

مقایسه دقت تشخیص اولتراسونوگرافی و رادیولوژی در بررسی روند التیام نقیصه‌های استخوانی با اندازه بحرانی در استخوان زنداعلی در خرگوش

پگاه عباس نیا^{۱*} محمد مهدی دهقان^{۱*} محمد ملازم^۱ سید مهدی نصیری^۲ علیرضا وجهی^۱ داوود شریفی^۱ بهزاد پوررضا^۱ سعید فرزاد مهاجری^۱

(۱) گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

(۲) گروه آسیب شناسی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۲۰ آذر ماه ۱۳۹۲، پذیرش نهایی: ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۲)

چکیده

زمینه مطالعه: التیام نقیصه‌های استخوانی با اندازه بحرانی یکی از چالش‌های مهمی است که متخصصین ارتوپدی با آن مواجه‌اند. برای بررسی روند التیام استخوان معمولاً از رادیوگرافی ساده استفاده می‌شود. رادیولوژی مکرر دارای عوارض جانبی بوده و تحقیقات اخیر نشان دهنده تشخیص زود هنگام نشانه‌های التیام استخوان به وسیله اولتراسونوگرافی است. **هدف:** هدف از این مطالعه بررسی دقت تشخیص رادیولوژی و اولتراسونوگرافی در روند التیام نقیصه‌های استخوانی با اندازه بحرانی است. **روش کار:** در این مطالعه از ۱۶ سر خرگوش سفید نیوزیلندی استفاده شد. مدل نقیصه استخوانی با اندازه بحرانی در استخوان زنداعلی به روش استاندارد و با طول نقیصه ۱۵ mm ایجاد گردید و بعد از گذشت ۱۲ هفته از ایجاد نقیصه مورد بررسی رادیوگرافی و اولتراسونوگرافی قرار گرفت. در صورت وجود تناقض بین یافته‌های دوروش، برای تعیین اینکه کدام روش از دقت بیشتری برخوردار است نتایج هیستوپاتولوژی حاصل از نمونه برداری در همان روز مورد استفاده قرار گرفت. **نتایج:** در ۱۵ مورد از ۱۶ خرگوش، نتایج اولتراسونوگرافی توسط رادیولوژی تأیید شد و تنها در یک مورد ناهمخوانی بین دوروش وجود داشت. در این مورد، رادیوگرافی دال بر عدم جوش خوردگی از نوع آتروفیک بود ولی اولتراسونوگرافی نشان دهنده پر شدن نقیصه و وجود یک آرتیفکت انعکاسی (Reverberation artifact) در زیر آن بود. در مقاطع بافت‌شناسی نمونه مورد نظر متریکس استخوانی با سلولاریتی بالا و کلسیفیکاسیون در برخی مناطق دیده می‌شد که تأییدکننده نتایج اولتراسونوگرافی بود. **نتیجه‌گیری نهایی:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در تصویربرداری تشخیصی از نقیصه‌های استخوانی با اندازه بحرانی، در اغلب موارد نتایج اولتراسونوگرافی و رادیوگرافی هم‌خوانی داشته و حتی بررسی اولتراسونوگرافی دقیق‌تر است. علاوه بر این، در صورت مشاهده آرتیفکت انعکاسی در محل نقیصه و عدم مشاهده نشانه‌ای از التیام در رادیوگراف، این آرتیفکت می‌تواند نشان دهنده متریکس استخوانی باشد.

واژه‌های کلیدی: نقیصه‌های استخوانی، اولتراسونوگرافی، رادیولوژی، آرتیفکت انعکاسی

دیگر روش‌های تصویربرداری تشخیصی را برای بررسی دوره‌ای مطرح می‌سازد. قرار گرفتن بیمار و گاهی همراه او در معرض پرتوی ایکس و همین‌طور ماهیت دو بعدی تصاویر به دست آمده از رادیوگرافی، از جمله این کاستی‌هاست. علاوه بر این در مراحل ابتدایی التیام استخوان، ردیابی و مشاهده استخوان تازه تشکیل که دانسیته پایینی دارد به وسیله رادیوگرافی امکان‌پذیر نیست (۱۵). رادیولوژی تشخیصی برای حیوانات در دامداری‌ها نیز به راحتی قابل استفاده نیست و برای این کار معمولاً حیوانات بزرگ به مراکز درمانی دامپزشکی انتقال می‌یابند که امر ساده‌ای نیست.

یکی از کم‌خطرترین روش‌های تصویربرداری تشخیصی استفاده از امواج فراصوت توسط دستگاه اولتراسونوگرافی است. در این روش، تصویر بر اساس سه رویداد شکل می‌گیرد؛ تولید امواج صوتی، دریافت بازتاب یا اکوو تفسیر آن اکوها. این روش تا اندازه‌ای بی‌خطر است که برای بررسی جنین نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. اولتراسونوگرافی معمولاً به عنوان روش تشخیصی انتخابی برای بررسی آسیب‌های اعضای سطحی و بافت‌های نرم در نظر گرفته می‌شود و نقش آن در بررسی بیماری‌های

مقدمه

شکستگی استخوان یک آسیب اسکلتی شایع است و زمانی رخ می‌دهد که یک استخوان تحت فشارهایی فراتر از حد تحمل قرار گیرد. بازیابی تمامیت و ثبات استخوان در زمان کوتاه، هدف درمان شکستگی بوده و معمولاً شامل سر به سر کردن و تثبیت قطعات شکستگی می‌باشد. گاهی برخی از شکستگی‌ها یا ضایعات پاتولوژیک استخوانی با از دست رفتن قسمتی از بافت استخوان همراه است و در نتیجه سبب ایجاد نقیصه‌های استخوانی با اندازه بحرانی می‌شود. در چنین حالتی، فاصله دو قطعه شکستگی به اندازه‌ای است که با وجود انجام اقدامات فوق، التیام و بازگشت به حالت طبیعی با کندی صورت گرفته یا انجام نمی‌شود. برای التیام این دسته از شکستگی‌ها روش کلاسیک، استفاده از اتوگرافت استخوانی است و اخیراً روش‌های مهندسی بافت نیز در سطح مطالعات تجربی به کار گرفته می‌شود.

رادیوگرافی ساده دوره‌ای روش رایج بررسی التیام استخوان است (۷). این روش با محدودیت‌هایی همراه است که نیاز به استفاده از



توضیحات غیر ضروری در این رابطه خودداری می‌گردد.

راديوگراف‌ها از محل نقيصه از دو نماي قدامي - خلفي (Craniocaudal) و جانبي (Lateral) تحت شرايط ۴۵kV، ۳۰۰MA و ۰/۰۶ ثانیه در زمان ۱۲ هفته پس از ایجاد نقيصه بر روی فيلم ماموگرافي تهيه شده و توسط راديوولوژیستي که اطلاعي در مورد گروه‌ها نداشت بر اساس معيارهای کيفي، مشابه موارد باليني ارجاعي به بیمارستان ارزيباي شد. ارزيباي سونوگرافي مود روشنايي و سه بعدی نیز در محل نقيصه با پراب خطی سه بعدی و با مولتی فرکانس ۷MHz-۱۲ انجام شده و به همین ترتیب مورد تفسیر قرار گرفت. تصاویر سه بعدی حاصل نیز مورد ارزيباي توسط نرم افزار ۴D View ساخته شده توسط شرکت جنرال الکتریک قرار گرفت.

در صورت وجود تناقض بين يافته‌های اولتراسونوگرافي و راديوگرافي، نتايج هيستوپاتولوژی برای تعيين دقت هريك از اين روش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای اين کار مقاطع از بافتی تهيه شده در همان روز که توسط هماتوکسيلين و ائوزين و همين طور ماسون تری کروم رنگ آمیزی شده بود، استفاده گردید.

نتايج

در بررسی‌های به عمل آمده در هيچ يك از حيوانات مورد مطالعه علامتی دال بر عفونت نه در معاینات باليني و نه در بررسی‌های تصويربرداری تشخيصی دیده نشد. در ۲ مورد از ۱۶ مورد در راديوگرافي جوش خوردگی اتفاق افتاده بود و استخوان در حال تجديد ساختار (remodeling) بود. در بررسی اولتراسونوگرافي که در اين موارد انجام شد نقيصه استخوانی دیده نمی‌شد و عمق نقيصه با کال استخوانی پر شده بود یا فرورفتگی کمی داشت و با یک توده اکوژن پر شده بود. در یکی از موارد در تصاویر راديوولوژی مرحله التيام قبل از تجديد ساختار (remodeling) دیده می‌شد و در اولتراسونوگرافي نیز نقيصه پر شده بود و دارای کانون‌های اکوژن بود. در ۴ مورد در راديوگرافي و اولتراسونوگرافي طول نقيصه کم شده بود ولی در مسیر عدم جوش خوردگی بود و لبه‌های شکستگی کند شده بود. درين موارد نیز هم‌خوانی وجود داشت. در ۱۰ مورد راديوگراف‌ها نشان دهنده عدم جوش خوردگی آتروفیک بودند. در سونوگرافي ۹ مورد از اين ۱۰ مورد، نقيصه استخوانی به وضوح قابل رویت بود و لبه‌های شکستگی کند بوده و کالی دیده نمی‌شد و کاملاً تأیید کننده نتايج راديوگرافي بود (تصویر ۲). در یک مورد نتايج اولتراسونوگرافي و راديوولوژی هم‌خوانی نداشت. در اين مورد، در بررسی اولتراسونوگرافي، نقيصه به صورت برجسته با یک اکوژنيسیته که آرتيفکت انعکاسی (به پهنای ۲/۲mm) در زیرش داشت پر شده بود. اين در حالی بود که تصاویر راديوولوژی در همين زمان نشان دهنده عدم جوش خوردگی آتروفیک بود و کال استخوانی فعال دیده نمی‌شد. جهت بررسی دقیق‌تر در اين مورد از نتايج هيستوپاتولوژی هماتوکسيلين و ائوزين و ماسون تری کروم نمونه

استخوان نسبتاً محدود بوده و معمولاً منحصر به يافته‌های تصادفی است (۸).

نقش اولتراسونوگرافي در تشخيص برخی موارد شکستگی، مانند شکستگی‌های بينی تعريف شده است (۲۰، ۳۰) به طوری که در دو مطالعه مقایسه‌ای بين دو روش، ارزش تشخيصی اولتراسونوگرافي معادل راديوولوژی (۳۰) و يا بهتر از آن بوده است (۲۰).

هدف از اين مطالعه پاسخ به اين سوال است که آیا سونوگرافي قادر به بررسی روند التيام در شکستگی‌های استخوانی با اندازه بحرانی می‌باشد و اگر می‌باشد آیا به اندازه راديوولوژی دقیق است و نتايج راديوگرافي را تأیید می‌کند؟ آیا می‌توان از سونوگرافي به جای راديوولوژی مکرر استفاده کرد و آیا داده‌های افزون بر آن چه در راديوولوژی مشاهده می‌شود، به دست می‌دهد؟

مواد و روش کار

اين مطالعه بر روی ۱۶ سر خرگوش سفید نيوزيلندی با میانگين وزن و انحراف معيار $2/97 \pm 0/55$ kg انجام گرفت. برای ایجاد مدل نقيصه استخوانی با اندازه بحرانی در استخوان زند زيرين، ابتدا بيهوشی در خرگوش‌ها با تزریق داخل عضلانی ترکیب کتامین (۵۰ mg) به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) و زایلازين (۸mg) به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) ایجاد گردید و تداوم بيهوشی پس از لوله‌گذاری داخل نای توسط دستگاه بيهوشی استنشاقی و با گاز بيهوشی ایزوفلوران انجام گرفت. به اين منظور ابتدا به مدت ۱ دقیقه ایزوفلوران ۶٪ و سپس در طی جراحی بسته به سطح بيهوشی حيوان، از غلظت ۱/۵-۲٪ آن استفاده شد. برای آماده‌سازی جراحی، ناحیه زند زيرين یکی از اندام‌های قدامی به روش معمول برای انجام جراحی آسپتیک آماده شد. آنگاه برای ایجاد مدل عدم جوش خوردگی ابتدا از رهيافت میانی - قدامی استخوان زند زيرين (Radius) در معرض دید قرار داده شده و ديافیيز استخوان زند زيرين از دو ناحیه با فاصله ۱۵mm به طور کامل بریده شده و تکه استخوانی برداشته شد (تصویر ۱) و سپس موضع عمل به وسیله محلول استریل رينگر لاکتات شستشو داده شده و عضلات و بافت زیرجلدی به روش ساده سرتاسری و پوست با الگوی ساده تکی بخیه شد (۱۰، ۲۳). به عنوان آنتی‌بیوتیک پروفیلاکتیک از انروفلوکساسین به میزان ۲۰mg به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به صورت زیرجلدی قبل از جراحی و تا ۵ روز پس از آن استفاده گردید. برای کاهش درد پس از جراحی داروی ترامادول با دوز ۵mg به ازای هر کیلوگرم روزی دو بار تا ۳ روز پس از جراحی به صورت زیرجلدی تجویز شد. هر یک از خرگوش‌ها به صورت تصادفی در گروه‌های آزمایش (استفاده از روش‌های استفاده از ژل PRP همراه یا بدون سلول‌های بنیادی) قرار داده شدند. از آنجایی که هدف اين مقاله بررسی يافته‌های باليني راديوولوژی و سونوگرافي در نقيصه‌های بحرانی و مقایسه کارایی اين دو روش در ارزيباي التيام استخوانی است و نه مقایسه اين گروه‌ها با یکدیگر، بنابراین از بيان



مخلوطی از نواحی هایپو و هایپر اکو دیده می شود. در اولتراسونوگرافی استخوان تازه تشکیل هایپراکو بوده و قبل از اینکه در رادیوگراف دیده شود در سونوگرافی قابل تشخیص است (۷). برخی بررسی ها نشان دهنده ردیابی شواهد استخوان سازی به وسیله اولتراسونوگرافی در زمانی هستند که هنوز اثری از التیام در رادیوگراف دیده نمی شود (۷، ۱۵).

در یک بررسی صورت گرفته به وسیله Maffulli و Thornton در سال ۱۹۹۵، اولتراسونوگرافی اطلاعات مهمی در مورد بافت نرم اطراف محل شکستگی فراهم کرده و تشکیل کال استخوانی را در مراحل اولیه ردیابی کرد. بر اساس نتایج این مطالعه، در نمایش مراحل ابتدایی سازمان دهی کال استخوانی و پیشرفت آن به استخوان تازه تشکیل، اولتراسونوگرافی از رادیوگرافی ساده حساس تر بود و در موارد عدم جوش خوردگی نیز یک الگوی اکوی سازمان نیافته در محل شکستگی قابل مشاهده بود (۱۵).

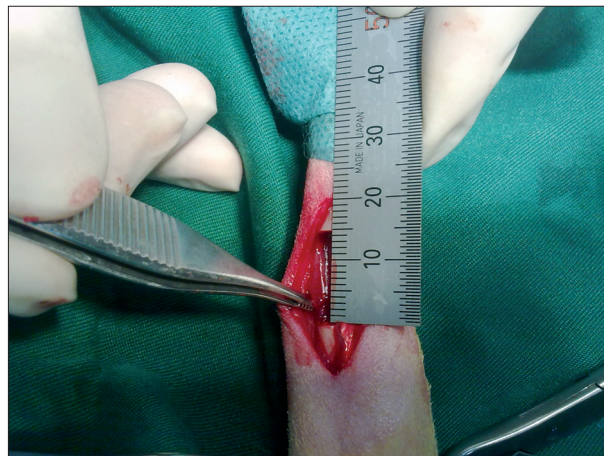
در یک بررسی، اولتراسونوگرافی برای تشخیص شکستگی استخوان جناغ به کار گرفته شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که اولتراسونوگرافی در مقایسه با رادیولوژی ساده و اسکن استخوانی از کارایی بیشتری داشت (۱۳).

در برخی مطالعات از اولتراسونوگرافی برای بررسی التیام شکستگی های فک استفاده گردیده است. نتایج این مطالعات نشان می دهد که اولتراسونوگرافی یک تکنیک دقیق غیرتهاجمی است و در ارزیابی التیام استخوان بیماران سودمند است (۲۱، ۳۱) و می تواند به عنوان یک روش مکمل در کنار رادیولوژی استفاده گردد (۱۴). در یک بررسی دیگر اولتراسونوگرافی برای جایگزینی رادیوگرافی ساده به عنوان یک روش رایج در ارزیابی التیام استخوان در مناطق خاصی از اسکلت جمجمه و صورت معرفی گردیده است (۲).

در یک گزارش، شکستگی جانبی استخوان تالوس مچ پا که در رادیوگرافی دیده نشده بود با اولتراسونوگرافی تشخیص داده شد (۱۲). اولتراسونوگرافی همچنین در تشخیص برخی انواع شکستگی ها مانند شکستگی - جداسازی اپی فیز و هدایت سربه سر کردن شکستگی در نوزادان مفید است، در حالی که ممکن است تفسیر رادیوگرافی هیچ یافته استخوانی غیرطبیعی را نشان ندهد (۳۲).

بر اساس یک مطالعه آینده نگر انجام شده برای بررسی قدرت پیش آگهی اولتراسونوگرافی در ارزیابی زود هنگام التیام استخوان، در زمانی که هنوز آثار التیام در رادیوگرافی قابل ردیابی نیست، اولتراسونوگرافی پیش بینی کننده قابل اعتمادی برای التیام استخوان می باشد (۱۸).

Moed و همکاران در سال ۱۹۹۸، توانایی اولتراسونوگرافی را برای پیش بینی جوش خوردگی یا عدم جوش خوردگی استخوان درشت نی در ۱۴ بیمار در یک مطالعه آینده نگر آزمودند. بر اساس این بررسی اولتراسونوگرافی پیش بینی درستی از جوش خوردگی در ۹ بیمار از ۱۴ بیمار را به طور متوسط در ۳۸ روز ارائه داد، در حالیکه متوسط زمان تأیید



تصویر ۱. برای ایجاد مدل نقیصه استخوانی با اندازه بحرانی به اندازه ۱۵mm از طول استخوان زنداعلی به روش جراحی برداشته شد.

مورد نظر استفاده گردید (تصویر ۳). در بررسی هیستوپاتولوژی این نمونه ماتریکس استخوانی با سلولاریته بسیار بالا نقیصه را کاملاً پوشانده بود و استخوان تازه تشکیل به صورت استخوان های woven دیده می شد. مقدار زیادی بافت انتقالی (transitional) دیده می شد که در واقع رسوب ماتریکس استخوانی کاملاً متراکم با سلولاریته نسبتاً بالا بود. کلسیفیکاسیون در برخی جاها اتفاق افتاده بود و بافت انتقالی آماده کلسیفیکاسیون بود.

به طور کلی، در بیش از ۹۳٪ موارد بررسی شده (در ۱۵ مورد از ۱۶ مورد) نتایج اولتراسونوگرافی تأیید کننده نتایج رادیولوژی بود و تنها در یک مورد یافته های اولتراسونوگرافی و رادیولوژی هم خوانی نداشت.

بحث

همان طور که گفته شد روش رایج بررسی التیام شکستگی ها رادیوگرافی ساده است و معمولاً سونوگرافی برای بررسی بافت های نرم به کار می رود و محدودیت های موجود لزوم آزمودن یک روش دقیق و ایمن را مطرح می سازد. بررسی التیام نقیصه های استخوانی معمولاً نیاز به رادیوگرافی مکرر از محل شکستگی دارد و با توجه به زمان بر بودن التیام این گونه نواقص استخوانی دفعات رادیوگرافی نیز افزایش می یابد و با مخاطراتی برای بیمار همراه است. رادیوگرافی ساده از پارامترهای ضعیفی جهت پیش پروسه التیام شکستگی برخوردار است (۶) و در سال های اخیر استفاده از سونوگرافی تشخیصی استخوان مطرح گردیده است. در بررسی التیام استخوان توسط اولتراسونوگرافی مشاهده ناحیه هایپو اکو در محل شکستگی، نشان دهنده عدم تشکیل پل استخوانی و حضور بافت نرم در حدفاصل قطع شکستگی است. برعکس ناحیه هایپراکو بدون شکاف و فاصله، نشان دهنده بازسازی کورتکس و حصول تمامیت آن است (۲۲). کال استخوانی در آغاز هایپو اکو بوده و با گذشت زمان هایپراکومی شود و در فاصله بین این دو مرحله یک مرحله بینابینی





تصویر ۲. در بیشتر موارد یافته‌های رادیولوژی و اولتراسونوگرافی هم خوانی داشت.

در یک مطالعه که بر روی ۴۴ سگ و گربه با شکستگی استخوان‌های طویل و بررسی التیام استخوان با دو روش اولتراسونوگرافی و رادیولوژی انجام شد، میانگین زمان تشخیص التیام با اولتراسونوگرافی (۴۶ روز) کوتاه‌تر از رادیوگرافی (۶۶ روز) بود (۲۵).

باتوجه به غیرتهاجمی بودن سونوگرافی داپلر و حساسیت زیاد آن به جریان آرام، می‌تواند برای ردیابی رگ‌زایی تازه در التیام شکستگی در حیوانات زنده و به خصوص با جثه کوچک به‌کار آید (۸، ۲۴، ۲۹) و به نظر می‌رسد سونوگرافی داپلر رنگی می‌تواند پیش‌بینی کند که آیا تشکیل کال استخوانی به صورت طبیعی پیش می‌رود یا با تأخیر همراه است (۸).

تشخیص سریع‌تر استخوان التیام یافته با روش اولتراسونوگرافی می‌تواند سبب پیش‌گیری از بی‌حرکت‌سازی غیر ضروری عضو و در نتیجه استفاده سریع‌تر از عضو گردد (۲۵). اولتراسونوگرافی در پایش مراحل ابتدایی استخوان‌سازی بهتر از رادیولوژی ساده است و یک روش ساده، ایمن و دردسترس برای بررسی است و باعث مشاهده عینی زود هنگام التیام شکستگی و متعاقباً آسودگی خاطر جراح و بیمار می‌گردد (۴).

نتایج سونوگرافی بسیار به فردی که سونوگرافی را انجام می‌دهد وابسته است (۱۸). با دستان یک متخصص باتجربه، اولتراسونوگرافی در مقایسه با رادیوگرافی ساده داده‌های ارزشمندی درباره التیام استخوان به دست می‌دهد (۲). از فواید مشاهده شده اولتراسونوگرافی نیاز کمتر به قرار دادن بیمار در معرض تشعشع است، در حالی که مهارت تکنیکی می‌تواند کیفیت مطالعه را تحت تأثیر قرار دهد (۵). امواج اولتراسوند در سنین مختلف و بین افراد مختلف نیز متفاوت است، ولی می‌توان التیام را با استخوان سالم طرف مقابل مقایسه کرد (۵).

سونوگرافی بارزولوشن بالا می‌تواند تغییرات اندک در سطح استخوان را که با رادیوگرافی ساده قابل مشاهده نیست به تصویر بکشد. تغییراتی مانند واکنش‌های پر یوستی کوچک و تجمع مایعات در زیر پر یوست از این نوعند. افزون بر این، سونوگرافی می‌تواند به تشخیص تفریقی ضایعات بافت نرم از آسیب‌های استخوانی کمک کند (۹). در شکستگی‌های منجر

رادیوگرافی جوش خوردگی ۱۲۷ روز بود. و در مورد عدم جوش خوردگی نیز پیش‌بینی اولتراسونوگرافی در ۴ بیمار از ۵ مورد درست بود و در یک مورد اشتباه نیز خطای تکنیکی و جود داشت (۱۹). در مطالعه دیگری Moed و همکاران در سال ۱۹۹۸ نشان داد که سونوگرافی می‌تواند اطلاعات باارزشی را برای پیش‌آگهی التیام شکستگی فراهم کند که بر اساس آن می‌توان تصمیمات لازم را برای اقدامات درمانی بعدی گرفت. در همین مطالعه در ۳۸ بیمار تحت جراحی درشت‌نی، به‌طور میانگین تا هفته نوزدهم اثری از التیام در رادیوگراف‌ها دیده نشد. این در حالی بود که در ۳۲ بیمار در هفته ششم و در ۶ بیمار دیگر در هفته نهم شواهدی از استخوان‌سازی در بررسی اولتراسونوگرافی دیده شده بود (۱۸). پس از آن، برای تعیین ماهیت بافت‌شناسی این بافت‌های پیراکوی قابل مشاهده با اولتراسوند مطالعه دیگری در مدل حیوانی سگ انجام شد و از این بافت تحت هدایت اولتراسوند نمونه برداری کردند. نتایج مطالعه نشان داد که وجود سیگنال هایپراکودر اولتراسونوگرافی دارای هم‌بستگی ۱۰۰٪ با وجود کال استخوانی در بافت‌شناسی بود. علاوه بر این، در این مطالعه نیز به‌طور مشخص زمان تشخیص سونوگرافی جوش خوردگی زودتر از رادیولوژی بود (۱۷).

بر اساس یافته‌های Risselada و همکاران در سال ۲۰۰۶ در دو مطالعه‌ای که بر روی ۸ سگ مبتلا به عدم جوش خوردگی استخوان انجام شده است سونوگرافی پاور داپلر برآورد دقیق‌تری از حیات بافت استخوانی با توجه به خون‌رسانی ناحیه به دست می‌دهد و نتایج با بررسی بافت‌شناسی هم‌بستگی دارد. در حالی که رادیولوژی ساده فاقد توانایی ارزیابی خون‌رسانی ناحیه است (۲۷، ۲۸).

در یک بررسی انجام شده توسط Masoudifard و همکاران در سال ۲۰۱۱، از اولتراسونوگرافی برای بررسی نواحی لگنی ۵ رأس اسب شامل استخوان‌های این ناحیه استفاده شده است. این مطالعه نشان داده است که در موارد عدم دسترس به رادیولوژی می‌توان از سونوگرافی برای تشخیص عارضه‌های استخوانی استفاده کرد (۱۶).



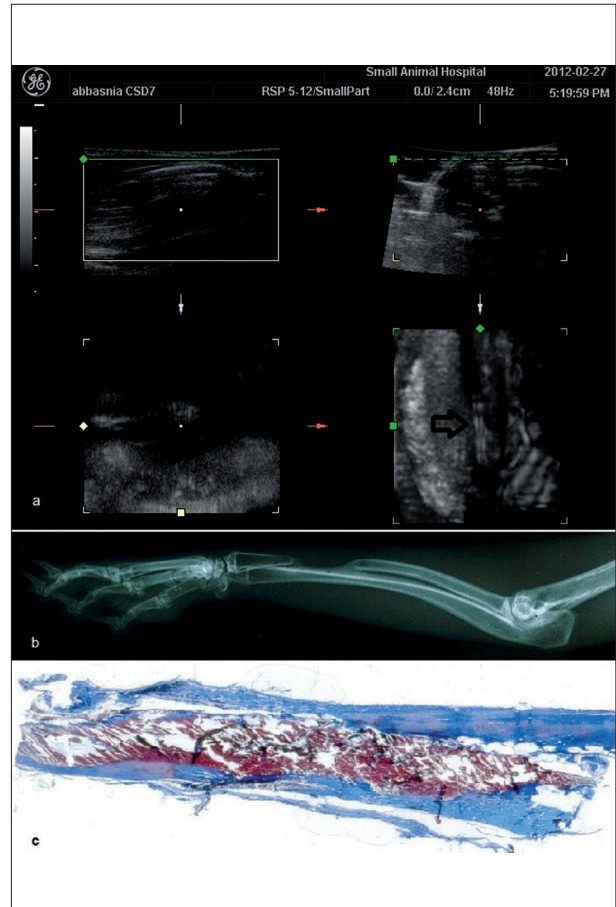
است، استفاده از اولتراسونوگرافی کمک‌کننده است و به عنوان وسیله‌ای شناخته شده است که می‌تواند اطلاعات مفیدی درباره روند ترمیم استخوان فراهم کند (۷).

از آنجایی که سطح طبیعی استخوان در هنگام سونوگرافی مثل یک بازتابنده مسطح با یک سایه صوتی در پشت آن دیده می‌شود، داده‌های مرتبط با وجود بیماری استخوانی و ویژگی‌های آن تنها در سه حالت به دست می‌آید (۸): ۱- هنگامی که میزان تخریب یا نازک‌شدگی کورتکس اجازه نفوذ پرتوهای مافوق صوت را بدهد، ۲- هنگامی که توده بافت نرم سبب نفوذ به کورتکس و تخریب آن شود و ۳- وقتی که ضایعه استخوانی زمینه‌ساز سبب جایگزینی پریوست با مایعات جمع شده یا هماتوم شود (۸، ۱). در مواردی که در محل شکستگی حیات بافت زیر سوال باشد و در موارد مشکوک به مشکلات رگزایی، اولتراسونوگرافی داپلر قدرتی ارزش بسیاری در ارزیابی لزوم مداخلات درمانی بیشتر دارد (۱۱).

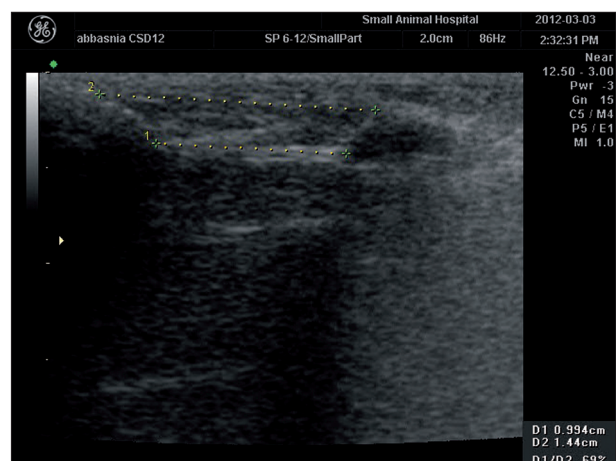
در این مطالعه به جزیک مورد یافته‌های اولتراسونوگرافی تأییدکننده نتایج رادیولوژی بود. در تنها موردی که نتایج این دو بررسی متفاوت بود رادیولوژی نشان دهنده عدم جوش خوردگی بود در حالیکه اولتراسونوگرافی نشان دهنده پر شدن نقیصه بود و یک Reverberation artifact در زیر آن دیده می‌شد.

Reverberation artifact زمانی ایجاد می‌شود که موج فراصوت بین دو سطح به خصوص با امپدانس صوتی بالا مانند جنب در رفت و آمد باشد. موج بین این دو سطح، به جلو و عقب حرکت کرده و دستگاه اولتراسونوگرافی این امواج را به شکل خطوط موازی با فواصل یکسان تشخیص داده و دانسیته در خطوط عمقی تر کاهش می‌یابد، چرا که امواج انعکاسی به تدریج کمتر می‌شوند. این امر سبب ایجاد یک الگوی نواری با خطوط متناوب تیره و روشن در فواصل منظم می‌گردد (۳).

به دلیل متناقض بودن یافته‌های دو نوع بررسی تصویربرداری تشخیصی، از نتایج پاتولوژی استفاده گردید تا مشخص گردد که کدامیک از دو روش با واقعیت هم‌خوانی دارد. در بررسی هیستوپاتولوژی ماتریکس استخوانی با سلولاریته بسیار بالا نقیصه را پر کرده بود که تأییدکننده نتایج سونوگرافی بود و نشان میداد که استخوان سازی در حال انجام است. با بررسی این نتایج می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که اولتراسونوگرافی از دقت بالاتری در بررسی روند التیام در نقیصه‌های استخوانی برخوردار بوده و در صورتی که علی‌رغم عدم مشاهده اثری از التیام در رادیوگرافی، Reverberation artifact در اولتراسونوگرافی محل نقیصه استخوانی مشاهده گردد، می‌تواند نشان دهنده تشکیل ماتریکس استخوانی باشد. نکته قابل توجه دیگر در مورد اولتراسونوگرافی، قدرت اندازه‌گیری ابعاد نقیصه‌های استخوانی است (تصویر ۲). اولتراسونوگرافی برخلاف رادیوگرافی فاقد مشکلات بزرگنمایی است از این نظر نیز از رادیوگرافی دقیق‌تر است. بر اساس مقالات موجود، علاوه بر رادیوگرافی می‌توان از سونوگرافی



تصویر ۳. در یکی از موارد تصاویر اولتراسونوگرافی (a) نشان دهنده پر شدن نقیصه با کال استخوانی بود (پیکان توخالی) در حالی که رادیوگرافی عدم جوش خوردگی از نوع آتروفیک را نشان می‌داد. تصاویر هیستوپاتولوژی نیز نشان دهنده پر شدن نقیصه و تشکیل ماتریکس استخوانی بود و نتایج اولتراسونوگرافی را تأیید می‌کرد.



تصویر ۴. اندازه‌گیری طول نقیصه استخوانی توسط اولتراسونوگرافی.

به تأخیر در جوش خوردگی یا در موارد عدم جوش خوردگی، اولتراسونوگرافی داده‌هایی افزون بر آنچه در رادیولوژی دیده می‌شود، به دست می‌دهد (۷). در بیمارانی که در رادیوگرافی ساده شکستگی‌های آنها جوش خوردگی با تأخیر یا عدم جوش خوردگی تشخیص داده شده



References

- Abiri, M.M., Kirpekar, M., Ablow, R.C. (1989) Osteomyelitis: detection with US. *Radiology*. 172: 509-11.
- Abu-Serriah, M., Ayoub, A., Boyd, J., Paterson, C., Wray, D. (2003) The role of ultrasound in monitoring reconstruction of mandibular continuity defects using osteogenic protein-1 (rhOP-1). *Int J Oral Maxillofac Surg*. 32: 619-27.
- Abu-Zidan, F.M., Hefny, A.F., Corr, P. (2011) Clinical ultrasound physics. *J Emerg Trauma Shock*. 4: 501-503.
- Avery, C.M.E., Clifford, N., Niamat, J., Vaidhyanath, R. (2011) Early detection of bone union with transcutaneous ultrasound in the management of non-union of the mandible. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 49: 661-3.
- Axelrad, T.W., Einhorn, T.A. (2011) Use of clinical assessment tools in the evaluation of fracture healing. *Inj-Int J Care Inj*. 42: 301-5.
- Blokhuis, T.J., de Bruine, J.H., Brammer, J.A., den Boer, F.C., Bakker, F.C., Patka, P., Haarman, H.J., Manoliu, R.A. (2001) The reliability of plain radiography in experimental fracture healing. *Skeletal Radiol*. 30: 151-6.
- Carbó, S., Rosón, N., Vizcaya, S., Escribano, F., Zarcero, M., Medrano, S. (2006) Can ultrasound help to define orthopedic surgical complications? *Curr Probl Diagn Radiol*. 35: 75-89.
- Caruso, G., Lagalla, R., Derchi, L., Iovane, A., Sanfilippo, A. (2000) Monitoring of fracture calluses with color Doppler sonography. *J Clin Ultrasound*. 28: 20-27.
- Cho, K.H., Lee, Y.H., Lee, S.M., Shahid, M.U., Suh, K.J., Choi, J.H. (2004) Sonography of bone and bone-related diseases of the extremities. *J Clin Ultrasound*. 32: 511-521.
- Geiger, F., Lorenz, H., Xu, W., Szalay, K., Claes, L., Augat, P., Richter, W. (2007) VEGF producing bone marrow stromal cells (BMSC) enhance vascularization and resorption of a natural coral bone substitute. *Bone*. 41: 516-522.
- Harwood, P.J., Newman, J.B., Michael, A.L.R. (2010) (ii) An update on fracture healing and non-union. *Orthop Trauma*. 24: 9-23.
- Hsu, C.Y., Chiang, Y.P., Liao, C.T., Hong, Y.C. (2013) Sonographic diagnosis of a medial talar avulsion fracture. *J Clin Ultrasound*. 41: 570-573.
- Jin, W., Yang, D.M., Kim, H.C., Ryu, K.N. (2006) Diagnostic values of sonography for assessment of sternal fractures compared with conventional radiography and bone scans. *J Ultrasound Med*. 25: 1263-1268.
- Lauria, L., Curi, M.M., Chammas, M.C., Pinto, D.S., Torloni, H. (1996) Ultrasonography evaluation of bone lesions of the jaw. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 82: 351-357.
- Maffulli, N., Thornton, A. (1995) Ultrasonographic Appearance of External Callus in Long-Bone Fractures. *Inj-Int J Care Inj*. 26: 5-12.
- Masoudifard, M., Eftekhari, S., Vajhi, A., Shojaee, B. (2011) Ultrasonographic study of pelvic bones structures in horse. *J Vet Res*. 66: 15-22.
- Moed, B.R., Kim, E.C., Van Holsbeeck, M., Schaffler, M.B., Subramanian, S., Bouffard, J.A., Schaffler, M.B., Subramanian, S., Bouffard, J.A., Craig, J.G. (1998) Ultrasound for the early diagnosis of tibial fracture healing after static interlocked nailing without reaming: Histologic correlation using

تشکر و قدردانی

این پژوهش در بیمارستان دام‌های کوچک دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران انجام شده است. از تمام کارکنان این بیمارستان به خصوص جناب آقایان فسخودی، عیسی نژاد و بیجاری برای زحمات بی دریغشان قدردانی می‌گردد.



- a canine model. *J Orthop Trauma*. 12: 200-205.
18. Moed, B.R., Subramanian, S., Van Holsbeeck, M., Watson, J.T., Cramer, K.E., Karges, D.E., Craig, J.G., Bouffard, J.A. (1998) Ultrasound for the early diagnosis of tibial fracture healing after static interlocked nailing without reaming: Clinical results. *J Orthop Trauma*. 12: 206-213.
 19. Moed, B.R., Watson, J.T., Goldschmidt, P., Vanholsbeeck, M. (1995) Ultrasound for the early diagnosis of fracture-healing after interlocking nailing of the tibia without reaming. *Clin Orthop Relat Res*. 310: 137-144.
 20. Mohammadi, A., Javadrashid, R., Pedram, A., Masudi, S. (2009) Comparison of ultrasonography and conventional radiography in the diagnosis of nasal bone fractures. *Iran J Radiol*. 6: 7-11.
 21. Mukai-Higashihori, K., Baba, Y., Tetsumura, A., Tsuji, M., Ishizaki, T., Higashihori, N., Ohbayashi, N., Kurabayashi, T., Suzuki, Sh., Ohyama, K. (2008) Ultrasonographic assessment of new bone formation in maxillary distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg*. 66: 1750-1753.
 22. Nakamura, A., Akahane, M., Shigematsu, H., Tadokoro, M., Morita, Y., Ohgushi, H., Dohi, Y., Imamura, T., Tanaka, Y. (2010) Cell sheet transplantation of cultured mesenchymal stem cells enhances bone formation in a rat nonunion model. *Bone*. 46: 418-424.
 23. Niemeyer, P., Szalay, K., Luginbuhl, R., Sudkamp, N.P., Kasten, P. (2010) Transplantation of human mesenchymal stem cells in a non-autogenous setting for bone regeneration in a rabbit critical-size defect model. *Acta Biomater*. 6: 900-908.
 24. Rawool, N.M., Goldberg, B.B., Forsberg, F., Winder, A.A., Hume, E. (2003) Power doppler assessment of vascular changes during fracture treatment with low-intensity ultrasound. *J Ultrasound Med*. 22:145-153.
 25. Risselada, M., Kramer, M., De Rooster, H., Taeymans, O., Verleyen, P., Van Bree, H. (2005) Ultrasonographic and radiographic assessment of uncomplicated secondary fracture healing of long bones in dogs and cats. *Vet Surg*. [Article; Proceedings Paper]. 34: 99-107.
 26. Risselada, M., Kramer, M., Saunders, J.H., Verleyen, P., Van Bree, H. (2006) Power Doppler assessment of the neovascularization during uncomplicated fracture healing of long bones in dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound*. 47: 301-306.
 27. Risselada, M., Van Bree, H., Kramer, M., Chiers, K., Duchateau, L., Verleyen, P., Saunders, J. (2006) Evaluation of nonunion fractures in dogs by use of B-mode ultrasonography, power Doppler ultrasonography, radiography, and histologic examination. *Am J Vet Res*. 67: 1354-1361.
 28. Risselada, M., Van Bree, H., Kramer, M., Chiers, K., Duchateau, L., Verleyen, P. (2008) Correlation of histology of healed fractures and tissue surrounding implants with ultrasonographic and radiographic appearance. *J Small Anim Pract*. 49: 226-232.
 29. Sun, M.H., Leung, K.S., Zheng, Y.P., Huang, Y.P., Wang, L.K., Qin, L., Leung, A.H., Chow, S.K., Cheung, W.H. (2012) Three-dimensional high frequency power Doppler ultrasonography for the assessment of microvasculature during fracture healing in a rat model. *J Orthop Res*. 30: 137-143.
 30. Thiede, O., Kromer, J.H., Rudack, C., Stoll, W., Osada, N., Schmal, F. (2005) Comparison of ultrasonography and conventional radiography in the diagnosis of nasal fractures. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 131: 434-439.
 31. Troulis, M.J., Coppe, C., O'Neill, M.J., Kaban, L.B. (2003) Ultrasound: Assessment of the distraction osteogenesis wound in patients undergoing mandibular lengthening. *J Oral Maxillofac Surg*. 61: 1144-1149.
 32. Wang, P.H., Chern, T.C., Su, W.R., Jou, I.M. (2009) Ultrasonography applied in guiding the reduction and assessing the healing of distal humeral epiphysis fracture-separation in a neonate- A case report. *Eur J Radiol Extra*. 72: e91-e6.



Comparison of diagnostic accuracy of ultrasonography and radiology in radial critical-sized defects healing process in rabbit

Abbasnia, P.¹, Dehghan, M.M.^{1*}, Molazem, M.¹, Nassiri, S.M.², Vajhi, A.R.¹, Sharifi, D.¹, Pourreza, B.¹, Mohajeri, S.F.¹

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

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

(Received 11 December 2013, Accepted 16 February 2014)

Abstract:

BACKGROUND: Healing of Critical-Sized Defects (CSDs) is one of the major challenges facing orthopedic surgeons. To assess the bone healing process usually plain radiography is used. Serial radiography results in certain side effects and recent findings are indicating the early detection of bone healing via ultrasonography. **OBJECTIVES:** The purpose of current study is to compare the diagnostic accuracy of radiography and ultrasonography in healing process of radial CSDs in rabbit. **METHODS:** Sixteen New Zealand White Rabbits were used in this study. The radial CSDs of 15 mm size were created in a routine surgical procedure described previously and the two diagnostic tools were compared 12 weeks post-surgery. In case of obtaining different results from radiology and ultrasonography, to determine which diagnostic imaging method is of more accuracy, the histopathologic results of samples from the same day were used. **RESULTS:** In 15 cases of 16, ultrasonography findings were confirmed by radiography and only in one case they were in contradiction, in which radiographs showed an Atrophic Nonunion while Ultrasound detected an outstanding filled defect with a reverberation artifact underneath. In histopathology, the defect was filled with an osteoid matrix of high cellularity and calcification was obvious in some regions, confirming the ultrasound results. **CONCLUSIONS:** This study indicates that in diagnostic imaging of CSDs, the ultrasonography and radiography are usually consonant and even ultrasound is more accurate than radiology. In addition, in case of detection of a reverberation artifact and lack of any healing-related finding in radiography, this artifact may be an indication of osteoid matrix formation.

Key words: bone defects, radiology, reverberation artifact, ultrasonography

Figure Legends and Table Captions

Figure 1. To induce an atrophic nonunion model, 15 mm of radial bone length was removed in a standard surgical procedure.

Figure 2. In most cases the radiographs and ultrasound images were consonant.

Figure 3. In one of the cases the defect was filled with callus (hollow arrow) in ultrasonography (a), while atrophic nonunion was detected in radiography (b). Gap filling and osteoid matrix formation was obvious in histopathologic images, confirming the ultrasound results.

Figure 4. Defect size measurement by ultrasound.

*Corresponding author's email: mdehghan@ut.ac.ir, Tel: 021-61117039, Fax: 021-66933222

J. Vet. Res. 69, 2:103-110, 2014

