



مقاله علمی-پژوهشی:

آنالیز بیوانفورماتیک هورمون آزادکننده گنادوتروپین (GnRH): تنوع ساختاری و عملکردی

مهدی گلشن^{۱*}، سجاد نظری^۲، سیدامین مرتضوی^۲، هادی غفاری^۱، مریم میربخش^۱،
همایون حسین زاده صفافی^۱، محمود بهمنی^۱

mahdigolshan@yahoo.com

- ۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور،
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۱

چکیده

مشابه پستانداران نوروهورمون‌های مغز فرآیند تولیدمثل در ماهیان را کنترل می‌کنند. هورمون آزادکننده گنادوتروپین (GnRH) از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده تولیدمثل بوده که به‌واسطه تنظیم زمان و میزان ترشح LH و FSH باعث گام‌توژنس است. ساختار هورمون آزادکننده گنادوتروپین در تمامی مهره‌داران مشابه بوده و شامل ۴ آگزون و ۳ اینترون است. ناحیه فعال پپتاید که دارای ۱۰ اسیدآمین (دکاپپتاید) بوده و در اغلب ماهیان حفاظت شده است. بر اساس آنالیز درخت تبارزایی، GnRH به سه فرم (GnRH1, GnRH2, GnRH3) طبقه‌بندی شده و تمامی ماهیان واجد حداقل دو فرم است که توسط ژن‌های مجزائی رمزگذاری می‌شوند. البته در برخی گونه‌های کپور ماهیان و ماهیان زینتی مانند ماهی گورخری GnRH1 حذف شده و GnRH3 نقش جایگزین بازی می‌کند. ارزیابی هستی‌شناسی ژن GnRH در پایگاه اطلاعات داده‌های سامانه‌های زیستی نشان می‌دهد، ژن مذکور نه تنها باعث فعالیت گیرنده‌ها در سطح سلولی و فعال‌سازی مسیرهای انتقال سیگنال می‌شود، بلکه به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در بروز صفات ثانویه تولیدمثلی و فرآیندهای متابولیسمی نقش دارند.

کلمات کلیدی: GnRH، دکاپپتاید، هستی‌شناسی، درخت تبارزایی

مقدمه

جایزه نوبل در شاخه فیزیولوژی در سال ۱۹۷۷، مشترکاً به تحقیقات Roger Guillemin و Andrew Schally برای شناسایی و توالی‌یابی هورمون آزادکننده گنادوتروپین (GnRH) رسید. نظریه کنترل ترشحات گنادوتروپین‌های هیپوفیز به‌وسیله نرواندوکرین‌های مغز برای مدت طولانی، بحث‌برانگیز بود (Benoit and Assenmacher, 1952 ; Donovan and Harris, 1954). نهایتاً، در اوایل دهه ۱۹۷۰، دو گروه تحقیقاتی مستقل ولی به صورت هم‌زمان موفق به جداسازی عوامل آزادکننده LH از هیپوتالاموس خوک و گوسفند شدند (Amoss et al., 1971; Matsuo et al., 1971). در ابتدا پیتاید جداسازی شده (هورمون آزادکننده لوتئیزینگ)، LHRH نامیده شد ولی با گذشت زمان مشخص شد، پیتاید مذکور در ترشح FSH نیز موثر است. بنابراین، نام LHRH با GnRH جایگزین شد که هنوز هم مورد استفاده است. شایان ذکر است، در همان سال (۱۹۷۱)، مشخص شد که عصاره هیپوتالاموس ماهی کپور در شرایط *in vitro* باعث آزادسازی گنادوتروپین به‌وسیله هیپوفیز می‌شود. اندکی بعد، مطالعات Breton و همکاران (۱۹۷۱) القاء تولیدمثل در شرایط *in vivo* نتایج پیشین را تأیید نمود. از آن زمان تاکنون GnRH همواره نقش مهمی در صنعت آبی‌پروری ایفاء کرده است. هدف مطالعه حاضر، آنالیز ساختار خانواده GnRH، آنالیز بیوانفورماتیک و بررسی عملکرد فرم‌های GnRH به عنوان یکی از مهم‌ترین درگاه‌های تولیدمثلی ماهیان است.

جمع‌آوری داده و تحلیل بیوانفورماتیک

ابتدا با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در پایگاه‌های ذیل جستجو برای ژن GnRh انجام شد.

NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>),

Ensemble genome browser (<https://asia.ensembl.org>)

(<https://pfam.xfam.org>) Pfam

موتورهای جستجو شامل BLAT و BLAST بودند. جهت جلوگیری از ثبت تکراری توالی‌های مشابه گزارش شده برای

هر ژن، توالی‌های یافت شده در پایگاه‌های مختلف در NCBI جستجو شد تا مشابهت توالی در صورت وجود پیدا شود. در صورت فقدان ژن‌های مشابه، موارد تکراری از طریق هم‌ردیفی، شناسایی و تلفیق شدند. آنالیز هستی‌شناسی برای شناسایی عملکرد غنی‌سازی زیستی در سه دسته مستقل فرآیندهای زیستی، عملکرد مولکولی و ساختار سلولی در پایگاه Ensemble مورد بررسی قرار گرفت (Ashburner et al., 2000).

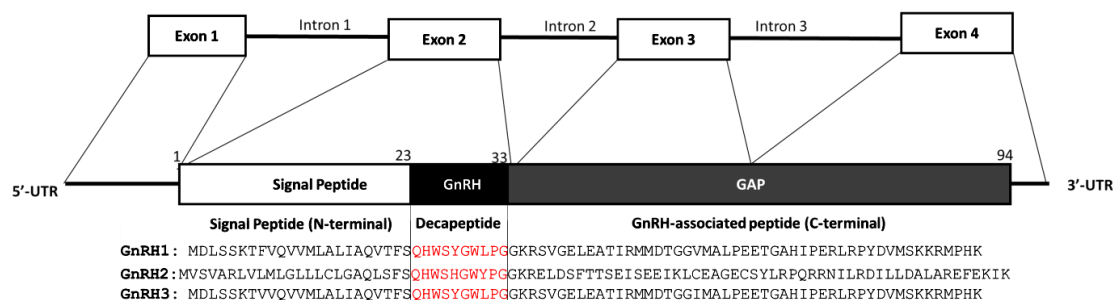
بررسی فیلوژنتیک

دمین‌های حفاظت شده تمامی زیرگروه‌های خانواده GnRH قزل‌آلای رنگین‌کمان توسط نرم‌افزار MEGA هم‌ردیف شده و درخت فیلوژنتیک براساس روش اتصال همسایه neighbor-joining رسم شد. هم‌ردیفی بر مبنای ماتریکس وزنی Gonnet انجام شد. شاخص Bootstrap در این روش پس از ۱۰۰۰ بار تکرار مشخص گردید. علاوه بر گزارش‌های موجود، تعیین مناطق حفظ شده هر گروه و زیرگروه که شاخص تعیین‌کننده هر گروه و یا زیرگروه موردنظر است، مجدداً مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

ساختار هورمون آزادکننده گنادوتروپین

ساختار هورمون آزادکننده گنادوتروپین در تمامی مهره‌داران مشابه بوده و شامل ۴ اگزون و ۳ اینترون است. ساختار اصلی پروتئین GnRH شامل پیتاید آشکار در ناحیه N-terminal (شامل ۲۸ اسید آمینه)، ناحیه فعال پیتاید که دارای ۱۰ اسید آمینه (دکاپیتاید) بوده و در اغلب ماهیان حفاظت شده است. سپس سه اسید آمینه گلايسين، لایسین و آرژنین که در همه گونه‌های ماهیان حفاظت شده و یکسان است. نهایتاً، ناحیه C-terminal که شامل پیتاید‌های مرتبط با GnRH (GAP) بوده و شامل ۶۰ اسید آمینه است (شکل ۱). ناحیه GAP نسبت به سایر نواحی کمتر حفاظت شده است.

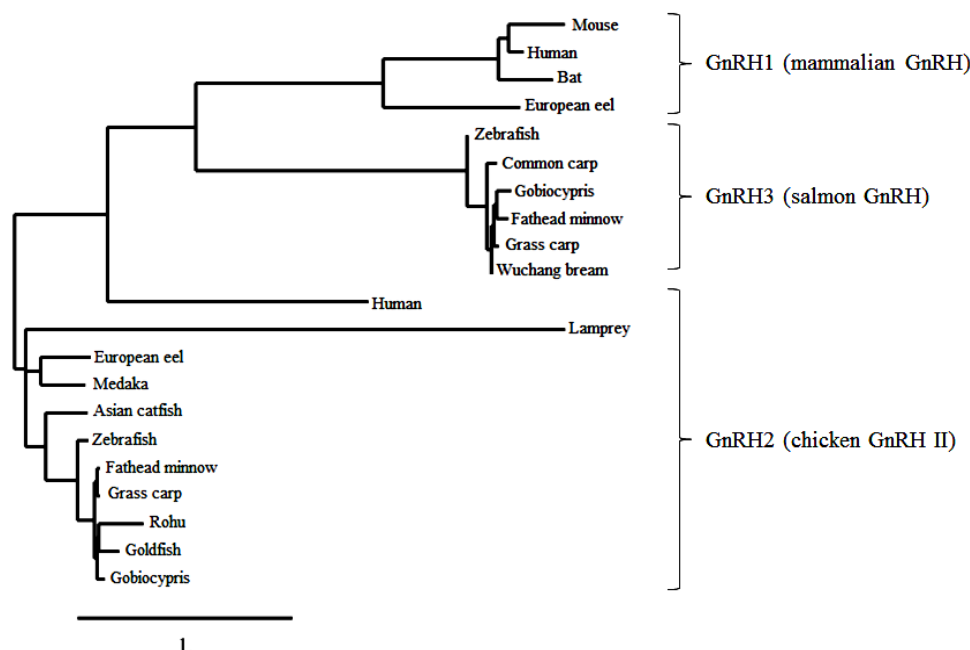


شکل ۱: ساختار پپتاید GnRH و مقایسه اسیدهای آمینه GnRH در قزل آرای رنگین کمان

آنالیز فیلوژنتیک

بر اساس توالی های ثبت شده در پایگاه داده ها و ترسیم درخت تبارزایی، GnRH به سه شاخه: GnRH ۱ نوع ۱ (GnRH1)، GnRH ۲ نوع ۲ (GnRH2)، GnRH ۳ نوع ۳ (GnRH3) طبقه بندی شد (شکل ۲). بیشترین شباهت با مهره داران دیگر از جمله انسان مربوط به فرم GnRH1 است. با توجه به شکل ۲، خصوصیات GnRH در ماهیان

استخوانی و غضروفی تفاوت داشته و واریانت های متعددی در گونه های مختلف آبزیان وجود دارد. به عنوان مثال برای ژن GnRH2 ماهیان لامپری بیشترین فاصله ژنتیکی را با کپورماهیانی مانند روهو و ماهی طلائی دارد که به ساختار تکاملی این ژن ها مرتبط می باشد. اختلاف نوکلئوتیدی برای بیان یک پپتید و همچنین نواحی فاقد ترجمه از دلایل عمده تنوع ساختار ژنی در گونه های مختلف می باشد.



شکل ۲: طبقه بندی GnRH بر مبنای درخت تبارزایی اسیدهای آمینه. شماره دسترسی بانک ژن برای GnRH1: *Molossus molossus* (KAF6480186.1), *Homo sapiens* (KAI4009998.1), *Anguilla anguilla* (ADD92012.1), *Mus musculus* (EDL35964.1). برای GnRH2: *Oryzias latipes* (BAD02403.1), *Carassius auratus* (AYE88915.1), *Anguilla anguilla* (ADD92005.1), *Gobiocypris rarus* (AFJ44819.1), *Pimephales promelas* (ABV45417.1), *Petromyzon marinus* (ABE66462.1), *Labeo rohita* (RXN32401.1). برای GnRH3: *Danio rerio* (AFJ44820.1), *Ctenopharyngodon idella* (UXW61382.1), *Megalobrama amblycephala* (XP_048046801.1), *Cyprinus carpio* (XP_018926565.1), *Gobiocypris rarus* (AFJ44819.1), *Heteropneustes fossilis* (AUR53242.1), *Homo sapiens* (AAI15400.1), *Oryzias latipes* (AAI62951.1). (AAU43785.1). شکل ۲ توسط www.phylogeny.fr ترسیم شده است.

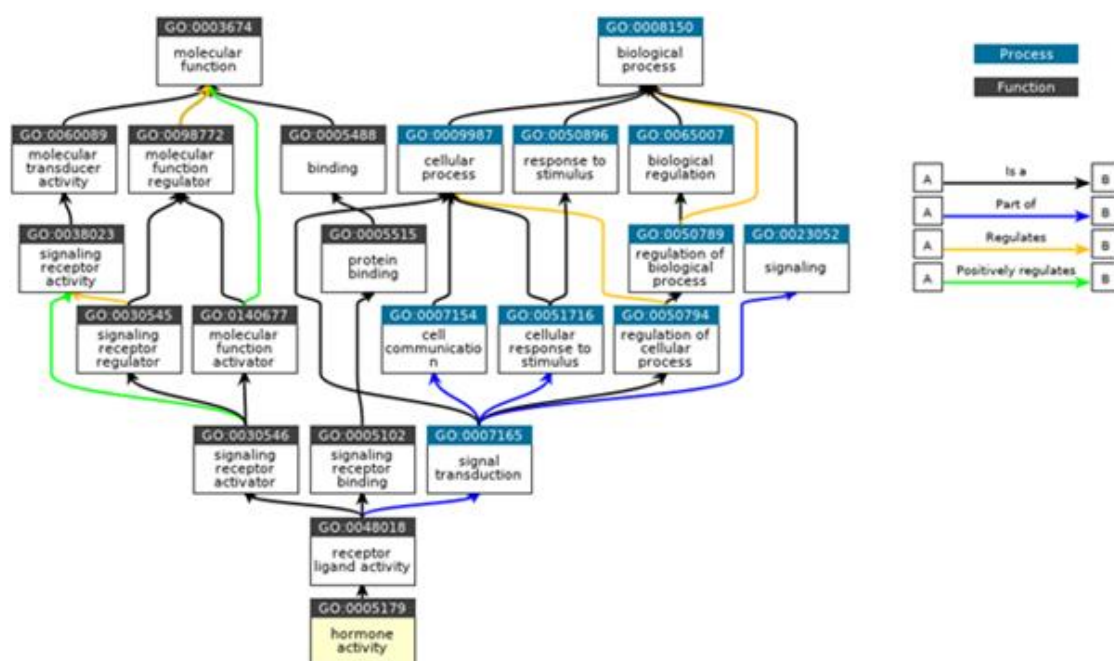
فرآیند هستی‌شناسی

فرایندهای هستی‌شناسی برای GnRH نشان می‌دهد که این ژن باعث فعالیت گیرنده‌ها در سطح سلول‌ها می‌شود. آنالیز هستی‌شناسی ژن نشان داد به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در بروز صفات مختلفی همچون رفتارهای تولید مثلی و ایمنی نقش دارند. بر اساس بررسی هستی‌شناسی ژن‌های شناسایی شده، در میان فرایندهای زیستی، تنظیم فرایندهای زیستی، فرایندهای متابولیسمی و در زمینه عملکردهای مولکولی فعالیت‌های کاتالیتیکی، اتصال و انتقالی عمده‌ترین موارد مشاهده شده بودند. برخی از ژن‌هایی که در مسیرهای زیستی GnRH فعالیت دارند شامل هورمون محرک فولیکول (FSH)، هورمون محرک تیروئید (TSH) و گیرنده پروستاگلاندین (ptger1) هستند و نقش مهمی در رسیدگی جنسی، رشد گناد و تولید مثل دارند.

بحث

برای سالیان متمادی، روش نام‌گذاری اشکال مختلف GnRH استفاده از نام گونه‌ای بود که برای نوبت اول در آنها یافت می‌شد. برای مثال، salmon GnRH در ماهی سالمون اولین نوبت شناسایی شد، به همین دلیل sGnRH (salmon GnRH) نامیده شد. با توسعه روش‌های مولکولی، ایزوفرم‌های مختلف GnRH شناسایی شد. با افزایش شمار شناسایی ایزوفرم‌های GnRH و با هدف یکسان‌سازی و استانداردسازی برای ممانعت از سردرگمی محققین، طبقه‌بندی جدید اشکال GnRH بر مبنای درخت تبارزایی (فیلوژنی) و محل بیان آنها صورت پذیرفت (Kah et al., 2007). آنالیزهای فیلوژنی از مهره‌داران مختلف، GnRH را به سه شاخه: GnRH نوع ۱ (GnRH1)، GnRH نوع ۲ (GnRH2)، GnRH نوع ۳ (GnRH3)، تقسیم نمود (White et al., 1998; Fernald and White, 1999). در مطالعه حاضر آنالیز توالی‌های اسیدآمیننه نشان می‌دهد سه فرم مختلف GnRH در کلاسترهای کاملاً مجزا و در کنار سایر گونه‌ها قرار می‌گیرند. در مغز مهره‌داران حداقل ۲ فرم از GnRH وجود دارد (GnRH2 به همراه GnRH1 یا GnRH3). در اغلب مهره‌داران از انسان تا ماهیان، بیشترین فراوانی GnRH مغز میانی مربوط به GnRH2 است. در عین حال، در اغلب پستانداران مثل گاو، موش، میمون، GnRH2 غیرفعال یا

حذف شده و فقط دارای GnRH1 هستند (Morgan and Millar, 2004; Millar et al., 2004). شایان ذکر است، در برخی ماهیان مانند قزل‌آلای رنگین کمان هر سه فرم GnRH مشاهده شده است (شکل ۱). شایان ذکر است، هر سه فرم GnRH در فرآیند تولیدمثل نقش دارند اما محدود به تولیدمثل نمی‌شوند. هرچند دانش امروز در خصوص نقش فرم‌های GnRH در تولیدمثل اندک است. در گونه‌هایی با سه فرم GnRH مانند ماهی سیم سر طلایی (gilthead seabream)، GnRH2 در سال اول مشاهده می‌شود ولی میزان آن بسیار اندک است (Holland et al., 2001). در این گونه در زمان تولیدمثل، GnRH1 به طور قابل‌توجهی در جنس نر و ماده بالاتر بوده و این سطوح دقیقاً با سطوح غلظت LH در پلاسمای خون مطابق است. در این گونه حداکثر تولید بیان ژن هر سه فرم GnRH، هشت ساعت قبل از تخم‌ریزی مشاهده شده که هم‌زمان با افزایش سطح هورمون LH خون است (Gothilf et al., 1997). به‌علاوه، بیشترین بیان ژن GnRH به‌ترتیب برای GnRH3 و به دنبال آن GnRH2 و GnRH1 گزارش شده است (Okuzawa et al., 2003). اگرچه در جنس نر ماهی باس اروپایی هر سه فرم GnRH هیپوفیز یافت شده است، تنها GnRH1 در طول فصل تخم‌ریزی افزایش می‌یابد (Rodriguez et al., 2000). روی هم رفته، در ماهی باس اروپایی ارتباط تنگاتنگی بین بیان ژن GnRH1 و فعالیت تولیدمثلی مشاهده می‌شود، اما نقش GnRH2 و GnRH3 بر عملکرد هیپوفیز هنوز به‌درستی مشخص نشده است. به‌نظر می‌رسد، در گونه‌های ماهیانی که GnRH1 حذف شده است، GnRH3 تنظیم‌کننده گنادوتروپ‌ها را عهده‌دار است (Zohar et al., 2010). ارزیابی هستی‌شناسی ژن GnRH در پایگاه اطلاعات داده‌های سامانه‌های زیستی نشان می‌دهد، ژن مذکور باعث فعالیت گیرنده‌ها در سطح سلولی و فعال‌سازی مسیرهای انتقال سیگنال می‌شود (شکل ۳). گیرنده‌های (GnRH receptor) GnRH در بافت‌های مختلفی مشاهده شده است. بیشترین میزان گیرنده GnRH در هیپوفیز مربوط به قسمت قدامی آن است.



شکل ۳: فرایندهای هستی‌شناسی برای GnRH. شماره Go ثبت شده برای هر فعالیت زیستی و مولکولی در مستطیل مربوطه ارائه شده است. (www.uniprot.org/uniprot)

بنابراین، ممکن است سیگنال‌های نوری را به محور تولیدمثل منتقل کند (Munoz-Cueto *et al.*, 2020). به‌علاوه ارزیابی هستی‌شناسی مطالعه حاضر نشان می‌دهد GnRH در فرایندهای متابولیسمی نقش مهم بازی می‌کند. مطالعات پیشین نشان می‌دهد GnRH2 در فقر غذایی، به طور معنی‌داری در گورخر ماهی افزایش می‌یابد که ارتباط مهم بین تولیدمثل و شرایط جسمی را نشان می‌دهد (Marvel *et al.*, 2019). همچنین نقش GnRH در مهاجرت ماهیان از طریق حافظه بویایی در مهاجرت به محل تخم‌ریزی در ماهی آزاد (*Oncorhynchus keta*) مشخص شده است. مهاجرت ماهیان بالغ برای تولیدمثل با تکامل گنادها همراه است. همواره بین تکامل گناد و بیان GnRH همبستگی مثبت وجود دارد. افزایش سطح بیان GnRH در نورون‌های مغز قدامی در مهاجرت برای تخم‌ریزی و هم‌زمان با مرحله نهایی تکامل گنادی دیده می‌شود (Onuma *et al.*, 2005). به‌علاوه، کاشت آنالوگ GnRH در ماهی آزاد بالغ به تشخیص مسیر مهاجرت به رودخانه کمک می‌کند (Ueda *et al.*, 2016) و نیز بازگشت به رودخانه مادری را به صورت معنی‌داری تسریع می‌کند (Kitahashi *et al.*, 1998).

آنالیز هستی‌شناسی زن نشان داد به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در بروز صفات مختلفی همچون رفتارهای تولیدمثلی نقش دارند. بعنوان مثال در جنس ماده ماهی مداکا، پالس‌های GnRH3 اندک است (۲-۳ Hz) که باعث عدم تمایل به جفت‌گیری می‌شود. آشنایی بصری جنس ماده با نر باعث افزایش پالس‌های GnRH3 (۵-۶ Hz) و افزایش تمایل جنس ماده به جفت‌گیری می‌شود. به عبارت دیگر، جنس ماده ترجیح به جفت‌گیری با نرهای آشنا دارد. نکته جالب آنکه در ماهیان جنس ماده‌ای که GnRH3 در آنها غیرفعال شده بود، میل به جفت‌گیری با نرهای آشنا و غریبه کاهش نشان داد (Okuyama *et al.*, 2017). همچنین در ماهی حوض، تزریق تزریق ۵ ng/g پیتاید GnRH2 و GnRH3 باعث افزایش رفتارهای تخم‌ریزی می‌شود. با این‌حال، تزریق ۱ ng/g از پیتاید‌های مذکور، باعث کاهش رفتارهای تخم‌ریزی می‌شود (Volkoff and Peter, 1999) که احتمالاً به دلیل فعال‌سازی مکانیسم بازخورد منفی هورمون‌هاست (Golshan *et al.*, 2016). از سوی دیگر، نتایج برخی مطالعات حاکی از ارتباط بین سلول‌های GnRH2 با پینه‌آل و ترشح ملاتونین است (Servili *et al.*, 2010).

des séances de l'Académie des sciences D, 273:2591-2594.

Donovan, B.T. and Harris, G.W., 1954. Effect of pituitary stalk section light-induced oestrus in the ferret. *Nature*, 174: 503-504.

Fernald, R.D. and White, R.B., 1999. Gonadotropin-Releasing Hormone Genes: Phylogeny, Structure, and Functions. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 20: 224-240.

Gothliff, Y., Meiri, I., Elizur, A. and Zohar, Y., 1997. Preovulatory changes in the levels of three gonadotropin-releasing hormone-encoding messenger ribonucleic acids (mRNAs), gonadotropin β -subunit mRNAs, plasma gonadotropin, and steroids in the female gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Biology of Reproduction*, 57: 1145-1154.

Holland, M.C., Hassin, S. and Zohar, Y., 2001. Seasonal fluctuations in pituitary levels of the three forms of gonadotropin-releasing hormone in striped bass, *Morone saxatilis* (Teleostei), during juvenile and pubertal development. *Journal of Endocrinology*, 169: 527-538.

Kitahashi, T., Sato, A., Alok, D., Kaeriyama, M., Zohar, Y., Yamauchi, K., Urano, A. and Ueda, H., 1998. Gonadotropin-releasing hormone analog and sex steroids shorten homing duration of sockeye salmon in Lake Shikotsu. *Zoological Science*, 15, 767-771.

Marvel, M.M., Spicer, O.S., Wong, T.T., Zmora, N. and Zohar, Y., 2019. Knockout of *Gnrh2* in zebrafish (*Danio rerio*) reveals its roles in regulating feeding behavior and oocyte quality. *General and Comparative Endocrinology*, 280:15-23.

Matsuo, H., Arimura, A., Nair, R.M.G. and Schally, A.V., 1971. Synthesis of the porcine LH- and FSH-releasing hormone by the solid-phase method. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 45: 822-827.

Millar, R.P., Lu, Z.L., Pawson, A.J., Flanagan, C.A., Morgan, K. and Maudsley, S.R., 2004. Gonadotropin-releasing hormone receptors. *Endocrine Reviews*, 25: 235-275.

نتیجه‌گیری و افق‌های پیش‌رو

از مهم‌ترین نوروهورمون‌های کنترل‌کننده تولیدمثل، هورمون آزادکننده گنادوتروپین (GnRH) است که به واسطه تنظیم میزان ترشح LH نه تنها فرآیند گامتوژنس بلکه صفات ثانویه تولیدمثلی و فرآیندهای زیستی را کنترل می‌کند. نقش‌های فیزیولوژیک فرم‌های مختلف GnRH در ماهیان بخوبی مشخص نشده است. در تحقیقات آینده نیاز به بررسی‌های بیشتری جهت مطالعات فرم‌های مختلف خانواده ژنی GnRH جهت تعیین مناطق عملکردی، مقایسه نواحی تنظیم‌کننده ژنی در گونه‌های ماهیان می‌باشد.

منابع

Amoss, M., Burgus, R., Blackwell, R., Vale, W., Fellows, R. and Guillemin, R., 1971.

Purification, amino acid composition and N-terminus of the hypothalamic luteinizing hormone releasing factor (LRF) of ovine origin. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 44: 205-210.

Ashburner, M., Ball, C. A., Blake, J. A., Botstein, D., Butler, H., Cherry, J. M., Davis, A. P., Dolinski, K., Dwight, S. S., Eppig, J. T., Harris, M. A., Hill, D. P., Issel-Tarver, L., Kasarskis, A., Lewis, S., Matese, J. C., Richardson, J. E., Ringwald, M., Rubin, G. M. and Sherlock, G., 2000. Gene ontology: tool for the unification of biology. The Gene Ontology Consortium. *Nature Genetics*, 25: 25-29.

Benoit, J. and Assenmacher, I., 1952. Influence of high and low lesions of the infundibulum on gonad stimulation in the domestic drake. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 235: 1547-1549.

Breton, B., Jalabert, B., Billard, R. and Weil, C., 1971. In vitro stimulation of the release of pituitary gonadotropic hormone by a hypothalamic factor in the carp *Cyprinus carpio* L. *Comptes rendus hebdomadaires*

- Morgan, K. and Millar, R.P., 2004.** Evolution of GnRH ligand precursors and GnRH receptors in protochordate and vertebrate species. *General and Comparative Endocrinology*, 139: 191–197.
- Munoz-Cueto, J.A., Zmora, N., Paullada-Salmeron, J.A., Marvel, M., Mananos, E. and Zohar, Y., 2020.** The gonadotropin-releasing hormones: Lessons from fish. *General and Comparative Endocrinology*, 291:113422.
- Okuyama, T., Yokoi, S. and Takeuchi, H., 2017.** Molecular basis of social competence in medaka fish. *Development Growth & Differentiation*, 59: 211–218.
- Okuzawa, K., Gen, K., Bruysters, M., Bogerd, J., Gothilf, Y., Zohar, Y. and Kagawa, H., 2003.** Seasonal variation of the three native gonadotropin-releasing hormone messenger ribonucleic acids levels in the brain of female red seabream. *General and Comparative Endocrinology*, 130: 324–332.
- Onuma, T., Higa, M., Ando, H., Ban, M. and Urano, A., 2005.** Elevation of gene expression for salmon gonadotropin-releasing hormone in discrete brain loci of prespawning chum salmon during upstream migration. *Journal of Neurobiology*, 63: 126–145.
- Rodriguez, L., Carrillo, M., Sorbera, L.A., Soubrier, M.A., Mananos, E., Holland, M.C., Zohar, Y. and Zanuy, S., 2000.** Pituitary levels of three forms of GnRH in the male European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) during sex differentiation and first spawning season. *General and Comparative Endocrinology*, 120: 67–74.
- Servili, A., Lethimonier, C., Lareyre, J-J, Lopez-Olmeda, J.F., Sanchez-Vazquez, F.J., Kah, O. and Munoz-Cueto, A., 2010.** The highly conserved gonadotropin-releasing hormone-2 form acts as a melatonin-releasing factor in the pineal of a teleost fish, the European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Endocrinology*, 151:2265–2275.
- Ueda, H., Nakamura, S., Nakamura, T., Nakamura, T., Inada, K., Okubo, T., Furukawa, N., Murakami, R., Tsuchida, S., Zohar, Y., Konno, K. and Wantanabe, M., 2016.** Involvement of hormones in olfactory imprinting and homing in chum salmon. *Scientific Reports*, 6:21102.
- Volkoff, H. and Peter, R.E., 1999.** Action of two forms of gonadotropin releasing hormone and a GnRH antagonist on spawning of the goldfish *carassius auratus*. *General and Comparative Endocrinology*, 116: 347–355.
- White, R.B. and Fernald, R.D., 1998.** Ontogeny of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) gene expression reveals a distinct origin for GnRH-containing neurons in the midbrain. *General and Comparative Endocrinology*, 112: 322–329.
- Zohar, Y., Muñoz-Cueto, J.A., Elizur, A. and Kah, O., 2010.** Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165: 438–455.

Bioinformatic analysis of gonadotropin-releasing hormone (GnRH): structural and functional diversity

Golshan M.¹; Nazari S.²; Mortazavi A.²; Ghaffari H.¹; Mirbakhsh M.¹; Hosseinzadeh Sahafi H.¹; Bahmani M.¹

*mahdigolshan@yahoo.com

1- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

2- Shahid Motahary Cold water Fishes Genetic and breeding Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yasoj, Iran.

Abstract

Similar to mammals, neurohormones regulate reproductive process in fish. Gonadotropin-releasing hormone (GnRH) is one of the most important factors controlling reproduction, which causes gametogenesis by regulating the amount and time of LH and FSH secretion. The structure of gonadotropin-releasing hormone is similar in vertebrates and includes 4 exons and 3 introns. The active area of the peptide that has 10 amino acids (decapeptide) which highly conserved in most fish species. Based on the phylogeny, GnRH is classified into three forms (GnRH1, GnRH2, GnRH3) and fish species have at least two forms encoded by separate genes. However, in some species as zebrafish, GnRH1 is deleted and GnRH3 plays an alternative role. The ontology of GnRH gene shows that the GnRH not only activated receptors at the cellular level and the activation of signal transduction pathways, but also directly or indirectly plays a role in secondary reproductive characteristics as well as metabolic processes.

Keywords: GnRH, Decapeptide, Ontology, Phylogeny