



## نقش هسته قوسی هیپوتالاموس در تنظیم اخذ غذا (مطالعه مروری)

فرشید حمیدی\*، شیبایوسفوند<sup>۲</sup>

۱- نوروفیزیولوژیست، بخش فیزیولوژی، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران  
 ۲- دانشجوی دکتری فیزیولوژی، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

### مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۶

تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲

\*نویسنده مسئول: فرشید حمیدی،

نوروفیزیولوژیست، بخش فیزیولوژی، گروه

علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه

فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تلفن: ۰۹۱۵۵۱۱۲۷۹۲

پست الکترونیکی: \_\_\_\_\_

Farshidhamidi@um.ac.ir

### چکیده

#### مقدمه

هسته قوسی محل همگرایی نورون‌هایی در قاعده هیپوتالاموس و مجاورت بطن سوم و برجستگی میانی است، که نقش محوری در جامعیت دهنده‌گی به پیام‌های مربوط به تنظیم اخذ غذا دارد. بر پایه نقش ویژه هیپوتالاموس در کنترل اخذ غذا، هدف از مطالعه مروری حاضر بررسی نقش واسط هسته قوسی در تنظیم اخذ غذا بوده است.

#### مواد و روش‌ها

در سال ۲۰۱۶ در مطالعه حاضر، مقالات مرتبط منتشر شده با موضوع در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر، PubMed, Web of Science Scopus, Elsevier, Springer, Science Direct, SID با استفاده از جستجوی سیستماتیک با کلیدواژه‌های استاندارد، در بازه زمانی ۱۹۹۸-۲۰۱۶ استخراج و فهرست منابع مقالات شناسایی شده جهت یافتن مقاله‌های بیشتر بررسی گردید.

#### یافته‌ها

هسته قوسی شامل جمعیت‌های نورونی حاوی نوروپپتید Y، پپتید مرتبط با آگوتی، گابا و هورمون محرک ملانوسیتی است. این نورون‌ها که عمدتاً در بخش شکمی میانی واقع شده‌اند، تا سایر هسته‌های هیپوتالاموس کشیده شده و در کنترل تغذیه و افزایش یا کاهش اخذ غذا مؤثرند. هسته قوسی از طریق برجستگی میانی به پیام‌های محیطی تعادل انرژی دسترسی دارد زیرا این ناحیه توسط سد خونی-مغزی، محافظت کامل نمی‌شود.

#### نتیجه‌گیری

طبق مطالعات، هسته قوسی مکانی است که برخی نوروترانسمیترها اثرات افزایشی یا کاهش‌دهنده بر اخذ غذا را در پستانداران و پرندگان ایجاد می‌کنند. لپتین، انسولین، هورمون محرک ملانوسیتی و سروتونین دریافت غذا را مهار و نوروپپتید Y، پپتید مرتبط با آگوتی، نوسیسپتین ارفانین FQ و گابا اخذ غذا را تحریک می‌نمایند. البته بعضی مانند Ghrelin عملکرد دوگانه دارند بصورتیکه در پستانداران اخذ غذا را تحریک و در پرندگان مهار می‌کند.

#### کلیدواژه‌ها

هسته قوسی، هیپوتالاموس، اخذ غذا



## مقدمه

در اغلب موجودات علی‌رغم تغییرات زیاد مصرف روزانه غذا و انرژی، میزان چربی و وزن بدن در حد ثابتی باقی می‌ماند. سیستم‌های فیزیولوژیک پیچیده و قدرتمند مغزی همراه با هورمون‌های موجود در گردش خون در شروع و پایان یک وعده غذایی نقش دارند. سیگنال‌های محیطی و مغزی در هیپوتالاموس با هم تلفیق می‌گردند و میزان نوروپپتیدهای مرکزی را تنظیم کرده تا مصرف انرژی و غذا تصحیح شود (۱، ۲).

برخی هسته‌های هیپوتالاموسی شامل مجاور بطنی، شکمی میانی، پشتی میانی و هسته قوسی مؤثر در کنترل جامع اخذ غذا هستند. علاوه بر پیام‌های محیطی، نوروپپتیدها و نوروترانسمیترهایی که در نورون‌های هیپوتالاموسی، سنتز و آزاد می‌شوند تولید سیگنال‌های اورکسیژنیک و آنورکسیژنیک می‌نمایند (۳).

هسته قوسی هیپوتالاموس نقش مرکزی در برخی مدارهای نورونی هومئوستاتیک دارد و بویژه مکان مهمی برای تنظیم مرکزی اخذ غذا، مصرف انرژی و وزن بدن است. تجویز سیستماتیک آنالوگ گلوکز نوروتوکسیک، منجر به آسیب عصبی شدید در هسته قوسی می‌شود که با سندرم‌های چاقی همراه با پرخوری مرتبط است. هسته قوسی مکان اصلی جهت همگرایی سیگنال‌های محیطی با دیگر اطلاعات حسی است و همچنین رله کردن سیگنال‌های لپتین به دیگر بخش‌های هیپوتالاموس از دیگر وظایف آن می‌باشد (۴).

تحقیقات نوروشیمی در مورد کنترل رفتار تغذیه‌ای در پستانداران از چندین دهه قبل صورت پذیرفته است و در سال‌های اخیر به جهت جهشی که در رشد طیور جهت مصرف غذایی انسان صورت پذیرفته و ضرورت انجام

اصلاح نژاد در طیور، همواره این سوال مطرح بوده است که تحقیقات صورت گرفته در مورد پستانداران و جوندگان تا چه میزان قابل بسط به پرندگان است؟ بدین ترتیب از یک سو ضرورت انجام تحقیقات مستقل در طیور و از سوی دیگر شناسایی تفاوت‌ها و تشابهات میان گونه‌های مختلف جانوری جهت استفاده از صفات مطلوب در روند اصلاح نژاد ضروری گردید.

مثلاً آنچه موجب فعالیت برخی نورون‌های کاهنده اخذ غذا در هسته قوسی هیپوتالاموس شده و همچنین تحریک این مسیر، صفتی مطلوب جهت کاهش وزن در انسان است، ولی در طیور گوشتی و یا پستانداران پروراری تأمین کننده غذای انسان، یک صفت مضر به شمار می‌آید که در اصلاح نژاد بایستی حذف گردد. در حالیکه همین صفت در طیور تخمگذار یک صفت مفید محسوب می‌گردد. لذا شناسایی، جمع‌بندی و مقایسه عملکرد هسته قوسی میان گونه‌ها جهت انجام اصلاح نژاد بر اساس صفات مطلوب تغذیه‌ای و حذف صفات نامطلوب است. در این راستا هدف از مطالعه مروری حاضر بررسی نقش واسطه هسته قوسی و نوروترانسمیترهای مؤثر بر آن در تنظیم اخذ غذا و تفاوت‌ها و تشابهات در گونه‌ها بوده است.

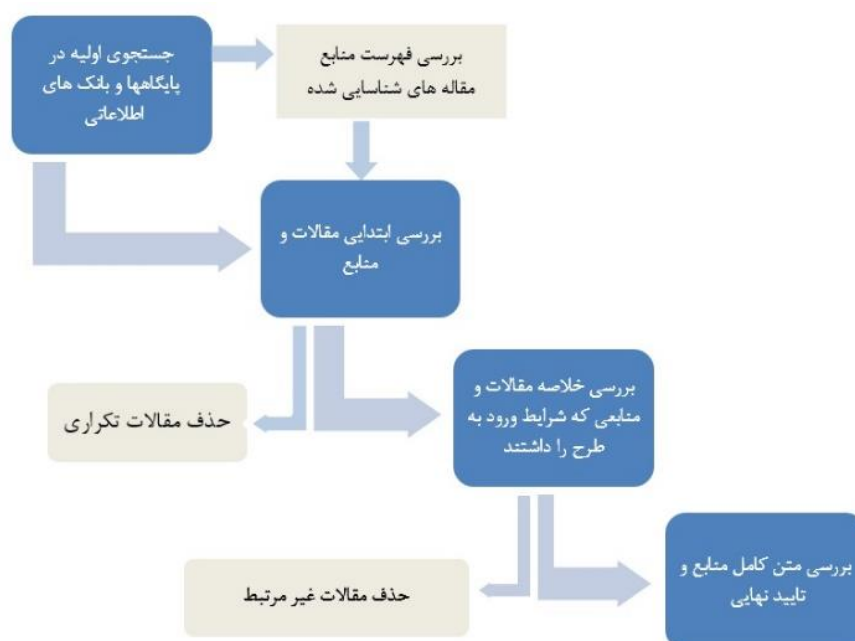
## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر حاصل یک مطالعه مروری نظام‌مند (سیستماتیک) در سال ۲۰۱۶ است که شامل چندین بخش تعیین هدف و مسأله مورد تحقیق، جمع‌آوری داده‌ها و تفسیر یافته‌ها می‌باشد. روش جستجوی مقالات و منابع عمدتاً با استفاده از جستجوی سیستماتیک کلیدواژه‌های فارسی هیپوتالاموس، هسته قوسی، اخذ غذا، اشتها، جمعیت‌های نورونی مستقر در هسته قوسی و



نوروترانسمیترهای تزریق شده در هسته قوسی یا بطن‌های مغزی و ویژگی‌های هسته قوسی بود. مطالعات بر اساس فلوجارت شکل ۱ و طی مراحل متوالی و نظاممند انتخاب شده و پس از حذف مقالات تکراری و غیر مرتبط، طبق جدول شماره ۱، ۲ و ۳ در سه گروه مقالات مروری، مقالات آزمایش بنیان اثرات نوروترانسمیترها بر هیپوتالاموس و مقالات آزمایش بنیان تداخل مسیره‌های نورونی با یکدیگر، تقسیم شدند. مقالات انتخابی در بازه زمانی ۱۹۹۸-۲۰۱۶ تهیه شدند.

نوروترانسمیترهای مرتبط (نوروپپتید Y و پرو اپیوملانوکورتین) و گیرنده‌هایشان و واژه‌های انگلیسی معادل آنها با همه ترکیبات احتمالی انجام شد. همچنین فهرست منابع مقاله‌های شناسایی شده برای یافتن مطالعات مرتبط بیشتر بررسی شد. یافته‌های این پژوهش بر اساس مطالعات منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed, Web of Science, Scopus, Springer, Elsevier, Science Direct, SID می‌باشد به نحویکه تعداد زیادی مقاله برای مطالعه مروری حاضر جمع گردید. معیارهای ورود به مطالعه شامل مکانیسم‌های مغزی تنظیم اخذ غذا، نوروترانسمیترها و



شکل ۱- فلوجارت مراحل ورود مطالعات به مرور نظاممند

درون هسته قوسی ( $POMC/CART^1$  و  $NPY/AgRP^2$ ) سیگنال‌های وارده را تلفیق می‌کنند. یکی از این شبکه‌ها دریافت غذا را از طریق بیان پرواپیوملانوکورتین ( $POMC^3$ ) مهار و دیگری اخذ غذا را از طریق بیان

## یافته‌ها

هسته قوسی که در مجاورت بطن سوم مغز قرار دارد (۵) از اهمیت ویژه‌ای در تنظیم اشتها برخوردار است و نقش کلیدی در تلفیق سیگنال‌های تنظیم کننده اشتها به عهده دارد. این ناحیه از مغز در برجستگی میانی توسط سد خونی مغزی پوشش داده نمی‌شود. دو جمعیت نورونی

<sup>1</sup> Cocaine- and amphetamine-regulated transcript

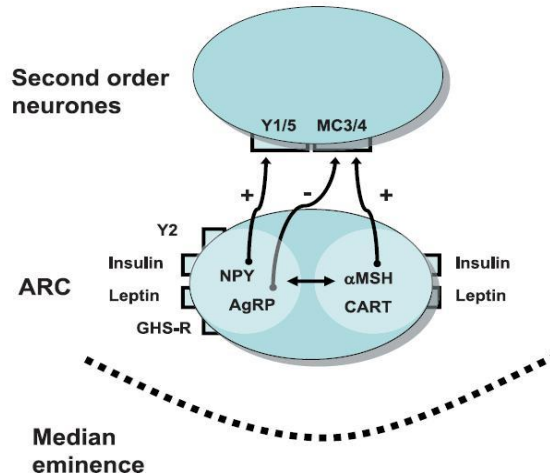
<sup>2</sup> Neuropeptide Y/ Agouti-related peptide

<sup>3</sup> Pro-opiomelanocortin



می‌یابد، شکل ۲ جمعیت‌های نورونی کاهنده و افزایش‌دهنده اخذ غذا را در هسته قوسی نشان می‌دهد (۲، ۴، ۷، ۸).

نوروپپتید Y تحریک می‌کند (۱، ۲، ۶). پروجکشن‌های هسته قوسی در ناحیه پری و نتریکلر هیپوتالاموس گسترش



شکل ۲- هسته قوسی و کنترل تغذیه (اقتباس از منبع ۹)

متعددی در این زمینه بررسی شده است و برخی تحقیقات مروری بر روی تنظیم اشتها (بدون مقایسه گونه‌ای و یا تفکیک هسته‌ای) صورت گرفته است که در جداول شماره ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

نورون‌های هسته قوسی به هسته‌های پایین دستی<sup>۱</sup> در داخل هیپوتالاموس پروجکت کرده، و با سایر اطلاعات از ساقه مغز و قشر یکپارچه می‌شود. تارگت‌های هیپوتالاموسی هسته قوسی، نورون‌های هسته‌های مجاور بطنی (PVN<sup>۲</sup>)، پشتی میانی (DMH<sup>۳</sup>)، جانبی (LHA<sup>۴</sup>) و شکمی میانی (VMN<sup>۵</sup>) می‌باشند. جهت شناسایی مسیرهای نورونی و نقش پپتیدها، تحقیقات مختلف بوسیله جراحی‌های استرئوتاکسیک و کاشت کانولا در جمجمه و ایجاد رهیافت مستقیم به هسته قوسی و یا بطن مغز در حیوانات آزمایشگاهی صورت گرفته است (۱۰، ۱۱). بدین ترتیب تا کنون اثرات نوروترانسمیترهای

جدول ۱- مشخصات مطالعات مروری وارد شده به مرحله تحلیلی

ردیف	نویسنده/گان	چاپ	مورد مطالعه	موضوع
۱	Denbow et al (۱)	۲۰۱۵	رفتار تغذیه‌ای	تنظیم اخذ غذا
۲	Wynne et al (۲)	۲۰۰۵	هیپوتالاموس	تنظیم اشتها
۳	Jensen (۳)	۲۰۰۱	هیپوتالاموس	تنظیم اخذ غذا
۴	Zendehdel (۵)	۲۰۱۴	نوروپپتیدها	تنظیم اخذ غذا
۵	Kim et al (۸)	۲۰۱۴	هیپوتالاموس	تنظیم هورمونی غذا
۶	Joost (۱۲)	۲۰۱۲	هیپوتالاموس	تنظیم اشتها
۷	Plum et al (۱۳)	۲۰۰۵	انسولین	مکانیسم اثر
۸	Krashes et al (۱۴)	۲۰۱۶	ملانوکورتین	هومئوستاز انرژی
۹	Levens et al (۱۵)	۲۰۰۴	نوروپپتید Y	اخذ غذا و متابولیسم

<sup>۱</sup> Second\_order

<sup>۲</sup> Paraventricular nucleus

<sup>۳</sup> Dorsomedial hypothalamic nucleus

<sup>۴</sup> Lateral hypothalamic area

<sup>۵</sup> Ventromedial nucleus



۱۰ Salaneck (۱۶) ۲۰۰۱ نوروپپتید Y گیرنده‌های NPY

جدول شماره ۲- مشخصات مطالعات آزمایش بنیان وارد شده به تحلیل مروری (بر روی نوروترانسمیترها)

ردیف	نویسنده/گان	چاپ	موجود زنده	میانجی مغزی	ناحیه مغزی	اخذ غذا	موضوع
۱	Bouret et al (۴)	۲۰۰۴	موش	لپتین	هسته قوسی	-	تنظیم اخذ غذا
۲	Zendehdel et al (۶)	۲۰۰۹	طیور	انسولین	بطن مغزی	.....	بی تاثیر بر اشتها
۳	Bi et al (۷)	۲۰۱۲	رت	نوروپپتید Y	هسته پستی میانی	+	تعادل انرژی
۴	Hamidi et al (۱۰)	۲۰۱۶	طیور	.....	بطن مغزی	.....	محرومیت غذایی
۵	Meister (۱۷)	۲۰۰۰	پستانداران	لپتین	هیپوتالاموس	-	تنظیم اخذ غذا
۶	Tachibana et al (۱۸)	۲۰۰۱	طیور	مونوآمین ها	هیپوتالاموس	، -	تنظیم اخذ غذا
۷	Zendehdel et al (۱۹)	۲۰۱۲	طیور	سروتونین	بطن مغزی	-	اخذ غذا و آب
۸	Zendehdel et al (۲۰)	۲۰۱۳	طیور	سروتونین	بطن مغزی	-	تنظیم اخذ غذا
۹	Harrold et al (۲۱)	۱۹۹۹	رت	ملانوکورتین	هیپوتالاموس	-	گیرنده MC4
۱۰	Strader et al (۲۲)	۲۰۰۳	قمری	ملانوکورتین	هیپوتالاموس	-	تنظیم اخذ غذا
۱۱	Maolood & Meister (۲۳)	۲۰۱۰	رت	N/O FQ	هیپوتالاموس	+	تنظیم اخذ غذا
۱۲	Olszewski et al (۲۴)	۲۰۱۰	رت	N/O FQ	بطن مغزی	+	مصرف انرژی
۱۳	Zendehdel et al (۲۵)	۲۰۰۹	طیور	گلوتامات	بطن مغزی	-	تنظیم اخذ غذا
۱۴	Shiraishi et al (۲۶)	۲۰۰۹	طیور	انسولین	بطن مغزی	-	مقایسه گونه ای
۱۵	Shiraishi et al (۲۷)	۲۰۱۱	طیور	انسولین	بطن مغزی	-	مقاومت گیرنده
۱۶	Kageyama et al (۲۸)	۲۰۱۲	رت	نوروپپتید Y	هسته قوسی	+	تنظیم اخذ غذا
۱۷	Bromée et al (۲۹)	۲۰۰۶	طیور	نوروپپتید Y	هسته قوسی	+	گیرنده NPY6-7
۱۸	Silverstein et al (۳۰)	۲۰۰۰	ماهی	نوروپپتید Y، انسولین	بطن مغزی	، -	تنظیم اخذ غذا
۱۹	Ando et al (۳۱)	۲۰۰۱	طیور	نوروپپتید Y	بطن مغزی	+	تنظیم اخذ غذا
۲۰	Denbow et al (۳۲)	۲۰۰۰	طیور	لپتین	بطن مغزی	-	تنظیم اخذ غذا
۲۱	Kawakami et al (۳۳)	۲۰۰۰	طیور	هیستامین	بطن مغزی	-	تنظیم اخذ غذا
۲۲	Stengel et al (۳۴)	۲۰۱۳	رت	سوماتواستاتین	بطن مغزی	+	اخذ غذا و آب
۲۳	Tachibana et al (۳۵)	۲۰۱۱	طیور	سوماتواستاتین	بطن مغزی	+	تنظیم اخذ غذا

علامت منفی (-) به معنی کاهش می‌باشد.

علامت مثبت (+) به معنی افزایش می‌باشد.

N/O FQ اختصار نوسیسپتین ارفانین اف کیو است.



جدول ۳- مشخصات مطالعات آزمایش بنیان وارد شده به تحلیل مروری (مطالعات تداخلی میان نوروترانسمیترها)

ردیف	نویسنده/گان	چاپ	موجود زنده	میانجی مغزی	ناحیه مغزی	اخذ غذا	با میانجیگری	موضوع
۱	Zendehdel et al (۱۱)	۲۰۱۲	طیور	سروتونین	بطن مغزی	-	ملانو کورتین	اخذ غذا و آب
۲	Kotz et al (۳۶)	۱۹۹۸	رت	لپتین	هسته قوسی	-	نوروپپتید Y	تنظیم اخذ غذا
۳	Cone et al (۳۷)	۲۰۰۱	رت	لپتین	هسته قوسی	-	ملانو کورتین	تعادل انرژی
۴	Heisler et al (۳۸)	۲۰۰۶	رت	سروتونین	هسته قوسی	-	ملانو کورتین	تنظیم اخذ غذا
۵	Meister et al (۳۹)	۲۰۰۶	رت	استیل کولین	هسته قوسی	-	ملانو کورتین	تنظیم اخذ غذا
۶	Hamidi (۹)	۲۰۱۱	طیور	سروتونین	بطن مغزی	-	ملانو کورتین	اخذ غذا و آب
۷	Tajalli et al (۴۰)	۲۰۰۶	طیور	گابا	بطن مغزی	+	N/O FQ <sup>۱</sup>	تنظیم اخذ غذا
۸	Zendehdel et al (۴۱)	۲۰۱۵	طیور	N/O FQ	بطن مغزی	+	نوراپینفرین	تنظیم اخذ غذا
۹	Zendehdel et al (۴۲)	۲۰۱۳	طیور	سروتونین	بطن مغزی	-	N/O FQ	تنظیم اخذ غذا
۱۰	Zendehdel et al (۴۳)	۲۰۱۵	طیور	N/O FQ	بطن مغزی	+	هیستامین	تنظیم اخذ غذا
۱۱	Shiraishi et al (۴۴)	۲۰۰۸	طیور	انسولین	بطن مغزی	-	ملانو کورتین	تنظیم اخذ غذا
۱۲	Jonaidi et al (۴۵)	۲۰۱۲	طیور	گابا	بطن مغزی	+	گرلین	تنظیم اخذ غذا
۱۳	Levin et al (۴۶)	۱۹۹۸	رت	انسولین	هسته قوسی	-	نوراپینفرین	تنظیم اخذ غذا
۱۴	Lundell et al (۴۷)	۲۰۰۲	طیور	نوروپپتید Y	in vitro	+	پپتید YY	گیرنده NPY4
۱۵	Toftgaard et al (۴۸)	۲۰۰۳	رت	لپتین	بطن مغزی	-	هیستامین	تنظیم اخذ غذا
۱۶	Itoh et al (۴۹)	۱۹۹۸	رت	هیستامین	بطن مغزی	-	نوروپپتید Y	تنظیم اخذ غذا
۱۷	Amoorajabi et al (۵۰)	۲۰۱۲	رت	گرلین	بطن مغزی	+	لپتین	اثر بر T3 و T4
۱۸	Taati et al (۵۱)	۲۰۱۰	طیور	گرلین	بطن مغزی	-	هیستامین	تنظیم اخذ غذا
۱۹	Zendehdel et al (۵۲)	۲۰۱۳	طیور	گرلین	بطن مغزی	-	سروتونین	تنظیم اخذ غذا
۲۰	Gaskin et al (۵۳)	۲۰۰۳	موش	گرلین	بطن مغزی	+	نیتریک اکساید	تنظیم اخذ غذا
۲۱	Tachibana et al (۵۴)	۲۰۰۹	طیور	سوماتواستاتین	بطن مغزی	+	نوراپینفرین	تنظیم اخذ غذا

علامت منفی (-) به معنی کاهش می باشد.

علامت مثبت (+) به معنی افزایش می باشد.

N/O FQ اختصار نوسیسپتین ارفانین اف کیو است.

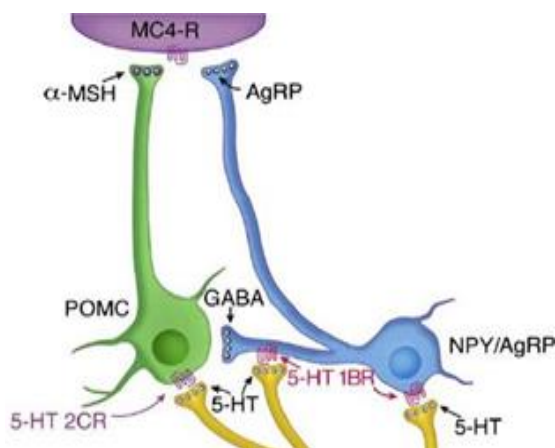
<sup>۱</sup> Nociceptin/orphanin FQ



لپتین اگرچه از بافت چربی مشتق می‌شود ولی نقش نوروترانسمیتری آن نیز برجسته است و به عنوان مهار کننده اخذ غذا عمل می‌کند و رسپتورهای آن در هسته قوسی بیان می‌شوند (۴). در افراد بالغ سطوح در گردش این هورمون وابسته به توده بدنی است و ارتباط نزدیکی با میزان چاقی دارد. لپتین مانند انسولین از سد خونی مغزی با یک مکانیسم اشباع‌پذیر منتقل می‌شود و در مناطقی از مغز که تنظیم رفتار تغذیه‌ای را بر عهده دارد عمل می‌کند. در داخل هسته قوسی اتصال لپتین به رسپتورهایش، محرک نورون‌های آنورکسیژنیک با فعال-سازی  $MC_{3/4R}$ <sup>۱</sup> است و نوروپپتیدهای اورکسیژنیک NPY/AgRP را مهار می‌کند (۱۲). تحقیقات نشان می‌دهند که نورون‌های هسته قوسی دارای رسپتورهای لپتین هستند (۱۷، ۳۶).

پپتید مرتبط با آگوتی (AgRP) پپتیدی با ۱۳۱ آمینو اسید که در داخل هسته قوسی هیپوتالاموس بیان می‌شود به عنوان یک آنتاگونیست، گیرنده‌های  $MC_4R$  را مهار و اخذ غذا را افزایش می‌دهد (۳۷، ۳۸). نورون‌های حاوی این پپتید که فقط در داخل هسته قوسی بیان می‌شوند، نوروپپتید Y و گابا را ترشح می‌کند. در موش بیان mRNA، جهت تولید AgRP در طی گرسنگی افزایش می‌یابد. در جوجه‌های نژاد تخم‌گذار نیز تزریق این پپتید موجب افزایش اخذ غذا با اثر بر هسته قوسی می‌شود، همچنین در تزریق همزمان، AgRP می‌تواند اثر بی-اشتهایی  $\alpha MSH^2$  را از بین ببرد (۱۸).

شکل ۳- اثر نورون‌های سروتونرژیک در هسته قوسی (اقتباس از منبع ۹)



میلانوکورتین‌ها و گیرنده‌های آن ( $MC_4R$  و  $MC_3R$ ) در نواحی هیپوتالاموس مثل هسته قوسی، هسته شکمی میانی و هسته مجاور بطنی که درگیر تنظیم

پپتید مرتبط با آگوتی (AgRP) پپتیدی با ۱۳۱ آمینو اسید که در داخل هسته قوسی هیپوتالاموس بیان می‌شود به عنوان یک آنتاگونیست، گیرنده‌های  $MC_4R$  را مهار و اخذ غذا را افزایش می‌دهد (۳۷، ۳۸). نورون‌های حاوی این پپتید که فقط در داخل هسته قوسی بیان می‌شوند، نوروپپتید Y و گابا را ترشح می‌کند. در موش بیان mRNA، جهت تولید AgRP در طی گرسنگی افزایش می‌یابد. در جوجه‌های نژاد تخم‌گذار نیز تزریق این پپتید موجب افزایش اخذ غذا با اثر بر هسته قوسی می‌شود، همچنین در تزریق همزمان، AgRP می‌تواند اثر بی-اشتهایی  $\alpha MSH^2$  را از بین ببرد (۱۸).

میلانوکورتین‌ها و گیرنده‌های آن ( $MC_4R$  و  $MC_3R$ ) در نواحی هیپوتالاموس مثل هسته قوسی، هسته شکمی میانی و هسته مجاور بطنی که درگیر تنظیم

<sup>۱</sup> Melanocortin receptors 3/4

<sup>۲</sup> Alpha-melanocyte-stimulating hormone



نوروپپتید Y نوروپپتیدی ۳۶ اسید آمینه‌ای است و بین نوروپپتید Y انسان و جوجه تنها در یک آمینواسید اختلاف است (۴۷). در هر دو انتهای N و C ترمینال در ساختار اولیه‌اش اسید آمینه تایروزین دارد (۲۸) و متعلق به خانواده پلی‌پپتید پانکراتیک (۷) و یکی از فراوان‌ترین پپتیدهای سیگنالینگ در سیستم عصبی مرکزی مهره-داران است (۲۹).

نوروپپتید Y به عنوان یکی از قوی‌ترین محرک‌های اندوژنوس تغذیه در پستانداران است. همچنین اخذ غذا را در پرندگان تحریک می‌کند. گرسنگی منجر به افزایش سطوح mRNA نوروپپتید Y در هیپوتالاموس جوجه‌ها می‌شود (۷). در ماهی‌ها (۳۰) و جوجه‌ها با محدودیت غذایی، بیان ژن نوروپپتید Y در هیپوتالاموس افزایش می‌یابد (۴۶).

در داخل هسته قوسی، نورون‌های حاوی نوروپپتید Y، ترشح AgRP را که موجب تحریک اخذ غذا می‌شود، انجام می‌دهند. در هیپوتالاموس نورون‌های نوروپپتید Y از هسته قوسی به هسته‌های مجاور بطنی پیش می‌روند، که مکان‌هایی برای یکپارچه‌سازی بالانس انرژی است (۹). علاوه بر آن نورون‌هایی را که در خود هسته قوسی پرواپیوملانوکورتین سنتز و ترشح می‌کنند، را عصب‌دهی می‌کنند (۱۵). ۵ رسپتور برای نوروپپتید Y در اخذ غذا بررسی شده است که همگی متعلق به فوق خانواده رسپتور جفت شونده با پروتئین G هستند (۳۱). مکانیسم فعال‌سازی پروتئین G با رسپتورهای نوروپپتید Y احتمالاً از طریق مهار cAMP و بالا بردن کلیسم داخل سلولی می‌باشد (۱۶).

دو رسپتور Y<sub>1</sub> و Y<sub>5</sub> در پاسخ اخذ غذا بوسیله نوروپپتید Y نقش دارند. تزریق آنالوگ انتخابی

نوسیسپتین ارفانین اف کیو (N/O-FQ) یک پپتید اورکسیژنیک است که در هسته قوسی شناسایی شده است (۲۳). تزریق آن در بطن مغز رت و تأثیر بر هسته قوسی موجب افزایش اخذ غذا می‌شود (۲۴). از طرفی تأیید شده است که این اثر با واسطه نورون‌های گابائریژیک در جوجه‌ها و از طریق تحریک گیرنده‌های یونوتروپیک GABA<sub>A</sub><sup>1</sup> انجام می‌گردد. زیرا با استفاده از آنتاگونیست GABA<sub>A</sub> (Bicuculline)، این اثر مهار می‌شود (۲۵، ۴۰). واسطه‌گری گیرنده‌های بتا دو آدرنریژیک، گیرنده 5HT<sub>2C</sub> سروتونینی و گیرنده‌های هیستامینی نیز جهت اثر بر اخذ غذا در جوجه‌های گوشتی تأیید شده است (۴۱-۴۳).

انسولین علاوه بر نقش هورمونی، به عنوان یک میانجی عصبی محسوب و رسپتورهای آن در سیستم عصبی مرکزی بطور گسترده‌ای توزیع شده‌اند (۱۳). ساختمان انسولین اگرچه بین گونه‌ها مختصری تفاوت دارد ولی تا حدودی اثرات مشابهی اعمال می‌کند، بطوریکه انسولین خوکی موجب کاهش اخذ غذای طیور می‌گردد (۲۶).

انسولینی که به دنبال تغذیه افزایش می‌یابد، از طریق برجستگی میانی وارد مغز شده و مشابه لپتین بر روی رسپتورها عمل کرده (۱۲) نورون‌های ملانوکورتینی را تحریک (۱۴) و موجب کاهش بیان آزادسازی نوروپپتید Y می‌شود. مطالعات متعددی در حمایت از این فرضیه که انسولین پانکراسی به عنوان یک سیگنال چاقی به سیستم عصبی مرکزی عمل می‌کند و اخذ غذا را در جوجه‌ها کاهش می‌دهد، وجود دارد (۲۷، ۴۴، ۴۵). سیگنال مذکور در مغز رت نیز تأثیرات کوتاه و بلند مدت را بر تنظیم اخذ غذا و وزن بدن القاء می‌کند (۲۱، ۴۶).

<sup>1</sup> Gamma-aminobutyric acid A





نوروترانسمیترها به هسته قوسی یا به روش تزریق داخل هسته‌ای است و یا تزریق داخل بطن مغزی در مجاورت هسته قوسی است که با انتشار از دیواره بطن بر روی گیرنده‌ها اثر می‌گذارد. در مطالعه حاضر با جمع‌بندی تحقیقات مختلف بر روی هسته قوسی به هدف شناسایی مسیرهای نورونی درگیر در اخذ غذا مشخص گردید، در بسیاری موارد تشابه میان گونه‌های مختلف برقرار است و البته در معدودی از موارد نیز تفاوت در عملکرد نوروترانسمیترها مشهود بود.

در نورون‌های هسته قوسی، به همراه نوروپپتید Y، پپتید مرتبط با آگوتی نیز حضور دارد که آنتاگونیست طبیعی گیرنده‌های MC3R و MC4R است. این پپتید کاهش دریافت غذای ناشی از تزریق درون بطن مغزی  $\alpha$ MSH را سرکوب می‌کند (۲). سروتونین هم در رت و هم در جوجه برای ایجاد بی‌اشتهایی احتیاج به واسطه‌گری گیرنده‌های ملانوکورتینی دارد که از طریق اثر لیگاندی  $\alpha$ MSH بوجود می‌آید. البته AgRP در مغز با  $\alpha$ MSH بر سر اتصال به گیرنده‌ها رقابت می‌کند (۹، ۳۸). البته عملکرد گیرنده MC3 در رت (۲۱) و قمری (۲۲) تأیید نشده است و تنها تحریک گیرنده MC4 در هسته قوسی، اخذ غذا را کاهش می‌دهد.

تحقیقات نشان داده است که لپتین در رت و جوجه موجب کاهش اخذ غذا می‌گردد (۳۲، ۳۶)، که در رت تأیید شده و جهت اعمال این اثر کاهشی احتیاج به واسطه‌گری نورون‌های نوروپپتید Y، ملانوکورتینی و نورون‌های هیستامینرژیک دارد (۳۶، ۳۷، ۴۸)، ولی در طیور هنوز تحقیقات جامعی در زمینه تداخلات مربوطه در هسته قوسی صورت نگرفته است.

از آنجا که تحقیقات نشان داده در محل برجستگی میانی سد خونی مغزی ناقص است (۶) و در مطالعات دیگر وجود گیرنده‌های انسولین و لپتین در هسته قوسی ثابت شده

رسپتور  $Y_1$  به داخل مغز اخذ غذا را تحریک می‌کند. همچنین تأثیرات پپتیدی گرلین معدی می‌تواند بطور کامل با آنتاگونیست  $Y_1$  مهار شوند. در نتیجه، عمل نوروپپتید Y بوسیله رسپتور  $Y_1$  برای تنظیم کوتاه مدت اخذ غذا مهم است (۱۵) و لپتین و انسولین از طریق تأثیر بر آزادی نوروپپتید Y موجب کاهش اخذ غذا می‌شوند (۳۲، ۴۸). هیستامین نیز از طریق تأثیر مهاری بر نوروپپتید Y موجب کاهش اخذ غذا در پستانداران و پرندگان می‌گردد (۳۳، ۴۹).

Ghrelin به عنوان یکی از نوروترانسمیترهای مؤثر و با تجویز داخل بطن مغزی، آزاد شدن هورمون رشد و اخذ غذا را در رت‌ها تحریک می‌کند (۵۰). در طیور اثر Ghrelin به عنوان یک مهار کننده اخذ غذا شناسایی شده است (۵۱-۵۳).

سوماتوستاتین، پپتیدی دارای ۵ رسپتور از  $SST_1$  تا  $SST_5$  است (۳۴). سوماتوستاتین در فیبرها و جسم سلولی هسته‌های هیپوتالاموس حضور دارد و این مکان‌ها اخذ غذا و بالانس انرژی را تنظیم می‌کنند (۳۵). تزریق داخل بطن مغزی سوماتوستاتین موجب افزایش اخذ غذا در رت-ها می‌شود. تزریق ICV سوماتوستاتین در جوجه‌ها نیز تحت شرایط گرسنگی و در شرایط تغذیه آزاد موجب افزایش مصرف غذا شده است (۵۳، ۵۴).

## بحث

هسته قوسی در مجاورت بطن سوم و در قاعده هیپوتالاموس واقع شده و دارای دو مجموعه نورونی (POMC/CART و NPY/AgRP) مؤثر بر اخذ غذا است، البته هسته قوسی به سیگنال‌های تنظیم انرژی با منشاء گردش خون از طریق برجستگی میانی دسترسی پیدا می‌کند (۶) در تحقیقات آزمایشگاهی، رهیافت‌های

<sup>۱</sup> Somatostatin receptor



آنورکسیژنیک انسولین در CNS با تغییرات در بیان نورون‌های هسته قوسی همراه می‌شود. البته بیان ژن نوروپپتید Y در هیپوتالاموس ماهی‌ها حاکی از آن است که نقش نوروپپتید Y در تنظیم بالانس انرژی سیر تکاملی بسیار قدیمی دارد (۳۰).

در راستای تحقیقات نگارنده، نورون‌های سروتونینرژیک، همانطور که در شکل ۳ آمده است در پرندگان برای ایجاد بی‌اشتهایی نیاز به واسطه‌گری نورون‌های POMC می‌باشد. سروتونین می‌تواند از طریق گیرنده  $5HT_{1B}$  که بر روی نورون‌های AgRP هسته قوسی واقع شده است اثری دو گانه را موجب شود. زیرا موجب تحریک همزمان جسم سلولی و شاخه فرعی اکسونی که میانجی گابا را بر روی نورون‌های پرواپیوملانوکورتین ترشح می‌کند می‌گردد. پس همزمان با صدور ایمپالس تحریکی از نورون سروتونینرژیک و فعال شدن  $5HT_{1B}$ ، با هیپرپلاریزه کردن غشاء جسم سلولی بر روند آزادسازی AgRP از پایانه تأثیر مهاری دارد و با هیپرپلاریزاسیون اتصال اکسون-اکسون دو نورون و مهار ترشح گابا، عمل نورون پرواپیوملانوکورتین را در آزادی  $\alpha MSH$  و تحریک  $MC_4R$  تسهیل می‌نماید (۹). این اثر با مکانیسم مذکور در رت هم تأیید شده است (۳۸).

همچنین افزایش اخذ غذای ناشی از نویسیپتین ارفانین FQ از یکطرف بوسیله مکانیسم‌های سروتونینرژیک از طریق گیرنده  $5HT_{2C}$  در جوجه‌ها میانجیگری می‌شود و از طرف دیگر بواسطه نورون‌های هیستامینرژیک و گیرنده‌های  $H_1$  و  $H_3$  اثر خود را بر روی مسیرهای پایین دست اعمال می‌کند (۴۲، ۴۳). هیستامین نیز از طریق تأثیر مهاری بر نوروپپتید Y موجب کاهش اخذ غذا در پستانداران و

است پس جمعیت‌های نورونی موجود در هسته قوسی تحت تأثیر تغییرات غلظت خونی انسولین و لپتین نیز قرار می‌گیرند. بدین ترتیب سطوح بالای این هورمون‌ها که بیان‌کننده کفایت ذخایر انرژی بدن است با اثر بر هسته قوسی موجب افزایش بیان POMC/CART شده و نهایتاً کاهش اخذ غذا را در پرندگان و پستانداران پدید می‌آورد (۱۳، ۱۷، ۳۷)، در این زمینه برخی مطالعات نشانگر عدم تأثیر انسولین بر اخذ غذای طیور بوده که علت آن استفاده از انسولین انسانی در آزمایش گزارش شده است (۶). بر اساس مطالعه دیگری انسولین انسانی کمترین اثر را بر هسته قوسی طیور در میان چند گونه آزمایش شده دارد (۲۶)، پس یافته مطالعه مذکور قابل اتکا نمی‌باشد.

از طرفی تجویز انسولین به بطن مغز رت بیان نوروپپتید Y را در هسته‌های قوسی هیپوتالاموسی کاهش می‌دهد و در مقابل با افزایش  $\alpha MSH$  نیز تأثیرات ضد اشتهاپی انسولین را میانجیگری می‌کند. زیرا استفاده از آنتاگونیست ملانوکورتین موجب خنثی شدن این اثر می‌گردد (۱۴). ولی بر خلاف رت، میانجیگری نورون‌های نوروپپتید Y برای عمل انسولین در هسته قوسی طیور هنوز مبهم است و در حال حاضر توسط نگارنده بر روی سه گیرنده آن در حال بررسی و تحقیق است. شواهدی نیز در زمینه اعمال اثر انسولین مغزی از طریق مهار ترانسپورت بازجذب‌کننده نوراپینفرین در هسته قوسی نیز وجود دارد (۴۶). گرچه نورون‌هایی که نوروپپتید Y تولید می‌کنند در مکان‌های زیادی از مغز حضور دارند، مهم‌ترین مکان برای کنترل اخذ غذا در هسته قوسی هیپوتالاموس است. تنظیم بیان ژن نوروپپتید Y در هسته قوسی بر خلاف DMH تحت کنترل لپتین در گردش است (۷). مجموعه این یافته‌ها تأیید می‌کنند که تأثیرات

<sup>۱</sup> 5-hydroxytryptamine receptor 1B



پرنندگان می‌گردد، بدین ترتیب باز هم انتهای مسیر مؤثر بر اخذ غذا به یکی از دو جمعیت نورونی هسته قوسی ختم می‌گردد (۴۸، ۳۲).

تأثیر Ghrelin بر اخذ غذا پیچیده‌تر از سایر میانجی‌هاست و میان گونه‌ها متفاوت است. مکانیسم عمل آن کاملاً شفاف نیست ولی تأثیر آن بر اخذ غذا میان پستانداران و پرنندگان تفاوت دارد. Ghrelin در هسته قوسی نوروپپتید Y را بیان می‌کند که در رت‌ها بواسطه اکسید نیتریک و لپتین موجب افزایش غذا می‌شود (۵۰، ۵۳)، ولی این نوروترانسمیتر در پرنندگان اخذ غذا را بواسطه گیرنده‌های بتا دو آدرنژیک (۵۱) یا گیرنده‌های  $H_1$  هیستامینی و یا  $5HT_{2C}$  سروتونینی (۵۰) و همچنین نورون‌های گابائریژیک (۴۵) کاهش می‌دهد، که اثرات مذکور در تمامی موارد نهایتاً در هسته قوسی جامعیت می‌یابد. این اختلاف بین پستانداران و پرنندگان ممکن است به تفاوت در گونه‌ها و یا به تأثیر تداخلات نورونی که میانجی‌های عصبی در آنجا عمل می‌کنند مربوط باشد.

همچنین تراکم گیرنده‌های سوماتوستاتین در هسته قوسی و افزایش مصرف غذا در تزریق داخل مغزی آن، نشان می‌دهد که مکان محوری اثر این میانجی نیز هسته قوسی است. تزریق داخل بطن مغزی (ICV) سوماتوستاتین اخذ غذا را در رت‌ها افزایش می‌دهد. ولی در دوزهای بالا در رت و موش، موجب کاهش اخذ غذا را می‌گردد و گیرنده‌های مؤثر آن در اخذ غذا در هسته قوسی، مجاور بطنی و هسته دستجات منزوی شناسایی شده که در هر سه بخش  $SST_2$  و  $SST_3$  بیان می‌شود. ولی افزایش غذا احتمالاً بوسیله گیرنده  $SST_2$  وساطت می‌شود، زیرا تزریق آنتاگونیست  $SST_2$  افزایش اخذ غذای ناشی از سوماتوستاتین را بلاک می‌کند. اگرچه علت معکوس شدن اثر آن همزمان با افزایش غلظت در

تزریق ICV نامعلوم است، احتمالاً تنظیم کاهشی<sup>۲</sup> گیرنده‌های آن در مقابل افزایش غلظت میانجی محتمل - ترین مکانیسم می‌باشد. پاسخ اورکسیژنیک تزریق ICV سوماتوستاتین در جوجه‌ها نیز تأیید شده است و مشابه نتایج اخذ شده در رت می‌باشد (۳۵، ۵۳، ۵۴).

### نتیجه‌گیری

جمع‌بندی مطالعات نشان می‌دهد که هسته قوسی نقش محوری در تنظیم اخذ غذا از طریق دو گروه جمعیت نورونی خود دارد. این نورون‌ها بواسطه میانجی‌های خود و با اثرات تحریکی و مهاری بر روی یکدیگر و همچنین اثر بر گیرنده‌هایی در سایر هسته‌های هیپوتالاموسی (مسیرهای پایین دست) موجب تنظیمات پیچیده‌ای بر رفتار تغذیه‌ای موجودات زنده می‌گردند. در این راستا تشابهات فراوانی میان پستانداران و پرنندگان وجود دارد. برخی میانجی‌ها، واسطه‌ها و یا پپتیدها مانند نوروپپتید Y، AgRP، نوسیسپتین ارفانین FQ و گابا موجب افزایش اخذ غذا، و برخی دیگر مانند لپتین، انسولین، سروتونین، گلوتامات،  $\alpha$ MSH و هیستامین موجب کاهش مصرف غذا می‌شوند. بعضی از میانجی‌ها نیز در گونه‌های مختلف نقش‌های متفاوت دارند. مانند Ghrelin که در پستانداران مصرف غذا را افزایش می‌دهد ولی در پرنندگان موجب مهار اخذ غذا می‌شود.

در مطالعه حاضر مجال بررسی گروهی دیگر از میانجی‌ها مانند دوپامین، گلوتامات، متاستین، مزوتوسین، اندوکانابینوئیدها، اوبیوئیدها و ... فراهم نبود. اگر چه تأثیر موارد مذکور در خود هسته قوسی کمتر مطرح است ولی احتمالاً تأثیراتی بر روی خروجی‌های هسته قوسی و در نهایت کنترل اخذ غذا دارند و تحلیل مروری بر روی آنها

<sup>۲</sup> Down regulation

<sup>۱</sup> Intracerebroventricular: ICV



نیز می‌تواند اهمیت خروجی‌های هسته قوسی و گیرنده-های آنها در سایر هسته‌های هیپوتالاموس را نمایان سازد.

## References

1. Denbow DM, Cline MA. Food Intake Regulation. In: Scanes CG, editor. *Sturkie's Avian Physiology*. Ireland: Academic Press; 2014. p. 469-85.
2. Wynne K, Stanley S, McGowan B, Bloom S. Appetite control. *J Endocrinol* 2005; 184(2):291-318.
3. Jensen J. Regulatory peptides and control of food intake in non-mammalian vertebrates. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2001; 128(3):469-77.
4. Bouret SG, Draper SJ, Simerly RB. Formation of projection pathways from the arcuate nucleus of the hypothalamus to hypothalamic regions implicated in the neural control of feeding behavior in mice. *J Neurosci* 2004; 24(11):2797-805.
5. Zende del M, Hassanpour S. Central regulation of food intake in mammals and birds. *Neurotransmitter* 2014; 1:1-7.
6. Zende del M, Babapour V, Asadi S. Effects of intracerebroventricular injections of glucose and insulin on food intake in broiler cockerels. *Animal Science Journal* 2009; 22(1):6-12. [Persian]
7. Bi S, J. Kim Y, Zheng F. Dorsomedial hypothalamic NPY and energy balance control. *Neuropeptides* 2012; 46(6):309-14.
8. Kim JD, Leyva S, Diano S. Hormonal regulation of the hypothalamic melanocortin system. *Front physiol* 2014; 5:480.
9. Hamidi F. The study of effect of central serotonin in central regulation of food and water intake and its interaction on Melanocortin system in control of feeding behavior in broiler chickens [dissertation]. Tehran: University of Tehran; 2011.
10. Hamidi F, Zende del M. Effect of food deprivation on the survival rate of broiler cockerels after stereotactic brain surgery. *Animal Science Journal* 2016; 29(3):67-72. [Persian]
11. Zende del M, Hamidi F, Babapour V, Mokhtarpouriani K, Fard RM. The effect of melanocortin (Mc3 and Mc4) antagonists on serotonin-induced food and water intake of broiler cockerels. *J Vet Sci* 2012; 13(3):229-34.
12. Joost HG. *Appetite control*. Germany: Springer Science & Business Media; 2012.
13. Plum L, Schubert M, Brüning JC. The role of insulin receptor signaling in the brain. *Trends Endocrinol Metab* 2005; 16(2):59-65.
14. Krashes MJ, Lowell BB, Garfield AS. Melanocortin-4 receptor-regulated energy homeostasis. *Nat Neurosci* 2016; 19(2):206-19.
15. Levens NR, Félétou M, Galizzi JP, Fauchere JL, Della-Zuana O, Lonchampt M. NPY effects on food intake and metabolism. In: Michel MC, editor. *Neuropeptide Y and Related Peptides*. Germany: Springer Science & Business Media; 2004. pp. 285-315.
16. Salanek E. Molecular evolution of neuropeptide Y receptors in vertebrates [dissertation]. Upsala: ACTA Universitatis Upsaliensis; 2001.
17. Meister B. Control of food intake via leptin receptors in the hypothalamus. *Vitam Horm* 2000; 59:265-304.
18. Tachibana T, Tazawa M, Sugahara K. Feeding increases 5-hydroxytryptamine and norepinephrine within the hypothalamus of chicks. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2001; 130(4):715-22.
19. Zende del M, Hamidi F, Babapour V, Taghavian F. The effect of intracerebroventricular injection of serotonin, parachlorophenylalanine and reserpine on food and water intake in food deprived broiler cockerels. *Scientific-Research Iranian Veterinary Journal* 2012; 8(1):51-60. [Persian]
20. Zende del M, Mokhtarpouriani K, Babapour V, Pourrahimi M, Hamidi F. The role of 5-HT<sub>2A</sub> and 5-HT<sub>2C</sub> receptors on harmaline induced eating behavior in 24-h food-deprived broiler cockerels. *Iranian Journal of Veterinary Research (IJVR)* 2013; 14(2):94-9.
21. Harrold JA, Widdowson PS, Williams G. Altered energy balance causes selective changes in melanocortin-4 (MC4-R), but not melanocortin-3 (MC3-R), receptors in specific hypothalamic regions: further evidence that activation of MC4-R is a physiological inhibitor of feeding. *Diabetes* 1999; 48(2):267-71.
22. Strader AD, Schiöth HB, Buntin JD. The role of the melanocortin system and the melanocortin-4 receptor in ring dove (*Streptopelia risoria*) feeding behavior. *Brain Res* 2003; 960(1-2):112-21.



23. Maolood N, Meister B. Nociceptin/orphanin FQ peptide in hypothalamic neurones associated with the control of feeding behaviour. *J Neuroendocrinol* 2010; 22(2):75-82.
24. Olszewski PK, Grace MK, Fard SS, Le Grevès M, Klockars A, Massi M, *et al.* Central nociceptin/orphanin FQ system elevates food consumption by both increasing energy intake and reducing aversive responsiveness. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2010; 299(2):R655-63.
25. Zende del M, Baghbanzadeh A, Babapour V, Cheraghi J. The effects of bicuculline and muscimol on glutamate-induced feeding behavior in broiler cockerels. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 2009; 195(8):715-20.
26. Shiraishi JI, Yanagita K, Nishikawa F, Tahara Y, Fujita M, McMurtry JP, *et al.* A comparison of the anorexic effects of chicken, porcine, human and bovine insulin on the central nervous system of chicks. *The Journal of Poultry Science* 2009; 46(2):144-8.
27. Shiraishi JI, Yanagita K, Fukumori R, Sugino T, Fujita M, Kawakami SI, *et al.* Comparisons of insulin related parameters in commercial-type chicks: evidence for insulin resistance in broiler chicks. *Physiol Behav* 2011; 103(2):233-9.
28. Kageyama H, Takenoya F, Hirako S, Wada N, Kintaka Y, Inoue S, *et al.* Neuronal circuits involving neuropeptide Y in hypothalamic arcuate nucleus-mediated feeding regulation. *Neuropeptides* 2012; 46(6):285-9.
29. Bromée T, Sjödin P, Fredriksson R, Boswell T, Larsson TA, Salaneck E, *et al.* Neuropeptide Y-family receptors Y6 and Y7 in chicken. *FEBS J* 2006; 273(9):2048-63.
30. Silverstein JT, Plisetskaya EM. The effects of NPY and insulin on food intake regulation in fish. *American Zoologist* 2000; 40(2):296-308.
31. Ando R, Kawakami SI, Bungo T, Ohgushi A, Takagi T, Denbow DM, *et al.* Feeding responses to several neuropeptide Y receptor agonists in the neonatal chick. *Eur J Pharmacol* 2001; 427(1):53-9.
32. Denbow DM, Meade S, Robertson A, McMurtry JP, Richards M, Ashwell C. Leptin-induced decrease in food intake in chickens. *Physiol Behav* 2000; 69(3):359-62.
33. Kawakami SI, Bungo T, Ohgushi A, Ando R, Shimojo M, Masuda Y, *et al.* Brain-derived mast cells could mediate histamine-induced inhibition of food intake in neonatal chicks. *Brain Res* 2000; 857(1):313-6.
34. Stengel A, Karasawa H, Taché Y. The role of brain somatostatin receptor 2 in the regulation of feeding and drinking behavior. *Horm behav* 2015; 73:15-22.
35. Tachibana T, Cline MA, Khan MS, Ueda H, Hiramatsu K. Feeding responses to central administration of several somatostatin analogs in chicks. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2011; 158(1):47-51.
36. Kotz CM, Briggs JE, Pomonis JD, Grace MK, Levine AS, Billington CJ. Neural site of leptin influence on neuropeptide Y signaling pathways altering feeding and uncoupling protein. *Am J Physiol* 1998; 275(2):R478-84.
37. Cone RD, Cowley MA, Butler AA, Fan W, Marks DL, Low MJ. The arcuate nucleus as a conduit for diverse signals relevant to energy homeostasis. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 3(Suppl 5):S63-7.
38. Heisler LK, Jobst EE, Sutton GM, Zhou L, Borok E, Thornton-Jones Z, *et al.* Serotonin reciprocally regulates melanocortin neurons to modulate food intake. *Neuron* 2006; 51(2):239-49.
39. Meister B, Gömüç B, Suarez E, Ishii Y, Dürr K, Gillberg L. Hypothalamic proopiomelanocortin (POMC) neurons have a cholinergic phenotype. *Eur J Neurosci* 2006; 24(10):2731-40.
40. Tajalli S, Jonaidi H, Abbasnejad M, Denbow DM. Interaction between nociceptin/orphanin FQ (N/OFQ) and GABA in response to feeding. *Physiol Behav* 2006; 89(3):410-3.
41. Zende del M, Parvizi Z, Hassanpour S, Baghbanzadeh A, Hamidi F. Interaction Between Nociceptin/Orphanin FQ and Adrenergic System on Food Intake in Neonatal Chicken. *Int J Pept Res Ther* 2017; 23(1):155-61.
42. Zende del M, Mokhtarpouriani K, Babapour V, Baghbanzadeh A, Pourrahimi M, Hassanpour S. The effect of serotonergic system on nociceptin/orphanin FQ induced food intake in chicken. *J Physiol Sci* 2013; 63(4):271-7.
43. Zende del M, Hamidi F, Hassanpour S. The effect of histaminergic system on nociceptin/orphanin FQ induced food intake in chicken. *Int J Pept Res Ther* 2015; 21(2):179-86.
44. Shiraishi JI, Yanagita K, Fujita M, Bungo T. Central insulin suppresses feeding behavior via melanocortins in chicks. *Domest Anim Endocrinol* 2008; 34(3):223-8.
45. Jonaidi H, Abbassi L, Yaghoobi MM, Kaiya H, Denbow DM, Kamali Y, *et al.* The role of GABAergic system on the inhibitory effect of ghrelin on food intake in neonatal chicks. *Neurosci Lett* 2012; 520(1):82-6.
46. Levin BE, Israel P, Lattemann DF. Insulin selectively downregulates  $\alpha$  2-adrenoceptors in the arcuate and dorsomedial nucleus. *Brain Res Bull* 1998; 45(2):179-81.



47. Lundell I, Boswell T, Larhammar D. Chicken neuropeptide Y-family receptor Y4: a receptor with equal affinity for pancreatic polypeptide, neuropeptide Y and peptide YY. *J Mol Endocrinol* 2002; 28(3):225-35.
48. Toftegaard CL, Knigge U, Kjær A, Warberg J. The role of hypothalamic histamine in leptin-induced suppression of short-term food intake in fasted rats. *Regul Pept* 2003; 111(1-3):83-90.
49. Itoh E, Fujimiya M, Inui A. Thioperamide, a histamine H3 receptor antagonist, suppresses NPY-but not dynorphin A-induced feeding in rats. *Regul Pept* 1998; 75-76:373-6.
50. Amoo-Rajabi O, Moghimi A, Khazali H. Effect of ICV injection of ghrelin and leptin on T3 and T4 plasma levels in Rat. *Physiol Pharmacol* 2012; 16(1):70-8.
51. Taati M, Nayebzadeh H, Khosravinia H, Cheraghi J. The role of the histaminergic system on the inhibitory effect of ghrelin on feed intake in broiler chickens. *IJVR* 2010; 11(1):38-45.
52. Zendehtel M, Mokhtarpouriani K, Hamidi F, Montazeri R. Intracerebroventricular injection of ghrelin produces hypophagia through central serotonergic mechanisms in chicken. *Vet Res Commun* 2012; 37(1):37-41.
53. Gaskin FS, Farr SA, Banks WA, Kumar VB, Morley JE. Ghrelin-induced feeding is dependent on nitric oxide. *Peptides* 2003; 24(6):913-8.
54. Tachibana T, Cline MA, Sugahara K, Ueda H, Hiramatsu K. Central administration of somatostatin stimulates feeding behavior in chicks. *Gen Comp Endocrinol* 2009; 161(3):354-9.