مقاله تحقیقی
مجله تحقیقات دامپزشکی، ۱۳۹۶، دوره ۷۲، شماره ۴، ۴۷۳-۴۶۷
DOI: 10.22059/jvr.2018.104369.2148
Original Article

بررسی اکوکاردیوگرافی و بافت شناسی قلب در فیلماهی نابالغ دو و نیم ساله

امید زهتاب ور[۱] علیرضا وجهی[۲*] زهرا طوطیان[۱] مجید مسعودی فرد[۲] جواد صادقی نژاد[۱] سمیه داودی پور[۲]

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

۲) گروه جراحی و رادیولوژی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۱۹ تیر ماه ۱۳۹۶، پذیرش نهایی: ۱۱ مهر ماه ۱۳۹۶)

چکیده

زمینه مطالعه: فیل‌ماهی (*Huso Huso*) یکی از گونه‌های ماهیان خاویاری بوده که امروزه در ایران به صورت مصنوعی با اهداف گوناگون پرورش داده می‌شود. یکی از مهمترین دستگاه‌های بدن دستگاه گردش خون می‌باشد و قلب مهمترین عضو این دستگاه است. تاکنون بررسی چندانی روی قلب ماهیان خاویاری انجام نشده است. **هدف:** این مطالعه با هدف مشخص کردن ساختار دقیق دیواره بخش‌های مختلف قلب در فیل‌ماهی با استفاده از روش‌های اکوکاردیوگرافی و بافت شناسی انجام شد. **روش کار:** تعداد ۶ عدد فیل ماهی نابالغ نر (۲/۵ ساله) مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام اکوکاردیوگرافی، پروب در سطح ونترال بین باله‌های سینه‌ای قرار داده شد. ابتدا مطالعات مرفولوژی ماکروسکوپیک ساختارهای مختلف قلب در محل توپوگرافیک آن‌ها انجام شد، سپس نمونه‌ها از بدن خارج شد بررسی‌های دقیق‌تر انجام گرفت. برای انجام مطالعات بافت شناسی از روش‌های معمول فیکساسیون و رنگ آمیزی هماتوکسیلین ائوزین استفاده شد و لام‌ها به وسیله میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار گرفت. **نتایج:** کلیه ساختارهای قلب شامل سینوس وریدی، دهلیز، بطن، مخروط شریانی و پری‌کارد با حرکات مختلف پروب قابل مشاهده بود. پرده پری‌کارد با اکویی یکنواخت دور تا دور ساختارهای قلب را گرفته بود. سینوس وریدی دارای دیواره بسیار نازکی بود که دارای انقباض و انبساط نبود. دهلیز دارای دیواره‌ای کاملاً عضلانی بود و در آن انقباض و انبساط مشاهده می‌شد. دیواره عضلانی بطن دارای یک لایه متراکم اطرافی و یک لایه اسفنجی مرکزی بود. مخروط شریانی دارای دیواره عضلانی مشخص همراه با بافت همبندی بود. یافته‌های حاصل از مطالعات بافت شناسی نشان داد قلب فیل‌ماهی نیز دارای سه لایه کلی اپی‌کارد، میوکارد و آندوکارد است. در مجموع، یافته‌های بافت شناسی با نتایج اکوکاردیوگرافی منطبق بود. **نتیجه‌گیری نهایی:** این مطالعه اولین بررسی ویژگی‌های اکوکاردیوگرافی بخش‌های مختلف قلب فیل‌ماهی است. این نتایج با نتایج بافت شناسی تطبیق داده شد. اطلاعات و یافته‌های طبیعی حاصل از این مطالعه می‌تواند برای بررسی تغییرات مختلف آناتومیک یا پاتولوژیک قلب فیل ماهی در طرح‌های مختلف پژوهشی مورد استفاده قرارگیرد.

واژه‌های کلیدی: فیل‌ماهی، قلب، اکوکاردیوگرافی، بافت شناسی

مقدمه

فیل‌ماهی (*Huso huso*) یکی از انواع ماهیان خاویاری است که امروزه در ایران به صورت مصنوعی با اهداف گوناگون مانند تولید خاویار و جلوگیری از انقراض این گونه پرورش داده می‌شود. یکی از مهمترین دستگاه‌های بدن انواع مختلف مهره داران، دستگاه گردش خون می‌باشد و قلب به عنوان ساختاری که با کارکرد خود گردش خون را در این دستگاه ممکن می‌کند، دارای اهمیت بسیاری است. تفاوت‌های ساختاری و عملکردی دستگاه گردش خون در مهره‌داران بر اساس توانایی دستگاه گردش خون برای تبادل گازها در فشارهای مختلف هوا و نیازهای مختلف این دسته از جانداران می‌باشد. یکی از مهمترین تفاوت آبزیان و موجودات خشکی‌زی تفاوت در قلب و عروق اصلی است (۶). به طور مثال دستگاه گردش خون دارای ویژگی‌های تاکسونومیک مهمی در گروه ماهیان خانواده تن‌ماهیان می‌باشد، همینطور الگوی شاخه‌شاخه شدن سرخرگ‌ها در سر ماهیان گروه نرم‌آبششداران دارای اهمیت زیادی است و می‌توان با بررسی آن‌ها به فرضیه‌های فیلوژنیک خاصی رسید (۱۳). آشنایی با ساختار قلب و سایر بخش‌های دستگاه گردش خون در ماهیان خصوصا در ماهیان خاویاری می‌تواند در بررسی روند بیماریزایی در این‌اندام‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

اکوکاردیوگرافی (پژواک نگاری قلب) که به عنوان یکی از بهترین روش‌های بررسی قلب موجودات زنده مطرح است، می‌تواند جهت بررسی دقیق‌تر قلب ماهیان خاویاری نیز مورد استفاده قرار گیرد. تاکنون محققان کشورمان از اولتراسونوگرافی با اهداف گوناگونی مانند تشخیص جنسیت در ماهیان خاویاری استفاده کرده‌اند (۱۶، ۱۲). همچنین در برخی از ماهیان مانند زبرافیش (Danio rerio) و چند گونه از کوسه‌ها نیز از اکوکاردیوگرافی استفاده شده است. Lei Sun و همکاران در سال ۲۰۰۸ در زبرا فیش بالغ با هدف بررسی بازسازی قلب از اکوکاردیوگرافی با فرکانس بالا استفاده کردند. در سال ۲۰۰۴ با استفاده از اکوکاریوگرافی به بررسی مقایسه‌ای عملکرد بطن قلب پنج گونه کوسه پرداخته شده است. در سال ۲۰۰۴ با استفاده از اکوکاردیوگرافی ارتباط بین پری‌کارد و کانال پری‌کاردیوپریتوئنال را با عملکرد قلبی در *Acipenser transmontanus* مورد بررسی قرار گرفت. آناتومی و مراحل تکوین این ساختار در برخی ماهیان خاویاری هم توسط دیگر دانشمندان مورد بررسی قرار گرفته است. در سال ۲۰۰۹ به بررسی مراحل تکوین ساختار قلب در *Acipenser naccarii* پرداخته شده است. در سال ۲۰۰۲ بافت شناسی مخروط شریانی را در *Acipenser naccarii* مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه تاکنون بررسی

*) نویسنده مسئول: تلفن: ۶۱۱۱۷۱۲۰-۰۲۱ نمابر: ۶۶۹۳۳۲۲۲-۰۲۱ Email: avajhi@ut.ac.ir

چندانی در مورد ساختار بخش‌های مختلف تشکیل دهنده قلب در فیل‌ماهی انجام نشده است، این مطالعه با هدف مشخص کردن ساختار دقیق دیواره بخش‌های مختلف قلب در این گونه از ماهیان انجام شـد. در این پژوهش از اکوکاردیوگرافی به عنوان یکی از بهترین روش‌های بررسی ساختار قلب در حیوان زنده اسـتفاده شـد و برای تکمیل اطلاعات و تفسیر هرچه بهتر داده‌های حاصل بررسی‌های بافت شناسی هم مورد استفاده قرار گرفت.

مواد و روش کار

تعداد ۶ عدد فیل ماهی (*Huso huso*) نابالغ نر ۲/۵ سـاله با متوسط وزن ۳/۵ kg از یـک مرکـز پـرورش خصوصی خریداری و به دانشـکده دامپزشـکی دانشـگاه تهران منتقل گردیدند. لازم به ذکر اسـت که برای تعیین جنسیت نمونه‌های انتخاب شده از روش استاندارد اولتراسونوگرافی اسـتفاده شـد (۱۶). در طول مدت انتقال و نگهداری ماهی‌ها، با استفاده از پمـپ، هوادهی آب برای تأمین هوای مورد نیاز آن‌ها، انجام شـد. با توجه بـه عدم مقاومت ماهی‌ها برای انجام اکوکاردیوگرافی در داخل آب، از مواد بی هوشـی و آرام بخش استفاده نشـد. برای انجام اکوکاردیوگرافی ماهی در داخل وان مسـتطیلی پر از آب قرار داده شـد. در این مطالعه از دسـتگاه اولتراسـونوگرافی پرتابل مدل Sonosite-MicroMaXX ساخت کشور امریـکا و پروب خطی با فرکانس ۱۲-۶ مگاهرتز اسـتفاده گردید. در زمان انجام اکوکاردیوگرافی ماهی در داخل وان پر از آب طوری که ناحیه ونترال بدن رو به بالا باشد، با دست نگاه داشته شد. از رهیافت ونترال بین باله‌های سـینه‌ای اسـتفاده و تصاویر طولی و عرضی تهیه گردید. با توجه به انجام سـونوگرافی داخل آب نیازی به اسـتفاده از ژل سونوگرافی نبود. با استفاده از اطلاعات موجود در مورد ساختار کلی آناتومی و شیوه قرارگیری قلب در ماهیان (۱،۲)، بخش‌های مختلف قلب تشـخیص داده شـد و ویژگی‌های ساختاری آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی ساختار سینوس وریدی و دهلیز که خلفی‌تر از سایر بخش‌ها بودند، پروب در بخش عقبی فضای بین باله‌های سینه‌ای و برای بررسی مخروط شریانی در بخش‌های قدامی‌تر قرار داده شد. برای بررسی بطن هم پروب بینابین این دو فضا قرار داده گرفت.

بعـد از انجام مراحل اکوکاردیوگرافی هر شـش نمونه، بررسـی‌های مرفولوژی ماکروسـکوپیک با ایجاد برشـی مثلثی در سطح شکمی محل قرارگیـری حفره پـری‌کاردی روی نمونه‌ها و دسترسـی به فضای داخلی پری‌کارد انجام شد. ساختارهای مختلف قلب در ابتدا در محل توپوگرافیک خود مورد مطالعه قرار گرفتند سپس با خارج کردن نمونه‌ها جزئیات بیشتر آن‌ها مورد توجه قرار گرفت. برای انجام بررسی‌های بافت شناسی نمونه‌های قلب به وسـیله سالین نرمال شستشو داده شد. سپس قطعات مختلف قلب شـامل سـینوس وریدی، دهلیز، بطن و مخروط شریانی و نیز دریچه‌های مابین آن‌ها برش داده شـد و برای ثبـوت بافتی در داخل محلول فرمالین ده درصد قرار داده شـدند. سپس قطعات مختلف قلب برای مطالعه، برش خـورد و برای ثبوت بافتی در داخل محلول فرمالین ده درصد قرار گرفتند. پس از ثبوت بافتی، آبگیری با سری صعودی الکل، شفاف سازی با گزیلول و آغشـته سـازی با پارافین جهت پاسـاژ بافتی صورت گرفت. از هر قالب پارافینی، ۵ گسـترش بافتی به ضخامت ۶ μm تهیه شـد و رنگ آمیزی هماتوکسـیلین- ائوزین و تری کروم ماسـون انجام گرفت. گسترش‌های بافتی زیر میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین مورد مطالعه قرار گرفت و تصاویر لازم اخذ شد.

نتایج

لازم به ذکر است که نتایج اشاره شده در این بخش در تمامی نمونه‌های مورد بررسی به صورت یکسان مشاهده شده است.

بررسـی‌های اکوکاردیوگرافـی: کلیه ساختارهای قلب شامل سینوس وریدی، دهلیز، بطن، مخروط شریانی و پری‌کارد با حرکات مختلف پروب قابل مشاهده بود.

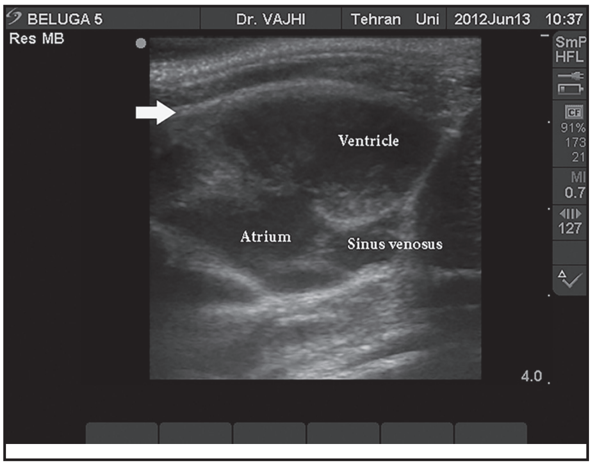
پرده پری‌کارد با اکویی یکنواخت دور تا دور ساختارهای قلب را گرفته بـود، البته در قسـمت خلفی یعنـی در مجاورت بطن و سـینوس وریدی ضخامت بیشتری داشت (تصویر۱).

سـینوس وریدی دارای دیواره بسیار نازک فاقد انقباض و انبساط بود. این دیواره ساختاری کاملاً اکوژن داشت (تصویر۱) و در محل تخلیه شدن سینوس وریدی به دهلیز یک دریچه مشاهده شد (تصویر۱)، که هماهنگ با انقباض و انبساط دهلیز باز و بسته می‌شد.

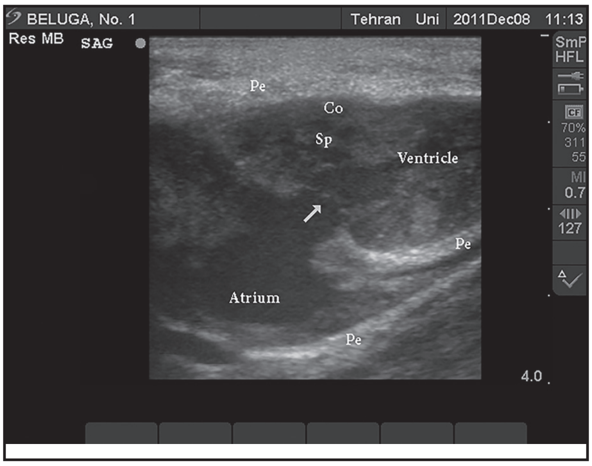
دیـواره دهلیز کاملاً عضلانی و هیپواکوئیک بـود و در آن انقباض و انبسـاط مشاهده شد (تصویر۱). در محل تخلیه دهلیز به بطن یک دریچه مشاهده گردید. بطن دارای دیواره‌ای عضلانی دو لایه‌ای، شامل یک لایه متراکم اطرافی و یک لایه اسفنجی مرکزی بود (تصویر۲). در زمانی که این ساختار با سیستم داپلر مورد بررسی قرار گرفت، خونی که وارد بطن می‌شد، در بینابین لایه عضلانی اسـفنجی بطن پخش می‌گردید. لایه اسـفنجی نمای هتروژن داشت و از بخش‌های هیپوکوئیک و هایپراکوئیک تشکیل شده بود، ولی بخش متراکم دارای اکوژنیسیته یکنواخت و هیپواکوئیک بود.

مخروط شریانی دارای دیواره عضلانی مشخصی بود (تصویر۳). دیواره این ساختار در زمان انقباض دارای ۵ لایه (از داخل شامل اکوژن نازک، آن اکوئیک نه چندان نازک، اکوژن نازک، هیپواکوئیک نسبتاً ضخیم و اکوژن ضخیم) و در زمان انبسـاط لایه هیپواکوئیک وسط نازک می‌شد و ممکن بود در بررسی دو لایه اکوژن دو طرف این لایه به هم چسبیده به نظر آیند و در مجموع سـه لایه به نظر برسـند (تصویر۳). در داخل مخروط شریانی سـه ردیف دریچه وجود داشـت. کلیه دریچه‌های مشاهده شده به صورت اکوژن بودند.

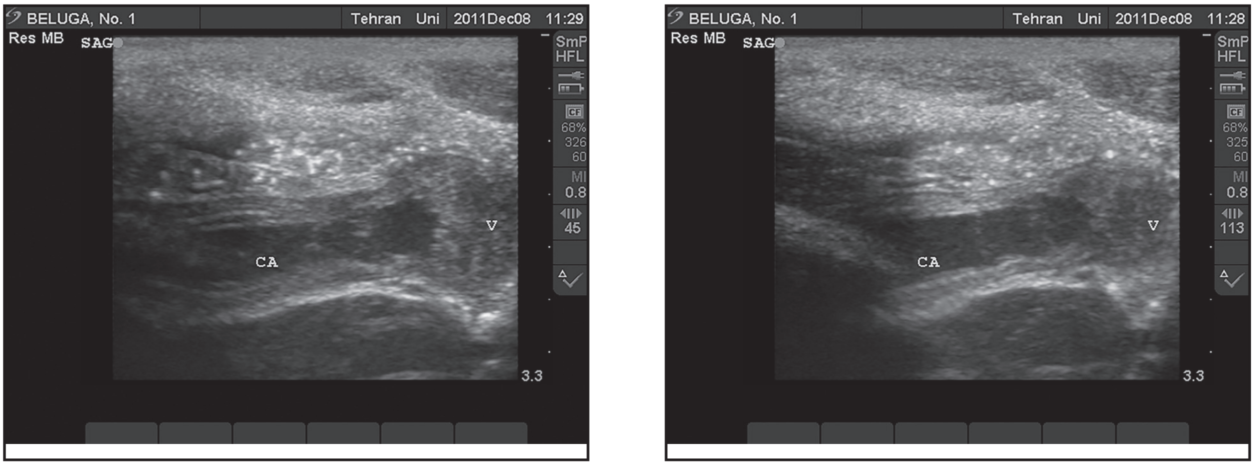
بررسی‌های بافت شناسی: یافته‌های حاصل از مطالعات بافت شناسی نشـان داد قلـب فیل‌ماهی نیز دارای سـه لایه کلی اپـی‌کارد، میوکارد و



تصویر۱. نمای طولی (مدین) قلب در فیل ماهی، ساختارهای سینوس وریدی، دهلیز و بطن مشاهده می‌شوند. پیکان به پری کارد اشاره دارد.



تصویر۲. نمای طولی (پاراساژیتال چپ) قلب در فیل ماهی، دریچه بین دهلیز و بطن با یک پیکان نشان داده شده است.
(Pe: Pericardium, Co:Compact layer of ventricle septum, Sp: Spongy layer of ventricle septum).

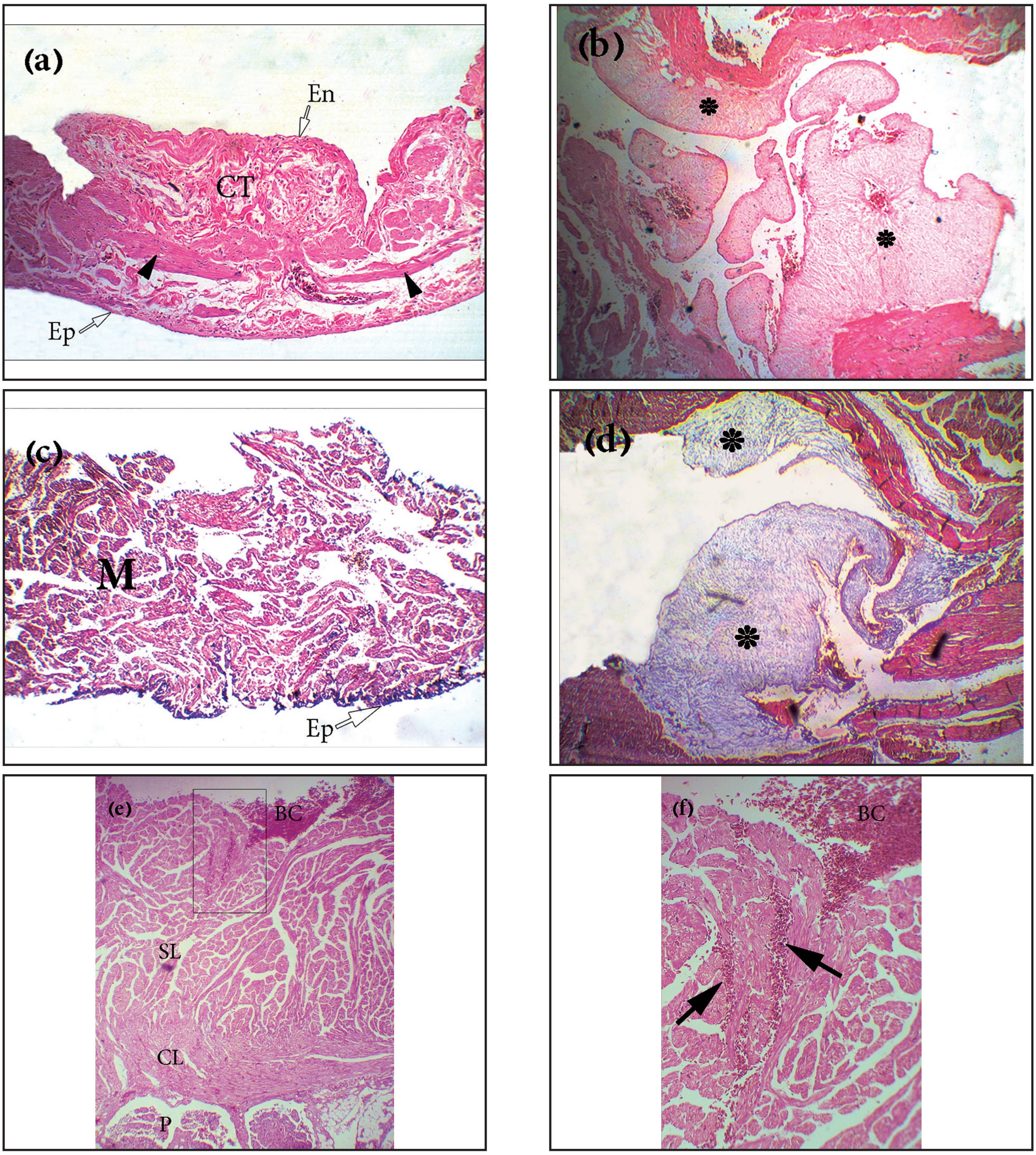


تصویر۳. نمای طولی (پاراساژیتال راست) مخروط شریانی در فیل ماهی، در سونوگرام سمت راست مخروط شریانی در حال انبساط و در سونوگرام سمت چپ مخروط شریانی در حال انقباض است. در هر دوی این تصاویر در دیواره آن پنج لایه مشخص می‌باشد. (CA: Conus Arteriosus, V: Ventricle).

آندوکارد است. لایه اپی‌کارد عمدتاً دارای سلول‌های مزوتلیوم روی لایه‌ای نـازک از بافـت همبندی بوده که در برخی نواحی با پـرده پری‌کارد ادغام شـده اسـت. پرده پری‌کارد به صورت بافت همبندی بوده که داری عروق و اعصاب فراوان می‌باشـد و به سـاختارهای پیرامون قلب نیز اتصال دارد. سینوس وریدی دارای دیواره نازکی بود که اغلب از بافت همبندی و مقدار کمی رشته‌های عضلانی تشکیل شده است (تصویر a۴). در گسترش‌های بافتی دریچه بین سینوس وریدی و دهلیز به صورت بافت همبندی در مرز بین این دو سـاختار قابل مشـاهده بود. لایه آنـدوکارد روی این دریچه را پوشانده بود (تصویر b۴). دهلیز دارای دیواره ضخیم‌تری نسبت به سینوس وریدی بوده و رشـته‌های عضلانی آن در تمام جهات پراکنده بودند. علاوه برآن اریتروسـیت‌ها نیز لابلای این عضلات قابل مشـاهده بودند (تصویر c۴). در مـرز بین دهلیز و بطن نیز دریچه دهلیزی- بطنی به صورت بافت همبندی قابل مشـاهده بود که توسـط آندوکارد پوشانده شده بود (تصویر d۴). در بررسی بافت شناسی، جدار بطن دارای ساختار عضلانی ضخیمی بـود. این عضلات در دو لایه یکـی در اطراف به صورت متراکم و دیگری در داخل به صورت اسفنجی کاملاً تفکیک بودند (تصویر e۴). علاوه برآن اریتروسیت‌های فراوانی در بین رشته‌های عضلانی لایه اسفنجی نیز قابل مشـاهده بود (تصویرf۴). در جدار مخروط شـریانی نیز دسـت کم دو لایه عضلانی قابل مشـاهده بوده و لایـه اپی‌کارد آن با پرده پـری‌کارد ادغام می‌شود (تصویر a۵). در مجرای مخروط شریانی، دریچه‌هایی از بافت هم بندی سست با پوششی از آندوکارد وجود داشت (تصویرb۵).

بحث

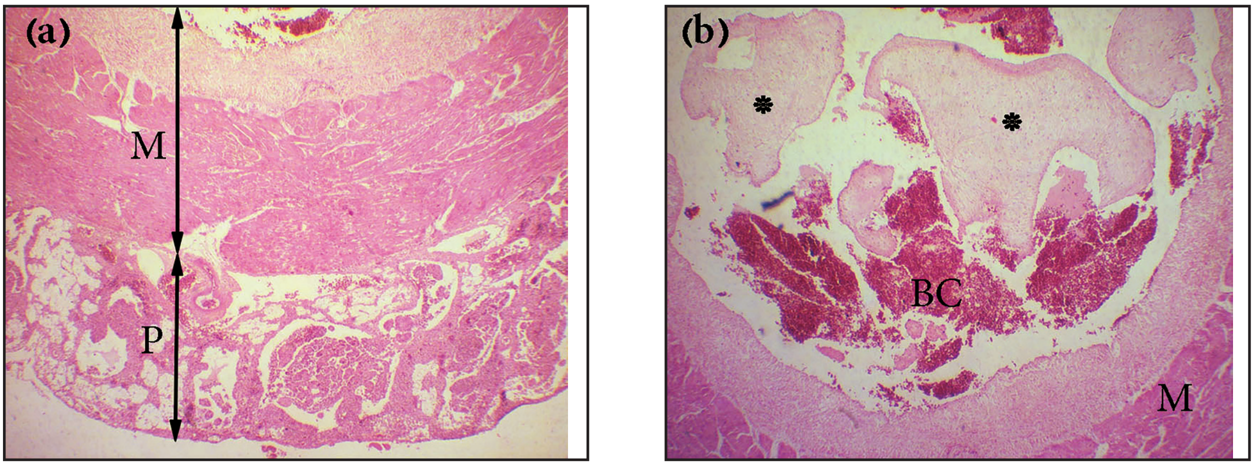
قلب فیل‌ماهی از چهار قسـمت اصلی شامل سینوس وریدی، دهلیز، بطن و مخروط شـریانی تشکیل شده اسـت. مطالعه قسمت‌های مختلف قلب فیل‌ماهی مطابقت کلی یافته‌های اکوکاردیوگرافی را با بررسـی‌های بافت شناسـی نشان می‌دهد. ساختمان کلی لایه‌های تشکیل دهنده قلب فیل ماهی (شـامل اپی‌کارد، میوکارد و آندوکارد) شبیه سایر ماهیان است.



تصویر۴. مقاطع بافت شناسی قسمت‌های مختلف قلب فیل‌ماهی. (a): مقطع بافتی سینوس دهلیزی. در نمای میکروسکوپی آندوکارد (En) و اپی کارد (Ep) مشخص است. میوکارد عمدتاً از بافت همبندی (CT) و مقدار کمی عضله (سرپیکان ها) تشکیل شده است (هماتوکسیلین-ائوزین، ۱۰x). (b): مقطع بافتی دریچه بین سینوس وریدی و دهلیز. دریچه‌ها به صورت بافت همبندی (ستاره‌ها) مشخص‌اند (هماتوکسیلین-ائوزین، ۴۰x). (c): مقطع بافتی دهلیز. اپی کارد (Ep) به صورت یک لایه سلول-های سنگفرشی ساده بر روی بافت همبندی مشخص است. علاوه بر آن عضلات (M) نیز در جهات مختلف قرار گرفته‌اند (تری کروم ماسون، ۴۰x). (d): مقطع بافتی دریچه بین دهلیز و بطن. دریچه‌ها با ستاره مشخص شده‌اند (تری کروم ماسون، ۴۰x). (e): مقطع بافتی بطن. پری‌کارد (P)، لایه عضلانی متراکم (CL) و لایه عضلانی اسفنجی (SL) در تصویر مشخص است (هماتوکسیلین-ائوزین، ۴۰x). (f): مقطع بافتی لایه اسفنجی بطن (بزرگنمایی کادر مشخص شده در تصویر f). عروق خونی موجود در عضله با دو پیکان مشخص شده‌اند. علاوه برآن خون (BC) نیز در مجرای بطن مشخص شده است (هماتوکسیلین-ائوزین، ۱۰۰x).

پری‌کارد در قسمت‌های مختلف قلب چسبیده به لایه اپی‌کارد وجود داشته و در قسمت خلفی که مجاور حفره بطنی قرار می‌گیرد ضخیم‌تر شده و ساختاری مشابه دیافراگم ایجاد می‌کند، در منابع به وجود چنین ساختاری در ماهیان خاویاری و کوسه ماهیان هم اشاره شده است، قسمت خلفی پری‌کارد را دیواره عرضی می‌نامند (۲، ۱).

دیواره سینوس وریدی بسیار نازک بوده و دارای رشته‌های عضلانی بسیار کم و مقادیر زیاد بافت همبندی است، بر این اساس در اکوکاردیوگرافی، دیواره‌ای نازک به صورت اکوئیک در این ناحیه دیده



تصویر۵. مقاطع بافتی مخروط شریانی قلب فیل ماهی. (a): مقطع بافتی مخروط شریانی. لایه‌های عضلانی (M) و نیز پری‌کارد (P) به اپی‌کارد مخروط شریانی چسبیده است در تصویر مشخص می‌باشد (هماتوکسیلین-ائوزین، ۴۰x). (b): مقطع بافتی دریچه‌های موجود در مخروط شریانی. لایه عضلانی (M)، عروق خونی در داخل مجرا (BC) و دریچه‌ها (ستاره‌ها) در تصویر مشخص است (هماتوکسیلین-ائوزین، ۴۰x).

می‌شود. خصوصیات بافت شناسی مشــابه در دیواره سینوس وریدی سایر ماهیان نیز گزارش شده است (۳). بین سینوس وریدی و دهلیز یک دریچه وجود دارد که در اکوکاردیوگرافی به خوبی مشخص است.

دهلیز دارای دیواره عضلانی و مشخصی است که در اکوکاردیوگرافی به خوبی مشــخص می‌باشــد. بین دهلیز و بطن دریچه‌ای وجود دارد که از برگشــت خون جلوگیری می‌کند. اشاره شده اســت که دهلیز با انقباض و انبساط خود باعث ایجاد جریان و افزایش سرعت خون می‌شود (۲).

ساختار جدار بطن در ماهیان متفاوت است و از یک لایه عضله ترابکول دار تا لایه‌های عضلانی وســیع ترابکول دار متغیر اســت (۱). دیواره بطن در قلب فیل‌ماهی دارای دو لایه عضلانی مشــخص اســت، لایه خارجی دارای تراکم بیشتری است و لایه دیگر که داخلی است، به صورت اسفنجی می‌باشد. این حالت دیواره بطن، به خوبی در اکوکاردیگرافی قابل مشاهده است. در زمان ورود خون به بطن، خون وارد فضاهای بینابین لایه عضلانی اسفنجی می‌شود، که در تصویرگیری با استفاده از سیستم داپلر و حتی به صورت تصویربرداری ساده به خوبی این حالت قابل مشاهد است. در مقاطع بافتی نیز به صورت اریتروســیت‌های منتشر در لاکونه‌های بافت اسفنجی میوکارد دیده می‌شــود. بطن با ضربان خود باعث افزایش ســرعت و ایجاد جریان خون می‌شــود (۲)، اما وجود این حفرات پرخون در لایه اســفنجی میوکارد بطن منجربه افزایش قدرت انقباضی و کارآیی بطن می‌گردد (۱).

دیواره مخروط شــریانی دارای ســاختار عضلانی است با این تفاوت با بطن و دهلیز که در بین لایه عضلانی خطوط بافت همبندی هم مشاهده می‌شود. که این ساختار در اکوکاردیگرافی هم مشخص است. در منابع به وجود بافت همبند الاستیک در اپی‌کارد و رشته‌های کلاژن و رتیکولر بین رشــته‌های عضلانی مخروط شریانی و رشــته‌های طولی کلاژن، رتیکولر و الاســتیک در آندوکارد مخروط شریانی قلب ماهیان اشاره شده است که سبب خاصیت کشسانی آن است (۳،۵،۷). در اوکاردیوگرافی هنگام انقباض ۵ لایه به خوبی مشــخص اســت. ایــن لایه‌ها را می‌توان با ســاختارهای مشاهده شده در بافت شناسی انطباق داد، از داخل به خارج لایه اکوژن نازک معادل اندوکارد، لایه آن‌اکوئیک نه چندان نازک معادل اولین لایه عضلانی، لایه اکوژن نازک معادل مرز بین دولایه عضلانی که به خاطر تفاوت میزان نفوذ صوت در این دولایه مشاهده می‌شود، لایه هیپواکوئیک ضخیم معادل دومین لایه عضلانــی و لایه اکوژن ضخیم معادل لایه اپی‌کارد به همراه پری‌کارد. در اکوکاردیوگرافی هنگام زمان انبساط لایه هیپواکوئیک وسط نازک می‌شد و ممکن است در بررسی دو لایه اکوژن دو طرف این لایه به هم چسبیده به نظر آیند و در مجموع کلا سه لایه به نظر برسند، که باید به این موضوع توجه داشت. Icardo و همکاران در مطالعات خود در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۲ بیان کرده‌اند که مخروط شــریانی ســرعت خون را زیاد نمی‌کند، بلکه یک حفره انعطاف‌پذیر است که باعث کاهش نوسانات فشار خون و تبدیل جریان متناوب خون خارج شده از بطن به جریانی بدون نوسان و مداوم می‌شود. در فیل ماهی تعداد ۳ ردیف دریچه در طول مخروط شــریانی وجود دارد که دارای بافت همبندی سست با پوششی از آندوکارد می‌باشند. تعداد ردیف‌های دریچه‌های موجود در مخروط شریانی بر اساس طول آن در گونه‌های مختلف متفاوت است (۱۴)، اما ساختار بافتی کلی آن یکسان می‌باشد. در گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری سه ردیف دریچه با شــکل‌های مختلف گزارش شده است (۸). در سگ ماهی دو ردیف دریچه به همراه ســتیغ‌هایی بین آن دو گزارش شده است (۱۵). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بافت همبند سست هسته این دریچه را تشکیل می‌دهد، این دریچه‌ها در جلوگیری از بازگشــت جریان خون نقش بســزایی داشته و به عنوان اسفنکتر بطنی–مخروطی عمل می‌کنند. نتایج حاصل از این مطالعه با موارد اشاره شده در مورد ساختار بافتی قلب سایر ماهیان خاویاری مطابقت داشت (۹، ۸، ۷، ۶). این مطالعه اولین بررسی ویژگی‌های اکوکاردیوگرافی بخش‌های مختلف قلب فیل‌ماهی است.

با توجه به مشخص شدن ویژگی‌های مختلف بافتی بخش‌های تشکیل دهنده قلب در فیل‌ماهی و مطابقت آن‌ها با اکوکاردیوگرافی این ساختارها،

می‌توان برای بررســی تغییرات مختلف آناتومیک و یا پاتولوژیک قلب در این ماهی در طرح‌های مختلف پژوهشی از اطلاعات طبیعی حاصل از این مطالعه برای انجام بررسی‌های اکوکاردیوگرافی و بافتی استفاده نمود. لازم به ذکر اســت که استفاده از اولتراســونوگرافی یا به صورت کلی روش‌های تصویر برداری تشــخیصی در انواع مطالعات ایــن امکان را فراهم می‌آورد که نمونه‌ها در مراحل مختلف برای نمونه گیری کشــته نشــوند و تمامی نمونه‌ها برای انجام کامل بررسی‌ها تا پایان مطالعه زنده باقی بمانند. یکی از ویژگی‌های مهم استفاده از اولتراسونوگرافی برای ماهیان، راحتی کار با دستگاه‌های پورتابل ســونوگرافی است که به راحتی قابل انتقال به محل پرورش و نگهداری ماهیان هستند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله برخود واجب می‌دانند که از همکاری‌های بی دریغ و ارزشمند اعضای هیات علمی، کارشناسان و رزیدنت‌های محترم بخش آناتومی و رادیولوژی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران کمال تشکر را داشته باشند.

References

1. Farrell, A.P., Jones, D.R. (1992) Fish physiology, The cardiovascular system, Academic Press. p. 1- 7.
2. Farrell, A.P. (2007) Cardiovascular Systems in Primitive Fishes. Fish Physiology. 26: 53-120.
3. Genten, F., Terwinghe, E., Danguy, A. (2009) Atlas of fish histology. Science Publishers, USA. p. 47-52.
4. Gregory, J. A., Graham, J. B., Cech, Jr., Dalton, N., Michaels, J., Lai, N. C. (2004) Pericardial and pericardioperitoneal canal relationships to cardiac function in the white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), Comparative Biochemistry and Physiology, Part A. 138: 203- 213.
5. HU, N., Yost H. J., Clark, E.B. (2001) Cardiac Morphology and Blood Pressure in the Adult Zebrafish, The Anatomical Record. 264: 1-12.
6. Icardo, J. M., Colvee, E., Cerra, M. C., Tota, B. (2002) The Structure of the Conus Arteriosus of the Sturgeon (*Acipenser naccarii*) Heart: II. The Myocardium, the Subepicardium, and the Conus-Aorta Transition. The Anatomical Record. 268: 388-398.
7. Icardo, J. M., Colvee, E., Cerra, M. C., Cerra, M. C., Tota, B. (2002) The Structure of the Structure of the Conus Arteriosus of the Sturgeon (*Acipenser naccarii*) Heart. I: The Conus Valves and the Subendocardium, The Anatomical Record. 267: 17-27.
8. Icardo, J.M., (2006) Conus Arteriosus of the Teleost Heart: Dismissed, But Not Missed, The Anatomical Record, Part A. 288A: 900-908.
9. Icardo, J.M., Guerrero, A., Duran, A.C., Colvee, E., Domezain, A., Sans-Coma, V. (2009) The Developmental Anatomy of the Heart of the Sturgeon *Acipenser naccarii*. Biology, Springer Science. p.137-152.
10. Lai, N. C., Dalton, N., Lai, Y. Y., Kwong, C., Rasmussen R., Holts, D., B., Graham J. (2004) A comparative echocardiographic assessment of ventricular function in five species of sharks, Comparative Biochemistry and Physiology, Part A. 137: 505-521.
11. Lei, S., Lien, C., Xu, X., Shung, K. K. (2008) In vivo cardiac imaging of adult zebrafish using high frequency ultrasound (45-75 MHz), Ultrasound in Med. & Biol. 34: 31-39.
12. Moghim, M., Vajhi, A.R., Veshkini, A., Masoudifard, M. (2002) Determination of sex and maturity in *Acipenser stellatus* by using ultrasonography. J Appl Ichthyol. 18: 325-328.
13. Muñoz-Chápuli, R., PérezPomares, J.M., Macías, D., GarcíaGarrido, L., Carmona, R., GonzálezIriarte, M. (2001) The epicardium as a source of mesenchyme for the developing heart, Italian Journal of Anatomy and Embryology. 106: 187-96.
14. Munoz-Chapuli, R., Gallego, A., Perez-Pomares, J.M. (1997) A reactiondiffusion model can account for the anatomical pattern of the cardiac conal valves in fish, J Theor Biol. 185: 233-240.
15. Sans-Coma, V., Gallego, A., Mun˜oz-Chapuli, R., DeAndres, M.V., Duran, A.C., Ferna´ndez, B. (1995) Anatomy and histology of the cardiac conal valves of the adult dogfish (*Scyliorhinus canıcula*). Anat Rec. 241: 496-504.
16. Vajhi, A.R., Masoudifard, M., Moghim, M., Veshkini, A., Zehtabvar, O. (2011) Ultrasonography of the sturgeons for sex and maturity determination, University of Tehran press. p. 39-58.

Echocardiography and histology evaluation of the heart in the immature (2.5 years old) beluga

Zehtabvar, O.[1], Vajhi, A.R.[2*], Tootian, Z.[1], Masoudifard, M.[2], Sadeghinejad, J.[1], Davudypoor, S.[2]

[1]*Department of Basic Science, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran*
[2]*Department of Surgery and Radiology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran*

(Received 10 July 2017, Accepted 3 October 2017)

Abstract:

BACKGROUND: Beluga (*Huso huso*) is one type of sturgeon and currently is cultured artificially in Iran for different purposes. The cardiovascular system is one of the important systems of the body, and heart is the most important organ in this system. So far, few studies have been done on the heart of sturgeons. **OBJECTIVES:** This study was done to determine the exact structure of different parts of the heart septum of beluga using echocardiographic and histologic techniques. **METHODS:** Six immature male belugas (2.5 years old) were investigated in this study. For echocardiography, probe was placed on the ventral surface of body, between pectoral fins. At first, macroscopic morphology studies of different parts of heart were done at the topographic place of them. For histological studies, usual methods of fixation and hematoxylin and eosin (H&E) coloring were used. Prepared slides were studied by light microscope. **RESULTS:** All parts of the heart including the sinus venosus, atrium, ventricle, conus arteriosus and pericardium were clearly visible in different probe moves. The pericardium that surrounds heart`s structures had an homogenous echo pattern. Sinus venosus had a very thin septum without any expansion and contraction. Atrium had a completed muscular septum with expansion and contraction. Ventricle muscular septum had two layers: an external compact layer and an internal spongy layer. Conus arteriosus was composed of obvious muscular septum and connective tissue. Histological studies showed three layers in beluga heart including epicardium, myocardium and endocardium. Overall, the histological findings matched the results of echocardiography. **CONCLUSIONS:** This study is the first investigation on echocardiographic feature of different parts of beluga heart. These results were coordinated with histological findings. Normal information and findings of this study can be used for investigation of various anatomic or pathologic changes in beluga heart in different research projects.

Keyword: *Huso Huso*, heart, echocardiography, histology

Figure Legends and Table Captions

Figure 1. Median view of the heart in the beluga. Sinus venosus, atrium and ventricle are visible. The arrow shows the pericardium.

Figure 2. Left parasagittal view of the heart in the beluga. The atrium-ventricle valve is indicated (arrow). (Pe: Pericardium, Co:Compact layer of ventricle septum, Sp: Spongy layer of ventricle septum).

Figure 3. Right parasagittal view of the heart in the beluga. In the left sonogram conus arteriosus is expanding and in the right sonogram conus arteriosus is contracting. In both sonograms 5 layers are visible in the septum. (CA: Conus Arteriosus, V: Ventricle).

Figure 4. Histological sections of various parts of the *Huso huso* heart. (a): Photomicrograph of the sinus venosus. (H&E, ×10). (b): Photomicrograph of the sinus venosus-atrium valve. The valves (asterisks) are visible as a connective tissue (H&E, ×40). (c): Photomicrograph of the atrium. (Masson's trichrome staining, ×40). (d): Photomicrograph of the atrium-ventricle valve. The valves (asterisks) are labeled (Masson's trichrome staining, ×40). (e): Photomicrograph of the ventricle.Numerous blood cells are seen in the lumen of the ventricle (H&E, ×40). (f): Photomicrograph of the spongy layer of the ventricle. (H&E, ×100).

Figure 5. Histological sections of the conus arteriosus of the *Huso huso*. (a): Photomicrograph of the conus arteriosus. The muscle layers are visible (M). Note that the pericardium (P) is attached to the epicardium of the conus arteriosus (H&E, ×40). (b): Photomicrograph of the valves of the conus arteriosus. The muscle layers (M), valves (asterisks) and blood cells (BC) within the lumen are labeled (H&E, ×40).

***Corresponding author's email: avajhi@ut.ac.ir, Tel: 021-61117120, Fax: 021-66933222**