می‌تواند موجب القای واکنش پری‌استئال شود (۱۷، ۲۱ و ۳۵).

پین‌های پلیمری داخل مدولایی، میله‌های پلیمری هم از مواردی است که برای تثبیت شکستگی در پرندگان استفاده شده‌اند. میله‌های پلاستیکی و آکریلیک با موفقیت در ترکیب با نپیت کننده های خارجی برای تثبیت اضافی استفاده شده‌اند. میله‌های پلیمری نسبت به پین‌های داخل مدولایی ارزان، از نظر بیولوژی خنثی هستند و ترمیم شکستگی پایدار ارائه می‌دهند و نیازی به برداشتن بعد از التیام شکستگی ندارند (۵ و ۸).

در یک مطالعه، شکستگی بال ترمیم شده با میله‌های داخل مدولایی پلیمری اجازه تمرین سریع بعد از تثبیت (۷ تا ۱۰ روز) را داد و بیشتر پرنده‌ها ۱۴ تا ۲۱ روز بعد از جراحی قادر به پرواز بودند. با این وجود چون که میله‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

باید با تکنیک شاتل وارد شوند که از نظر تکنیکی دشوار است، طول پین محدود به قطعه شکسته بزرگ‌تر است و پین ممکن است به قطعه کوچک‌تر به عمق کافی نفوذ نکند، تا پایداری کافی ایجاد کند، به علاوه این تکنیک‌ها نیازمند آن است که مواد خارجی در کانال مدولایی باقی بمانند که احتمالاً پاسخ بیومکانیکی بخش‌هایی از بال به استرس ایجاد شده توسط پرواز را تغییر می‌دهد (۸).

پلی‌متیل‌کریلات در کانال داخل مدولایی پرندگان برای کمک به تثبیت شکستگی استفاده شده است. این مواد به صورت مونومر مایع و پلیمر جامد هستند که زمانی که ترکیب می‌شوند متحمل یک پلیمریزاسیون حرارت‌زا می‌شوند (۳ و ۴). دمای بالای (۱۰۰ درجه) مرتبط با پلیمریزاسیون موجب نکروز استخوان می‌شود و به کار بردن آب سرد به عنوان روشی برای کاهش حرارت توصیه شده است (۲ و ۱۶). مواد به طور کلی در طی ۱۰ دقیقه سخت می‌شوند. مزیت این روش از تثبیت شکستگی ارزان و سریع بودن آن است؛ پایداری سریع ایجاد می‌کند و اغلب بازگشت سریعی به عملکرد بدون آسیب به مفصل می‌دهد.

از نظر تئوری، مهار تشکیل کالوس اندوستئال، اختلال در خون‌رسانی اندوستئال و نکروز داخل مدولایی رخ می‌دهد و با نتایج بالینی ترمیم شکستگی تداخل کند. مهم‌ترین عیب استفاده از این مواد این است که اگر استخوان بازو یا ران بیش از حد توسط پلی‌متیل‌متاکریلات پر شوند، مواد ممکن است وارد کیسه هوایی متصل شوند، همچنین این مواد نباید در زخم‌های باز استفاده شوند؛ زیرا اگر متیل‌متاکریلات توسط باکتری آلوده شده، می‌تواند به عنوان منبع مزمن برای رخداد عفونت عمل کند (۲ و ۴). در سال‌های اخیر پلیمرهای طبیعی مانند ابریشم (۲۲)، کلاژن (۲۰)، پروتئین سویا (۲۸)، کراتین پشم (۳۷)، سلولز (۱۹ و ۲۳)، آگار (۲۳) و کیتوزان (۴۴) به طور گسترده برای ایجاد ساختار سه‌بعدی در برنامه‌های بازسازی استخوان و غضروف بررسی شده‌اند. از مزیت‌های پلیمرهای طبیعی ساختار ماتریکس خارج سلولی آن که موجب به حداقل رساندن هجوم سلول‌های التهابی و واکنش ایمنی و سمیت می‌شود، مشکلاتی که در پلیمرهای صنعتی دیده می‌شود.

کراتین یک پروتئین ساختاری غنی از سیستئین است که استحکام مکانیکی بالایی به خاطر تعداد زیاد باندهای دی‌سولفیدی دارد. این پروتئین در ساختارهای سختی مثل مو، پشم، ناخن، شاخ و غیره یافت می‌شود. به خاطر فراوانی و زیست سازگاری آن، مطالعات متعددی در ده سال اخیر روی کراتین پشم و مو انجام شده است (۱۳، ۱۵، ۳۲ و ۳۳).

Tachibana و همکاران در سال ۲۰۰۶ برای اولین بار استفاده از کراتین پشم را برای کشت سلولی طولانی مدت انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که پروتئین کراتین استخراج شده یک توالی آمینواسیدی لوسین- آسپارتیک‌اسید- والین نشان می‌دهد که این توالی توسط خانواده اینتگرین پروتئین تشخیص داده می‌شود که چسبیدن سلول‌ها به سطح چارچوب را افزایش می‌دهد (۳۸).

Mandal و همکاران در سال ۲۰۱۲ نشان دادند که چگونه استفاده از پروتئین ورقه بتا، که از کرم ابریشم استخراج شده، یک چارچوب مستحکم برای استفاده استخوانی فراهم می‌کند. آن‌ها از روش آلکالین هیدرولیز برای شکستن پروتئین به فیبرهای کوچک استفاده کردند، سپس فیبرهای پروتئینی کوچک با محلول هگزا فلوروایزوپرانول مخلوط شده تا اتصال بین پروتئین‌های استخراج شده را تسریع کنند که بعداً با لیوفیلیزاسیون و برداشت آب یک ساختار متخلخل سه بعدی ایجاد گردید که این چارچوب خواص مکانیکی و استحکام فشاری خوبی از خود نشان داد، همچنین واکنش‌های ایمنی در هنگام استفاده از این ساختار ناچیز است (۲۲).

Sierpinski و همکاران در سال ۲۰۰۸ مشاهده کردند که ترکیبی از کراتین (هیدروکسی ژل کراتین) خواص میتوژنی، کموتاکسی و تنظیم ژنی از خود نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابرین، این فرض مطرح شد که اگر در استخوان به کار گرفته شود، به خاطر ترکیبی از سایتوکین‌ها، سیگنال‌های سلولی و فاکتورهای رشد پتانسیل سیگنال‌دهی سلولی دارد (۳۶). فرمول هیدروژل کراتین به طور تجاری تولید شده و زیست سازگاری آن تایید شده است (۲۷).

در پژوهش حاضر، برای اولین بار استفاده از پر به عنوان یک تثبیت‌کننده داخل استخوانی مؤثر و ارزان قیمت، در پرندگان نام برده شد و نیز به دلیل عدم نیاز جراحی دوباره برای برداشت آن، این امید وجود دارد که با انجام مطالعات بیشتر بتوان از آن به عنوان یک تثبیت‌کننده داخلی در پرندگان استفاده کرد.

قدردانی و تشکر

پژوهش حاضر مستخرج از پایان‌نامه دکترای عمومی دامپزشکی مصوب در تاریخ ۱۳۹۵/۹/۷ شورای پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهرکرد است که بدین‌وسیله از عوامل مربوطه قدردانی می‌شود.

منابع

1- Bennett, R. A. and Kuzma, A. B; Fracture management in birds. J. Zoo Wildl. Med; 1992: 5-38.

2- Bush, M. and James Jr, A; Some considerations of practice of orthopedics in exotic animals [Surgery]. J Am. Anim. Hosp. Assoc; 1975; 11: 587.

3- Bush, M; External fixation of avian fractures. J. Am. Vet. Med. Assoc; 1977; 171(9): 943-946.

4- Bush, R. M; Montali, R. J; Novak, G. and James, A; The healing of avian fractures. Am. Anim. Hosp. Assoc; 1976; 12(6): 768-773.

5- Charnley, J; Acrylic cement in orthopaedic surgery. Williams and Wilkins; 1970.

6- Chitty, J. and Lierz, M; BSAVA manual of raptors, pigeons and passerine birds; British small animal veterinary association, Wiley; 4th. Ed., 2008.

7- Coles, B; Essentials of avian medicine and surgery. 2007; (3rd ed. Wiley): 131-141.

8- De Young, D. and Probst, C; Methods of internal fracture fixation. SLATTER, D. Textbook of small animal surgery. Philadelphia: Saunders; 1993; 2: 1610-1631.

9- Doneley, B; Avian Medicine and Surgery in Practice. Companion and Aviary Birds. Manson Publishing; 2010; 1st ed: PP: 255-284.

10- Fowler, M; Ossification of long bones in raptors. Recent advances in the study of raptor diseases. UK: Chiron Publications; 1981: 75-82.

11- Gandal, C. P; Surgical techniques and anesthesia. Diseases of Cage and Aviary Birds. ML Petrak (ed.); 1969: 217-231.

12- Goody, A; Head, J; Gianopoulos, A; Liu, S. and McCoy, B; A Novel Approach to Tibiotarsal Fracture Management in the Hawaiian Nene. J. Wildlife. Rehabil; 2012; 32(1): 7-10.

13- Hearle, J; A critical review of the structural mechanics of wool and hair fibres.Int. J. Biol. Macromolec; 2000; 27(2): 123-138.

14- Heiple, K; Goldberg, V. M; Powell, A; Bos, G. and Zika, J; Biology of cancellous bone grafts.Orthop. Clin. North Am; 1987; 18(2): 179.

15- Hill, P; Brantley, H. and Van Dyke, M;

www.SID.ir

Archive of SID

repair. Proceedings of the National Academy of Sciences; 2012; 109(20): 7699-7704.

23- Mano, J; Silva, G; Azevedo, H. S; Malafaya, P; Sousa, R; Silva, S; Boesel, L; Oliveira, J. M; Santos, T. and Marques, A; Natural origin biodegradable systems in tissue engineering and regenerative medicine: present status and some moving trends. J. R. Soc. Interface; 2007; 4(17): 999-1030.

24- Martínez-Hernández, A. L. and Velasco-Santos, C; Keratin fibers from chicken feathers: structure and advances in polymer composites. Keratin: Structure, Properties and Applications; 2012: 149-211.

25- Montali, R. and Bush, M. Avian fracture repair, radiographic and histologic correlation. in Annu. Proc. Am. Assoc. Zoo. Vet. 1975.

26- Muller, M. G. and Nafeez, J. M; A new approach for tibiotarsal fractures in falcons with the FixEx tubulaire Type FESSA system. Abu Dhabi Falcon Hospital, Environment Agency, Abu Dhabi, United Arab Emirates; 2006; 25.

27- Peplow, P. and Dias, G; A study of the relationship between mass and physical strength of keratin bars in vivo. J. Mater. Sci: Mat. Med.; 2004; 15(11): 1217-1220.

28- Pfister, A; Landers, R; Laib, A; Hübner, U; Schmelzeisen, R. and Mülhaupt, R; Biofunctional rapid prototyping for tissue engineering applications: 3D bioplotting versus 3D printing. J. Polym. Sci. Part A: Polymer Chemistry; 2004; 42(3): 624-638.

Some properties of keratin biomaterials: kerateines. Biomaterials; 2010; 31(4): 585-593.

16- Hubbard, M; The effect of acrylic cement on the union of internally fixed experimental fractures of the femoral shaft in the rabbit. Injury; 1980; 11(4): 325-330.

17- Jee, W; Ueno, K; Deng, Y. and Woodbury, D; The effects of prostaglandin E2 in growing rats: increased metaphyseal hard tissue and cortico-endosteal bone formation.Calcif. Tissue Int; 1985; 37(2): 148-157.

18- Kuzma, A. and Hunter, B; A new technique for avian fracture repair using intramedullary polymethylmethacrylate and bone plate fixation. J Am. Anim. Hosp. Assoc; 1991; 27(2): 239-248.

19- Lam, C. X. F; Mo, X; Teoh, S-H. and Hutmacher, D; Scaffold development using 3D printing with a starch-based polymer. Mater. Sci. Eng: C; 2002; 20(1): 49-56.

20- Liao, S; Cui, F; Zhang, W. and Feng, Q; Hierarchically biomimetic bone scaffold materials: nano-HA/collagen/PLA composite. J. Biomed. Mater. Res. 2004; 69(2): 158-165.

21- MacCoy, D. and Haschek, W; Healing of transverse humeral fractures in pigeons treated with ethylene oxide-sterilized, dry-stored, onlay cortical xenografts and allografts. Am J Vet Res; 1988; 49(1): 106-111.

22- Mandal, B. B; Grinberg, A; Gil, E. S; Panilaitis, B. and Kaplan, D. L; High-strength silk protein scaffolds for bone

www.SID.ir

Archive of SID

29- Putney, D L; Borman, E. R. and Lohse, C. L; Methylmethacrylate fixation of avian humeral fractures: a radiographic histologic study.J Am. Anim. Hosp. Assoc; 1983; (19): 773-782.

30- Rao, S. B; Crawford, A. H; Burger, R. R. and Roy, D. R; Open bone peg epiphysiodesis for slipped capital femoral epiphysis.J. Pediatr. Orthop; 1996; 16(1): 37-48.

31- Redig, P. and Cruz, L; Fractures. In: Avian Medicine. Philadelphia, USA. Mosby Elsevier 2008: 215-247.

32- Rogers, M. A; Langbein, L; Winter, H; Ehmann, C; Praetzel, S; Korn, B. and Schweizer, J; Characterization of a cluster of human high/ultrahigh sulfur keratin-associated protein genes embedded in the type I keratin gene domain on chromosome 17q12-21. J. Biol. Chem; 2001; 276(22): 19440-19451.

33- Rouse, J. G and Van Dyke, M. E; A review of keratin-based biomaterials for biomedical applications. Materials; 2010; 3(2): 999-1014.

34- Sanaei, R; Abu, J; Nazari, M; Zuki, M. A. and Allaudin, Z. N; Evaluation of Osteogenic Potentials of Avian Demineralized Bone Matrix in the Healing of Osseous Defects in Pigeons. Vet. Surg; 2015; 44(5): 603-612.

35- Shih, M. and Norrdin, R; Effect of prostaglandin E2 on rib fracture healing in beagles: histomorphometric study on periosteum adjacent to the fracture site.Am. J. Vet. Res; 1986; 47(7): 1561-1564.

36- Sierpinski, P; Garrett, J; Ma, J; Apel, P; Klorig, D; Smith, T; Koman, L A; Atala, A. and Van Dyke, M; The use of keratin biomaterials derived from human hair for the promotion of rapid regeneration of peripheral nerves. Biomaterials; 2008; 29(1): 118-128.

37- Tachibana, A; Furuta, Y; Takeshima, H; Tanabe, T. and Yamauchi, K; Fabrication of wool keratin sponge scaffolds for long-term cell cultivation. J. Biotech; 2002; 93(2): 165-170.

38- Tachibana, A; Nishikawa, Y; Nishino, M; Kaneko, S; Tanabe, T. and Yamauchi, K; Modified keratin sponge: binding of bone morphogenetic protein-2 and osteoblast differentiation. J. Biosci. Bioeng; 2006; 102(5): 425-429.

39- Tunio, A; Jalila, A; Meng, C. Y. and Shameha, I; Experimental fracture healing with external skeletal fixation in a pigeon ulna model. J. adv. vet. anim. res; 2014; 1(2): 58-64.

40- Tunio, A and Jalila, A; integrated efficacy of bio-oss® and demineralized bone matrix for critical sized ulna defect healing in a pigeon (columba livia). Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sci; 2016; 32(1): 112-122.

41- Victoroff, B. N; Marcus, R. E. and Deutsch, A; Arthroscopic bone peg fixation in the treatment of osteochondritis dissecans in the knee. Arthroscopy: Arthroscopy; 1996; 12(4): 506-509.

42- Wander, K. W; Schwarz, P. D; James, S P; Powers, B E; Taylor, B and Wimsatt, J. H; Fracture healing after stabilization with

www.SID.ir

Archive of SID

intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. Vet. Surg; 2000; 29(3): 237-244.

43- Williams, R; Holland, M; Milton, J. and Hoover, J; A Comparative-study of treatment methods for long-bone fractures. Companion Anim. Pract; 1987; 1(4): 48-55.

44- Yilgor, P; Tuzlakoglu, K; Reis, R. L; Hasirci, N. and Hasirci, V; Incorporation of a sequential BMP-2/BMP-7 delivery system into chitosan-based scaffolds for bone tissue engineering. Biomaterials; 2009; 30(21): 3551-3559.

www.SID.ir

Archive of SID

Radiographic and histological evaluation of ulnar fracture healing in pigeon: Internal fixation with feather as an auto-graft

Rahimi Junqani, R.[1]; Javdani, M.[2*]; Karimi, I.[3]; Bigham Sadegh, A.[4]; Hosseini, F.[2]

1. DVM Graduated Student, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord- Iran.
2. Associate Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord- Iran.
3. Associate Professor, Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord- Iran.
4. Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord- Iran.

Received: 15 November 2017 ***Accepted:*** 3 July 2018

Summary

The purpose of this study was to find out the histological and radiographic assessment of healing of ulna fracture stabilized with feather shaft and compare with intramedullary pin. A total of 70 pigeons (*Columba livia*) randomly divided into two equal groups. After aseptically preparation of surgical site (left wing) and induction of anesthesia, a 3 cm longitudinal incision was made on the skin, the ulna bone was exposed gently and a segmental bone of 3 mm in length was removed in the middle of the ulnar diaphysis. The fracture in group I was repaired with an autoclaved feather shaft as an auto-graft and in group II stainless steel intramedullary pin used to treat fracture. Healing was evaluated with radiographs at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks after surgery and for histological study at least 4 birds from each group were sacrificed at weeks 2, 3, 5, 7, 9 and 12 and bone sample transferred to a Histology Laboratory at Shahrekord University. Radiographic findings showed favorable bone healing progress in both groups. Results of histological evaluation revealed that at time 3 and 5 weeks, difference between two groups not significant, but in week 9 the feather group had better results than the pin group. Also comparison within groups demonstrated favorable bone healing in both groups. According to the results of the present study, feather shaft can be used as available and lightweight intramedullary fixator for avian fracture treatment.

Keywords: Fracture healing, Ulna, Feather, Pin, Pigeon.

* Corresponding Author E-mail: m.javdani@sku.ac.ir

www.SID.ir