

مقایسه بافت شناسی لوله‌های کلیوی مولدین ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* در دو محیط لب شور (دریای خزر) و آب شیرین (رودخانه خشک‌رود)

زهرا قهرمان زاده^۱، علی بانی^{۲*}، جاوید ایمانپور نمین^۱ و علی حلاجیان^۳

^۱صومعه سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات

^۲رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

^۳رشت، انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان، بخش فیزیولوژی و بیوشیمی

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۲

چکیده

ساختار، اندازه و تعداد لوله‌های کلیوی مولدین ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* در دو محیط لب شور (دریای خزر) و آب شیرین (رودخانه خشک‌رود) بررسی شد. تعداد ۱۰ عدد ماهی سفید از سواحل بندر انزلی با شوری ppt ۸/۴۹، درجه حرارت ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد و به همین تعداد نیز از رودخانه خشک‌رود با شوری ppt ۰/۱۸، درجه حرارت ۱۸ درجه سانتی‌گراد جهت بررسی صید شدند. از سه قسمت کلیه (قدامی، میانی و خلفی) نمونه‌های بافت برداشته شد. ویژگی کلیه ماهی سفید شامل شبکه گلومرولی، لوله‌های دیستال، پروکسیمال و جمع‌کننده در دو محیط مقایسه شدند. تعداد لوله‌های کلیوی ماهی سفید اختلاف معنی‌داری بین دو محیط نداشتند ($P > 0.05$). میانگین اندازه لوله‌های دیستال، جمع‌کننده و شبکه گلومرولی در آب شیرین به طور معنی‌داری بزرگتر از آب لب شور بود ($P < 0.05$). میانگین اندازه لوله‌های پروکسیمال در آب دریا نسبت به آب شیرین بیشتر بود اگر چه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

واژه‌های کلیدی: ماهی سفید، لوله‌های کلیوی، شوری، دیستال، پروکسیمال

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۳۶۵۷۱۰، پست الکترونیکی: bani@guilan.ac.ir

مقدمه

و محیط خارجی خود می‌باشند. آبشش، کلیه و روده مهمترین اندام‌های تنظیم‌کننده وضعیت اسمزی می‌باشند که باعث شیب اسمزی و یونی می‌شوند (۱۴). آبشش‌ها نقش مهمی در تنظیم اسمزی ماهیان دارند. سلول‌های کلراید آبشش، مکان اصلی جذب یون در ماهیان آب شیرین و ترشح یون در ماهیان دریایی می‌باشد (۱۲) و (۱۵). علاوه بر آبشش، کلیه اندام مهم دیگر تنظیم‌کننده اسمزی می‌باشد که نقش فعالی در خروج یون‌های دو ظرفیتی و حذف آب اضافی به ترتیب در محیط‌های Hypoosmotic و Hyperosmotic دارد.

شوری از فاکتورهای حیاتی است که زندگی، بقاء، متابولیسم و پراکنش ماهیان را در جریان روندهای رشد و نمو تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱). ماندگاری یک گونه ماهی در شرایط خاص محیطی به میزان توانایی تطابق بدنی آن با شوری محیطی در مراحل مختلف زندگی وابسته است (۲۲). جانداران برای بقای سلول‌های بدن، به تنظیم ترکیب اسمزی مایعات خارج سلولی (خون، لنف و مایعات بین سلولی) نیازمندند. تنظیم اسمزی کنترل غلظت الکترولیت‌ها و مواد آلی حل شده در مایعات بدن و حفظ و نگهداری تعادل آب و نمک‌ها می‌باشد (۱۷). ماهیان استخوانی به خوبی قادر به حفظ فشار اسمزی و یونی بین مایعات بدن

گونه یوری هالین بوده و در فصل تولید مثل، جهت تخم‌ریزی وارد رودخانه‌های حاشیه دریای خزر (چلونند، لمیر، شفارود، شلمانرود، سفیدرود، خشک‌رود، شیرود و بابلسر) می‌شود. این ماهی قادر به تحمل دامنه وسیعی از شوری می‌باشد، از اینرو مدل مناسبی جهت بررسی سیستم تنظیم اسمزی و اندام‌های تنظیم‌کننده اسمزی می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه ساختار، اندازه و تعداد لوله‌های کلیوی مولدین ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* در دو محیط آب لب شور دریای خزر و آب شیرین (رودخانه خشک‌رود) می‌باشد.

مواد و روشها

تعداد ۱۰ عدد ماهی سفید با طول کل $46/55 \pm 5/76$ cm (متوسط طول \pm SD) در آذر ماه سال ۱۳۸۸ با استفاده از تور پره ساحلی در انزلی، گیلان با خصوصیات جغرافیایی $34^{\circ} 17.40' N, 49^{\circ} 04' 27.03'' E$ با شوری ۸/۹ ppt و درجه حرارت $12/4^{\circ} C$ صید شد. علاوه بر این در فروردین ۱۳۸۹ نیز تعداد ۱۰ عدد ماهی سفید آماده تخم‌ریزی با طول کل $39/5 \pm 4/52$ cm در رودخانه خشک‌رود در گیلان با خصوصیات جغرافیایی $37^{\circ} 03' N, 49^{\circ} 26' 26.65'' E$ با شوری ۰/۱۸ ppt و درجه حرارت $18^{\circ} C$ با فاصله حدود ۵۰۰ متر از مصب رودخانه صید شد.

بافت شناسی کلیه: بلافاصله پس از صید ماهیان و خالی نمودن امعاء و احشاء، از سه قسمت کلیه (قدامی، میانی و خلفی) آن‌ها به طور جداگانه نمونه بافت گرفته شد. نمونه‌های بافت‌ها در فرمالین ۴٪ فیکس شدند و جهت انجام عملیات بافت‌شناسی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پس از آبگیری و پارافینه کردن نمونه‌های بافت و قالبگیری، برش‌های عرضی از بافت کلیه با ضخامت شش میکرون از بافت‌ها تهیه شد. سپس با روش هماتوکسیلین-اُئوزین رنگ آمیزی شدند. به این ترتیب دو اسلاید بافت‌شناسی برای مطالعه میکروسکوپی از هر بافت تهیه شد. در هر

عضو کلیه در ماهیان استخوانی دارای تنوع وسیعی از نظر مورفولوژی می‌باشد که منعکس‌کننده تفاوت نیاز و ظرفیت آنها در دفع آب و نگهداری نمک در محیط‌های مختلف می‌باشد (۲۶). تغییر در مورفولوژی کلیه یکی از استراتژی‌های تنظیم اسمزی در ماهیان یوری هالین می‌باشد. عملکرد، مورفولوژی، اندازه و تعداد لوله‌های کلیوی، وابسته به شوری محیط می‌باشد که با تغییر شوری تغییر می‌کند. کلیه نقش مهمی در تنظیم اسمزی ماهیان استخوانی دریازی و آب شیرین‌زی بازی می‌کند، اگرچه نقش کلیه در شرایط آب شیرین و آب شور کاملاً متفاوت می‌باشد (۳). ماهیان استخوانی آب شیرین نسبت به محیط Hyperosmotic می‌باشند که در نتیجه آن با نفوذ آب به درون و خروج نمک از بدن مواجه هستند. در این شرایط NaCl از طریق جذب فعال از آبشش‌ها جایگزین می‌شود (۱۲) و آب اضافی از کلیه دفع می‌شود (۲۰). به منظور حفظ تعادل آب و نمک، بیشتر ماهیان استخوانی، نفرون‌های کلیوی دارند که شامل شبکه گلومرولی، لوله‌های پروکسیمال، لوله‌های دیستال و مجاری جمع‌کننده می‌باشند. شبکه گلومرولی و لوله‌های دیستال مسئول دفع آب می‌باشند (۵). بر خلاف ماهیان استخوانی آب شیرین، ماهیان دریایی با انتشار آب و جذب نمک مواجه هستند. در این شرایط نقش شبکه‌های گلومرولی و لوله‌های دیستال که دفع آب می‌باشد کم‌رنگ می‌شود. میزان فیلتراسیون گلومرولی (Glomerular filtration (GFR) rate) در ماهیان استخوانی آب شیرین بالا می‌باشد و تنها نسبت کمی از آب فیلتر شده در لوله‌های کلیوی جذب می‌شود (۷). برعکس میزان فیلتراسیون گلومرولی در ماهیان استخوانی دریایی بسیار پایین‌تر می‌باشد (۸). با توجه به نقش فعال کلیه در تولید ادرار رقیق در آب شیرین تعداد و اندازه لوله‌های کلیوی نسبت به آب دریا متفاوت می‌باشد (۴).

ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* متعلق به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) و بومی دریای خزر می‌باشد، این

لوله خمیده دیستال: ارتفاع لوله‌های دیستال کلیه ماهی سفید در هر دو محیط دریا و آب شیرین زیاد نبود و از اپیتلیوم ساده تشکیل شده بود. برخی از لوله‌های دیستال دارای شکل کشیده و طویل بودند اما سایر آن‌ها شکل کروی داشتند. هسته سلول‌های پوششی به شکل بیضی یا کروی بود (شکل ۱ و ۲). اختلاف معنی‌داری بین اندازه لوله‌های دیستال در دو محیط دریا و رودخانه مشاهده شد ($F=12.22$, $df=1$, $P<0.001$). میانگین اندازه لوله‌های دیستال در مولدین صید شده در دریا $5206/32 \pm 28$ / 40474 میکرومتر مربع) کوچکتر از مولدین صید شده در رودخانه ($3340/19 \pm 62092/68$ میکرومتر مربع) بود (نمودار ۱). اختلاف معنی‌داری در تعداد لوله‌های دیستال بین دو محیط مشاهده نشد ($P>0.05$). میانگین تعداد لوله‌های دیستال در دریا و رودخانه به ترتیب $2/12$ و $3/11$ در هر مقطع بافت‌شناسی (با بزرگنمایی $20\times$) بود. در بخش‌های مختلف کلیه (قدامی، میانی و خلفی) مولدین ماهی سفید دریایی و آب شیرین اختلاف معنی‌داری بین اندازه و تعداد لوله‌های دیستال مشاهده نشد ($P>0.05$).

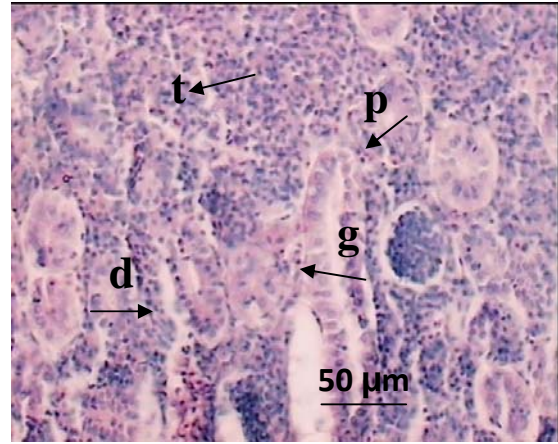
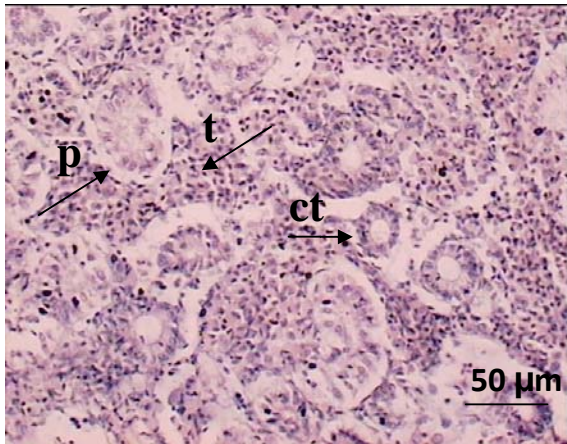
لوله جمع‌کننده: لوله‌های جمع‌کننده مولدین ماهی سفید در دریا و آب شیرین دارای اشکال منظمی بودند. لوله‌های جمع‌کننده از سلول‌های اپیتلیال ستونی بلند تشکیل شده که از سلول‌های پوششی سایر لوله‌های کلیوی متمایز بودند. هسته سلول‌های لوله‌های جمع‌کننده عمده‌تاً کروی و در قسمت مرکزی سلول قرار داشتند (شکل ۱ و ۲). اندازه لوله‌های جمع‌کننده کلیه متأثر از شوری محیط بود. به طوریکه میانگین اندازه آن در آب شیرین بزرگتر از آب دریا بود ($F=25.51$, $df=1$, $P<0.001$). در آب دریا میانگین اندازه لوله‌های جمع‌کننده $1278/06 \pm 15590/194$ میکرومتر مربع و در آب شیرین $1347/20 \pm 24970/72$ میکرومتر مربع بود (نمودار ۱).

اسلاید ۱۰ میدان بافتی از قسمت‌های مختلف و با بزرگنمایی‌های متفاوت عکس برداری شد. بررسی و اندازه‌گیری‌های سلول‌های مورد نظر با نرم افزار Biocom انجام پذیرفت. برای بررسی فراوانی لوله‌های دیستال، پروکسیمال، جمع‌کننده و شبکه گلمرولی در دو محیط آب شیرین و آب شور سلول‌های مورد نظر در هر مقطع بافتی به صورت چشمی در هر ۱۰ مقطع از هر اسلاید بافت‌شناسی شمارش شدند و میانگین آن‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری سلول‌های کلیوی چندین سلول را به صورت تصادفی در هر مقطع بافت‌شناسی انتخاب نموده و به کمک نرم افزار Biocom مساحت آن‌ها با واحد میکرومتر مربع بدست آمد.

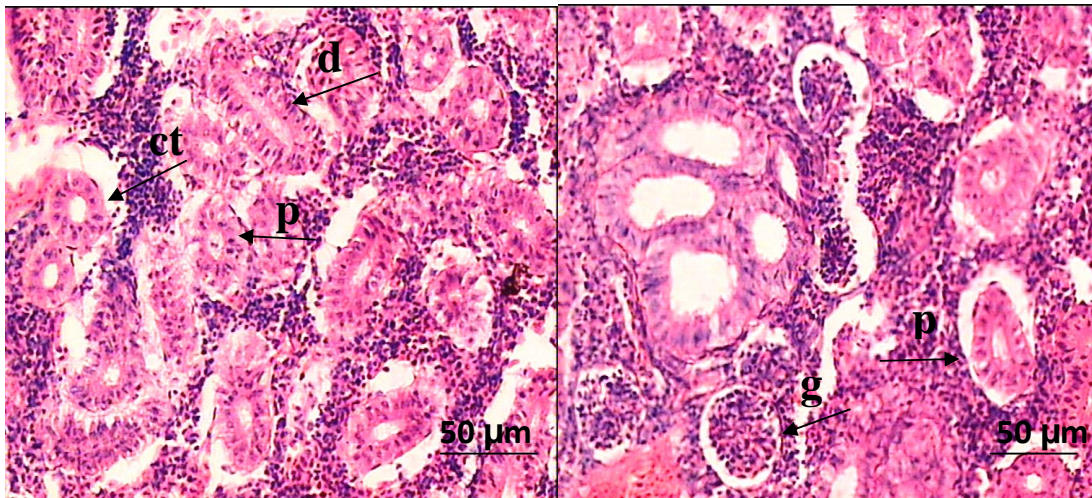
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: آنالیز داده‌های مربوط به اندازه لوله‌های کلیوی با استفاده از آزمون One-way ANOVA انجام شد. از آزمون chi-square برای مقایسه تعداد سلول‌های مورد نظر در دو محیط دریا و آب شیرین استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 13 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و به صورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شدند.

نتایج

ساختار کلیه: کلیه ماهی سفید *Rutilus frisii kutum* اندامی باریک، طویل و به رنگ قرمز تیره بود که در ناحیه پشتی دیواره بدن، درست در زیر ستون مهره‌ها کشیده شده است. کلیه این ماهی از قسمت قدامی، میانی و خلفی تشکیل شده است. کلیه قدامی محل تجمع بافت خونساز می‌باشد که تا کلیه میانی و خلفی کشیده شده بود (شکل ۱) اما توزیع آن در این قسمت‌ها کمتر است. لوله‌های کلیوی در تمام قسمت‌های کلیه دیده شد اما تراکم آن‌ها در قسمت خلفی بیشتر بود.



شکل ۱- برش عرضی بافت کلیه ماهی سفید صید شده در دریا: لوله جمع‌کننده ادراری (ct)، لوله خمیده نزدیک یا پروکسیمال (p). شبکه گومرولی (g)، لوله خمیده دور یا دیستال (d)، بافت خونساز (t) (H&E, 20x)

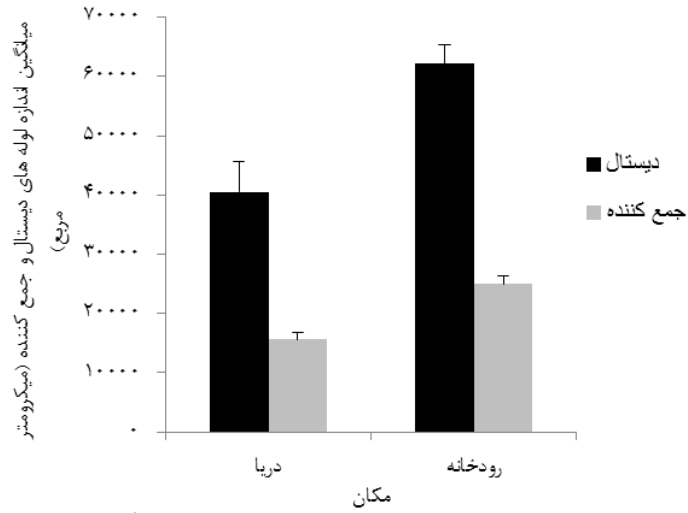


شکل ۲- برش عرضی بافت کلیه ماهی سفید صید شده در آب شیرین: لوله جمع‌کننده ادراری (ct)، لوله خمیده دور یا دیستال (d). لوله خمیده نزدیک یا پروکسیمال (p). شبکه گومرولی (g) (H&E, 20x)

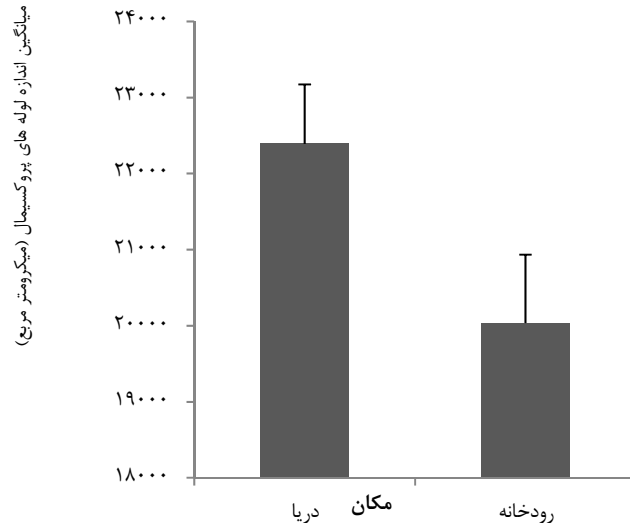
پروکسیمال عمدتاً کروی و در قسمت پایینی سلول قرار داشت (شکل ۱ و ۲). اختلاف معنی‌داری در اندازه لوله‌های پروکسیمال مشاهده نشد ($F=1.0$, $df=1$, $P>0.05$). ولی لوله‌های پروکسیمال کلیه مولدین قبل از مهاجرت به رودخانه و در دریا دارای اندازه بزرگتری نسبت به رودخانه بود، در آب دریا میانگین اندازه لوله پروکسیمال $781/66 \pm 22388/55$ و در رودخانه $899/44 \pm 20033/54$ میکرومتر مربع بود (نمودار ۲).

لوله‌های جمع‌کننده در سه قسمت کلیه (قدامی، میانی و خلفی) از نظر تعداد اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. در دریا میانگین تعداد لوله‌های سه قسمت کلیه $1/14$ و در رودخانه $1/33$ در هر مقطع بافت‌شناسی (با بزرگنمایی $\times 20$) بود.

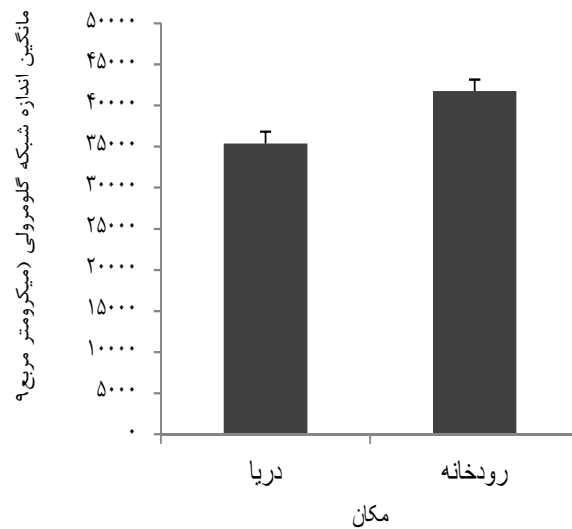
لوله خمیده پروکسیمال: در هر دو محیط، حفره داخلی لوله‌های پروکسیمال کلیه مولدین ماهی سفید دارای پرزهای توسعه یافته بود. هسته سلول‌های لوله‌های



نمودار ۱- میانگین اندازه لوله های دیستال و جمع کننده کلیه مولدین ماهی سفید در دو محیط دریا و آب شیرین (n=10 تعداد ماهی در هر منطقه)



نمودار ۲- میانگین اندازه لوله پروکسیمال کلیه مولدین ماهی سفید در دو محیط دریا و آب شیرین (n=10)



نمودار ۳- میانگین اندازه شبکه گلوامرولی کلیه مولدین ماهی سفید در دو محیط دریا و آب (n=10)

(۱۹)، *Etroplus maculatus* (۲۳)، Silver sea bream، (۲۴) *Huso huso* (۱۶) بررسی شده است. نتایج حاصل از این مطالعات نشان داد که در ماهیان آب شیرین تعداد و اندازه شبکه گلوامروولی بزرگتر از ماهیان آب دریا بود. در آب شیرین قطر شبکه گلوامروولی مولدین ماهی سفید بیشتر بود که این افزایش با بالا رفتن سطح فیلتراسیون در محیط هیپواسموتیک مرتبط است. از نظر عملکردی مشاهده تغییرات شبکه گلوامروولی در محیط هیپواسموتیک ممکن است وابسته به افزایش میزان فیلتراسیون گلوامروولی و در نتیجه تولید ادرار زیاد و رقیق باشد. یکی از اختلافات اساسی بین کلیه ماهیان استخوانی آب شیرین و دریایی، نقش فیلتراسیون گلوامروولی در تشکیل ادرار است. در آب شیرین میزان فیلتراسیون گلوامروولی به منظور تولید ادرار رقیق و هیپواسموتیک بالا می‌باشد و مقدار ناچیزی از آب فیلتر شده، در لوله‌های کلیوی جذب می‌شود (۷). به دلیل باز جذب بالای آب و ترشح لوله‌های یون‌های کلسیم، منیزیم، سولفات و فسفات (۲۱) ادرار در ماهیان استخوانی دریایی در مقایسه با ماهیان آب شیرین کاهش می‌یابد و ادرار تولید شده دارای غلظت بالایی می‌شود. در ماهیان استخوانی یوری هالین تغییر اندازه شبکه گلوامروولی فیلتر کننده، مهمترین مکانیسم برای تغییر میزان فیلتراسیون گلوامروولی کلیه ماهی می‌باشد (۲۴) و تغییر فیلتراسیون گلوامروولی مولدین ماهی سفید پس از مهاجرت به آب شیرین به دلیل تغییر اندازه شبکه گلوامروولی می‌باشد (۸).

لوله‌های دیستال کلیه مولدین ماهی سفید در دو محیط دریا و رودخانه متفاوت بود و بعد از مهاجرت مولدین ماهی سفید به رودخانه جهت تخم‌ریزی اندازه لوله‌های دیستال افزایش یافت. همچنین مولدین ماهی سفید در آب شیرین لوله‌های جمع‌کننده بزرگتر و متراکم‌تری نسبت به آب دریای خزر داشتند. کوچکتر بودن لوله‌های جمع‌کننده در آب دریا می‌تواند در ارتباط با تشکیل ادرار در محیط Hyperosmotic باشد (۲۴). لوله‌های جمع‌کننده کلیه مولدین ماهی سفید در آب شیرین افزایش اندازه

میانگین تعداد لوله‌های پروکسیمال ماهی سفید در دریا و آب شیرین دارای اختلاف معنی‌داری نبود ($P>0.05$)، به طوری که میانگین تعداد این لوله‌ها در دریا و رودخانه در هر مقطع بافت شناسی (با بزرگنمایی $20\times$) به ترتیب $14/32$ و $13/33$ بود. اندازه و تعداد لوله‌های پروکسیمال در بخش‌های مختلف کلیه مولدین ماهی سفید در دو محیط دریا اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P>0.05$).

شبکه گلوامروولی: کلیه مولدین ماهی سفید در آب شیرین دارای شبکه گلوامروولی بزرگتری نسبت به آب دریا بودند ($F=7.30$, $df=1$, $P<0.05$). میانگین اندازه شبکه گلوامروولی (شکل‌های ۱ و ۲) در آب شیرین $1418/37 \pm 35383/17$ و در دریا $1418/37 \pm 41760/45$ میکرومتر مربع بود (نمودار ۳). تعداد شبکه گلوامروولی در دریا $1/93$ و در آب شیرین $2/33$ بود که تقریباً مشابه یکدیگر بود ($P>0.05$). اگرچه میانگین اندازه فضای بومن در دو محیط دارای اختلاف معنی‌داری نبود، با این وجود میانگین فضای بومن در رودخانه ($46/64$ میکرومتر مربع) کمی بزرگتر از دریا ($41/24$ میکرومتر مربع) بود.

بحث

لوله‌های کلیوی مولدین ماهی سفید بعد از مهاجرت از دریای خزر به رودخانه در فصل تولید مثل تغییراتی را با توجه به تغییر شوری محیط نشان دادند. تغییر در مورفولوژی کلیه یکی از استراتژی‌های تنظیم اسمزی در ماهیان یوری هالین می‌باشد. بنابراین مطالعه و بررسی نشان داد که عملکرد و مورفولوژی لوله‌های کلیه وابسته به شوری محیط می‌باشد و با تغییر شوری تغییر می‌کند.

اولین مرحله تنظیم اسمزی فیلتراسیون پلاسما به وسیله شبکه گلوامروولی می‌باشد (۲). در آب شیرین (رودخانه خشک‌رود) نسبت به آب دریای خزر اندازه شبکه گلوامروولی مولدین ماهی سفید ۱۱٪ افزایش نشان داد. ساختار شبکه گلوامروولی در گونه‌های *O. mykiss* (۷)، *Mugil cephalus*

حاصل از این مطالعه پیشنهاد می‌کند که کاهش احتمالی فیلتراسیون گلوامولی به دلیل کاهش اندازه شبکه گلوامولی در ماهی سفید به وسیله تغییرات لوله‌های کلیوی جبران می‌شود (۱۶).

در مطالعه حاضر بعد از قرار گرفتن ماهی سفید در محیط هیپواسمیتیک تعداد لوله‌های کلیوی تغییر نکرد اما تغییر در اندازه آن‌ها مشاهده شد. در مطالعه‌ای که توسط ونگ و وو (۲۰۰۶) روی سیم دریایی انجام شد، در آب شیرین شوری ppt ۶ اختلاف معنی‌داری بین تعداد شبکه گلوامولی و لوله‌های جمع‌کننده وجود نداشت در صورتی که اندازه آن‌ها در شوری ppt ۶ بیشتر بود. این در حالی است که در شوری‌های بالاتر ۱۲، ۳۳ و ۵۰ ppt تعداد شبکه گلوامولی و لوله جمع‌کننده نیز به طور معنی‌داری بیشتر از آب شیرین بود. در مطالعه حاضر به دلیل پایین بودن نسبی اختلاف شوری آب لب شور دریای خزر و آب شیرین (ppt ۸/۳) سازگاری ماهی سفید به آب شیرین بیشتر از طریق تغییر در اندازه لوله‌های کلیوی صورت گرفته است (۲۴). به هر حال برگشت پذیری تغییرات حاصل شده در کلیه ماهی سفید پس از برگشت به آب شور، موضوعی است که در آزمایشی قابل بررسی است. لوله‌های کلیوی در ماهی سفید بعد از مهاجرت به آب شیرین جهت سازگاری با محیط جدید تغییر می‌کند. این تغییرات در واقع مکانیزم تحمل ماهی سفید در مواجهه با شرایط هیپواسمیتیک است (۲۴).

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقایان مهندس رضوان ا. کاظمی مسئول بخش فیزیولوژی انستیتو بین‌المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان، مهندس سهراب دژندیان، آقای نوردی، قنبریان، خانم مهندس یلدا هوشیار و سایر همکاران که در این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

داشتند که موجب تسریع در جریان فیلتراسیون گلوامولی برای سازگاری هیپواسمیتیک می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط ونگ و وو (۲۴) انجام شد تعداد، اندازه و ضخامت لوله‌های جمع‌کننده بعد از انتقال سیم دریایی از آب شور با شوری‌های مختلف (۶، ۱۲، ۳۳ و ۵۰ ppt) به آب شیرین افزایش یافت.

در آب شیرین، اولین و اصلی‌ترین فعالیت کلیه دفع آب اضافی از بدن و در عین حال باز جذب یون‌های فیلتر شده است (۵). لوله‌های دیستال و جمع‌کننده در ماهیان یوری هالین استخوانی، محل بازجذب فعال یون‌های Na^+ و Cl^- هستند که فرآیند جذب این دو یون به فعالیت آنزیم $\text{Na}^+, \text{K}^+ \text{-ATPase}$ وابسته است (۱۸). در ماهیان استخوانی آب شیرین نزدیک به ۹۵٪ از یون‌های Na^+ و Cl^- فیلتر شده در بخش دیستال و جمع‌کننده لوله‌های کلیوی، بازجذب می‌شود که نتیجه آن تولید ادرار رقیق است (۳). در مطالعه حاضر اندازه لوله‌های دیستال مولدین ماهی سفید در آب شیرین بزرگتر از آب دریا بود که دلیل آن می‌تواند افزایش بازجذب یون‌ها و تولید ادرار رقیق در محیط هیپواسموتیک باشد. اندازه لوله‌های پروکسیمال کلیه در آب شیرین نسبت به آب دریای خزر تا اندازه‌ای کوچکتر بود. کریاپوشکینا و همکارانش در سال (۱۹۹۶) نشان دادند که قطر لوله‌های پروکسیمال کلیه فیل ماهی با افزایش شوری محیط، افزایش می‌یابد. بزرگتر بودن جزیی لوله‌های پروکسیمال کلیه ماهی سفید در دریا به این دلیل بوده که لوله‌های پروکسیمال ماهیان دریایی و یوری هالین ترشح یون‌های مختلف را بر عهده دارند (۹ و ۱۱). ترشح یون‌های دو ظرفیتی و همچنین یون‌های Na^+ و Cl^- در طول لوله‌های پروکسیمال انجام می‌شود. لوله پروکسیمال محل اصلی ترشح یون‌های دو ظرفیتی در آب شور است (۴). با این حال شواهدی مبنی بر ترشح لوله‌های پروکسیمال در آب شیرین وجود دارد (۶ و ۰). نتایج

منابع

- میتوکندری در توبول‌ها کلیوی بچه تاس ماهی ایرانی
Acipenser persicus. فصلنامه پزشکی یخته. شماره ۴.
2. Baldisserotto, B., Mancera, J.M. and Kapoor, B.G. 2007. Fish osmoregulation. Published by science publishers.
 3. Beyenbach, K. W., and Baustian, M. D., 2003. Comparative physiology of the proximal tubule, in Structure and function of the kidney. American Journal of Physiology. 53: 48-71.
 4. Beyenbach, K. W., 2003. Kidney sans glomeruli. American Journal of Physiology. 286: 811-827.
 5. Beyenbach, K. W., 2004. Kidneys sans glomeruli. American Journal of Physiology, Renal Physiology. 286: 811-827.
 6. Braun, E. J., and Dantzler, W. H., 1997. Vertebrate renal system. Comparative Physiology, W. H. Dantzler (ed.). Oxford University Press, New York, pp. 481-576.
 7. Brown, J. A., Rankin, J. C., and Yokota, S. D., 1993. Glomerular haemodynamics of filtration in single nephrons of non mammalian vertebrates. In New Insights in Vertebrate Kidney Function, J. A., Brown, R. J., Balment and J. C., Rankin (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, PP: 1-44.
 8. Charmi, A., Bahmani, M., Sajjadi, M. M., and Kazemi, R., 2009. Morpho-Histological Study of Kidney in Farmed Juvenile Beluga, *Huso huso* (Linnaeus, 1758). Pakistan Journal of Biological Sciences. 12: 11-18
 9. Cliff, W. H., and Beyenbach, K. W., 1992. Secretory renal proximal tubules in seawater and freshwater adapted killifish. American Journal of Physiology. 262: 108-116.
 10. Dantzler, W. H., 2003. Regulation of renal proximal and distal tubule transport: sodium chloride and organic anions. Comparative Biochemistry and Physiology. 136: 453-478.
 11. Evans, D. H., 1993. Osmotic and ionic regulation. In The Physiology of Fishes, D.H. Evans (ed.). CRC Press, Boca Raton, PP: 315-341.
 12. Evans, D. H., Piermarini, P. M., and Choe, K. P., 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. Physiology Reviews. 85: 97-177.
 13. Giari, L., Manera, M., Simoni, E., and Dezfuli, B. S., 2006. Changes to chloride and rodlet cells in gills, kidney and intestine of *Dicentrarchus labrax* (L) exposed to reduced salinities. Journal of Fish Biology. 69: 590-600.
 14. Hirai, N., Tagawa, M., Kaneko, T., Seikai, T., and Tanaka, M., 1999. Distributional Changes in Branchial Chloride Cells during Freshwater Adaptation in Japanese Sea Bass *Lateolabrax japonicus*. Zoological science. 16: 43-49.
 15. Katoh, F., Hyodo, S., and Kaneko, T., 2003. Vacuolar type proton pump in the basolateral plasma membrane energizes ion uptake in branchial mitochondria-rich cells of killifish *Fundulus heteroclitus*, adapted to a low ion environment., Journal of Experimental Biology. 206, 793-803.
 16. Krayushkina, L. S., Panov, A. A., Gerasomov, A. A., and Potts, W. T. W., 1996. Changes in sodium, calcium and magnesium ion concentration in sturgeon (*Huso huso*) urine and kidney morphology, Journal of Comparative Biology. 165: 527-533.
 17. Jurd, R. D., 2000. Instant Notes in Animal Biology. Bios Scientific Publishers. 140-145.
 18. Marshall, W. S., 1995. Transport processes in isolated teleost epithelia: opercular epithelium and urinary bladder. In: Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation, C.M. Wood and T.J. Shuttleworth (eds.). Academic Press, New York, PP: 1-23.
 19. Morales, E. M., Meseguer, J., Lozano, M. T., and Agulleiro, B., 1990. Ultrastructure of nephron of grey mullets (*Mugil cephalus* L. and *Liza saliens* Risso 19980). Anatomischer Anzeiger Jena. 170: 49-61.
 20. Nishimura, H., and Fan. Z., 2003. Regulation of water movement across vertebrate renal tubules. Comparative Biochemistry and Physiology. 136: 479-498.
 21. Pelis, R. M., and Renfro, J. L., 2004. Role of tubular secretion and carbonic anhydrase in vertebrate renal sulfate excretion. American Journal of Physiology. 287: 491-501.
 22. Varsamos, S., Nebel, C., and Charmantier, G., 2005. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish. Comparative Biochemistry and Physiology. 141: 401-429.
 23. Virabhadrachari, V., 1961. Structure changes in the gills, intestine and kidney of *Etroplus maculatus* (teleostei) adapted to different salinities. Quarterly Journal of Microscopical Science. 102: 361-369.
 24. Wong, M. K. S., and Woo, N. Y. S., 2006. Rapid changes in renal morphometrics in silver sea bream *Sparus sarba* on exposure to different salinities. Journal of Fish Biology. 69: 770-782.

Comparative investigation of kidney tubules of Kutum, *Rutilus frisii kutum* in brackish water (Caspian Sea) and fresh water (Khoshkrood River)

Ghahremanzadeh Z.¹, Bani A.², Imanpoor Namin J.¹ and Hallajian A.³

¹Fisheries Dept., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. of Iran

²Biology Dept., Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, I.R. of Iran

³Physiology and Biochemistry Dept., International Sturgeon Research Institute, Rasht, I.R. of Iran

Abstract

Structure, size and number of tubules were investigated in kidney of Kutum, *Rutilus frisii kutum* captured from brackish water (Caspian Sea) and fresh water (Khoshkrood River). 10 mature Kutum were collected from Anzali coast with 8.49 ppt salinity and 12.4°C temperature. The same number of specimens were also collected from freshwater with 0.18 ppt salinity and 18°C temperature. Anterior, middle and posterior parts of the kidney from each sample were dissected for histological examination. Glomerular distal, proximal and collecting tubules of kidney were compared in two aquatic habitats. There were no differences in number of kidney tubules. The mean size of glomerular and collecting tubules were significantly larger in fresh water samples than sea water samples ($P < 0.05$). The mean size of proximal tubules was marginally larger in seawater compared to freshwater, although such difference was not significant.

Key words: *Rutilus frisii kutum*, kidney tubules, salinity, proximal, distal