

اثر ۸ هفته تمرین استقامتی بر بیان ژن نسفاتین و غلظت آن در کبد موش‌های صحرایی نر

دکتر عباس قنبری نیاکی^۱، فاطمه حسین‌پور^۱، دکتر رزیتا فتحی^۱، دکتر مریم السادات دانشپور^۲، دکتر هاله اخوان نیاکی^۲، مریم زرکش^۲، دکتر مهدی هدایتی^۲

(۱) دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، (۲) مرکز تحقیقات پیشگیری و درمان چاقی، پژوهشکده‌ی علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، (۳) دانشکده‌ی علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، نشانی مکاتبه‌ی نویسندگی مسئول: تهران، اوین، مرکز تحقیقات پیشگیری و درمان چاقی، پژوهشکده‌ی علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، صندوق پستی: ۴۷۶۳-۱۹۳۹۵، دکتر مهدی هدایتی، e-mail: hedayati@endocrine.ac.ir

چکیده

مقدمه: نسفاتین-۱ پروتئین ضد اشتها‌ی جدیدی است که از ژن نوکلئوبایندین-۲ مشتق، در بافت چربی بیان و در پلازما ظاهر می‌گردد. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرین استقامتی بر بیان ژن نسفاتین و غلظت آن در کبد موش‌های صحرایی نر بود. **مواد و روش‌ها:** ۱۱ سر موش صحرایی نر به‌طور تصادفی به ۲ گروه تمرین و کنترل تقسیم شدند. گروه تمرین با شدت ۲۰ متر در دقیقه (معادل ۵۵-۵۰٪ $\text{VO}_2 \text{max}$)، به مدت ۶۰ دقیقه، ۵ روز در هفته و در مجموع ۸ هفته روی نوار گردان تمرین کردند. حیوانات، ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین بیهوش، و تکه‌ای از کبد آن‌ها برای تعیین بیان ژن، غلظت نسفاتین-۱ و گلیکوژن به روش‌های RT-PCR، الایزا و رنگ سنجی برداشته شد. یافته‌ها: این پژوهش نشان داد، تمرین استقامتی موجب افزایش بیان و غلظت نسفاتین-۱ شد، اگرچه این تغییر نسبت به گروه کنترل معنی‌دار نبود. غلظت گلیکوژن استراحتی کبد نیز در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل به طور معنی‌داری افزایش یافت. **نتیجه‌گیری:** یافته‌های این پژوهش برای نخستین بار نشان داد که نسفاتین-۱، اول در کبد بیان می‌شود و دوم در پاسخ به تمرین استقامتی افزایش می‌یابد. تغییرات غیرمعنی‌دار نسفاتین-۱ به احتمال زیاد از نقش آن در تنظیم انرژی حکایت دارد. به نظر می‌رسد بهبود نسبی شرایط انرژی کبد بر افزایش بیان ژن نسفاتین اثرگذار باشد. این در حالی است که ATP به عنوان نمایانگر شارژ انرژی کبد در گروه تمرین، پایین‌تر از گروه کنترل بود.

واژگان کلیدی: نسفاتین-۱، Nuch2، پروتئین ضد اشتها، بیان ژن، موش‌های صحرایی نر

دریافت مقاله: ۸۹/۱۰/۶ - دریافت اصلاحیه: ۸۹/۱۱/۱۸ - پذیرش مقاله: ۸۹/۱۱/۱۹

مقدمه

فارماکولوژی، پاتولوژی و بهداشت بوده است. معادله‌ی انرژی را می‌توان پایه‌ی این موضوع دانست که بر اساس آن همواره باید تعادلی بین دریافت و هزینه کرد انرژی وجود داشته باشد، تا وزن طی یک دوره‌ی زمانی نسبت طولانی، بدون تغییر باقی بماند. در غیر این صورت این موازنه به هم خورده، اضافه یا کاهش وزن رخ می‌دهد.^{۱،۲}

مواردی مانند تعادل بیرونی و درونی انرژیⁱ، تنظیم وزن، رفتار دریافت غذا و هزینه کرد انرژیⁱⁱ همواره مهم و مورد علاقه‌ی پژوهشگران در حوزه‌ی فیزیولوژی ورزش،

i - Energy homostasis

ii - Energy expenditure

تغذیه‌ی مجدد، میزان بیان آن را به حد طبیعی یا بالاتر رسانده است.^{۱۲} در دیگر بررسی‌ها نیز در شرایط گرسنگی، بیان mRNA نسفاتین/ نوکلئوبایندین ۲، به صورت انتخابی کاهش یافت.^{۴،۸}

در مورد غلظت بافتی این هورمون و فعالیت بدنی تاکنون پژوهشی انجام نشده است. با این وجود، در تنها پژوهش موجود، توسط قنبری نیاکی و همکاران (۲۰۱۰)، پاسخ نسفاتین-۱ به یک وهله فعالیت بی‌هوای در نمونه‌های انسانی بررسی گردید که در آن فقط بر تغییرات پلاسمایی تاکید شد.^{۱۳}

ناشتایی به عنوان یک ابزار کاهنده‌ی منابع انرژی (گلیکوژن و ATP) در برخی از پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گرفته و تخلیه‌ی گلیکوژن به دنبال دوره‌های کوتاه مدت (۱۲ ساعت) و بلند مدت (۴۸ تا ۷۲ ساعت) ناشتایی گزارش شده است.^{۱۴-۱۷} فعالیت‌های بدنی و ورزش به صورت یک جلسه یا تمرین در اشکال متفاوت و در شدت‌های مختلف قادر است که تعادل انرژی را به سوی منفی شدن برهم بزند. این امر موجب تخلیه‌ی منابع انرژی بلافاصله پس از یک وهله فعالیت و یا بهبود منابع به دنبال یک دوره تمرین، در کبد می‌شود. رخداد یاد شده به نوبه‌ی خود می‌تواند تغییرات بیان ژن، به ویژه ژن‌های رمز کننده‌ی پروتئین‌های ناقل را تنظیم کند.^{۱۲،۱۷} و بر پاسخ گلیکوژنولیز و گلوکونئوژنز اثرگذار باشد.^{۱۳} بنابراین با توجه به نقش پیشنهادی نسفاتین-۱، در تنظیم انرژی و رفتار دریافت غذا، به نظر می‌رسد که بررسی رفتار این پپتید، به ویژه در بافت خارج هیپوتالاموسی، طی شرایط تغییرات احتمالی در حالات انرژی به واسطه‌ی فعالیت بدنی و ورزشی، به روشن شدن اهمیت آن به عنوان یک بازیگر مهم یا فرعی در تنظیم انرژی کمک خواهد کرد.

بنابراین، پژوهش حاضر قصد دارد تا اول، نشان دهد آیا نسفاتین-۱ در کبد به عنوان یک بافت محیطی بیان می‌شود؟ دوم، آیا یک دوره تمرین دودین روی نوارگردان به بیان و افزایش این پپتید در گروه تمرین کرده منجر می‌شود؟ سوم، آیا تغییرات احتمالی در این پپتید همراه با تغییرات احتمالی در گلیکوژن و ATP کبد است؟

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، ۱۱ سر موش صحرایی نر ۸ هفته‌ای از نژاد ویستار با میانگین وزنی 10 ± 123 گرم از انستیتو پاستور شهر آمل خریداری شد. موش‌ها در آزمایشگاه

مولکول‌های زیادی در تنظیم رفتار تغذیه‌ای نقش دارند که این مولکول‌ها و گیرنده‌های آن‌ها در محور بافت چربی- مغز واقع هستند.^۲ مولکول‌های موجود در این محور در تنظیم اشتها نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند. نسفاتین-۱ یکی از این پروتئین‌های ضد اشتها می‌باشد که در سال ۲۰۰۶ توسط آه و همکاران کشف گردید.^۴ این پروتئین از نوکلئوبایندین-۲ (NUCB2)ⁱ مشتق شده و در سلول‌های کنترل کننده‌ی اشتها موش‌های صحرایی بیان گردیده است.^{۴،۵} نوکلئوبایندین‌ها، پروتئین‌هایی با عملکردهای متعدد هستند که از گروه EF-hand ها بوده و با کلسیم، اسیدهای نوکلئیک و چندین پروتئین تنظیمی، در مسیرهای پیام‌رسانی متفاوت، برهم کنش دارند.^۴ نسفاتین/نوکلئوبایندین-۲ ترکیبی از یک پایانه‌ی پیام رسانی ۲۴ اسید آمینه‌ای و ساختار پروتئینی دارای ۳۹۶ اسید آمینه است.^۶ آه و همکاران،^۴ بخش‌های مشتق شده از NUCB2 را به صورت زیر تفکیک کردند: نسفاتین-۱، از شماره ۸۲-۱؛ نسفاتین-۲، از شماره ۱۶۳-۸۵؛ و نسفاتین-۳، از شماره ۳۹۶-۱۶۶. در این میان تنها نسفاتین-۱ موجب مهار دریافت غذای شبانه و جلوگیری از افزایش وزن در موش‌های صحرایی می‌شود.^{۲،۷}

نسفاتین-۱ در نورون‌های ناحیه‌های مختلفی از هیپوتالاموس مانند هسته‌ی جانبی بطنی (PVN)ⁱⁱ، هسته‌ی کمانی، هسته‌ی فوق بینایی (SON)ⁱⁱⁱ، ناحیه‌ی جانبی هیپوتالاموس و ساقه مغز که در تنظیم متابولیک و رفتار تغذیه درگیرند، بیان می‌شود.^{۴،۸،۹} با توجه به توزیع آن در CNS^{iv}، نسفاتین-۱ علاوه بر تنظیم رفتار تغذیه‌ای، بر مصرف انرژی به صورت درون‌ریز و خودکار هم اثرگذار است.^{۴،۱۰} بررسی‌ها نشان می‌دهد که نسفاتین-۱ به واسطه‌ی عوامل متعددی از جمله ناشتایی و تغذیه‌ی مجدد پس از ناشتایی، دیابت، و فعالیت بدنی تاثیر پذیر می‌باشد. بیان گردیده که در شرایط گرسنگی، بیان ژن نوکلئوبایندین-۲ در PVN به همراه غلظت نسفاتین-۱ کاهش پیدا کرده^{۴،۹} و بیان نورون NPY^v در هسته‌های کمانی توسط پپتید نسفاتین-۱ مهار می‌شود.^{۱۱}

کوهنو و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش‌های خود گزارش کردند که ناشتایی موجب کاهش بیان نسفاتین-۱ شده و

i - Nucleobindin 2

ii - Paraventricular nucleus

iii - Supraoptic nucleus

iv - Central nervous system

v - Neuropeptide Y

حیوانات، طی شرایط کنترل شده‌ی نور (۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی)، دما (22 ± 1 درجه‌ی سانتی‌گراد) و رطوبت (50 ± 3 درصد) در قفس‌های مخصوصی به ابعاد در $25 \times 27 \times 43$ سانتی‌متر نگهداری شدند. غذای آزمودنی‌های این پژوهش، تولید شرکت خوراک دام به‌پرور کرج بود که بر اساس وزن کثی هفتگی با ترازوی استاندارد ویژه و با توجه به جیره‌ی طبیعی ۱۰ گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در روز، در هر قفس قرار داده می‌شد. در تمام مراحل پژوهش، آب مورد نیاز حیوان به صورت آزاد در اختیار آن‌ها قرار داده شد. موش‌ها پس از یک هفته آشنایی با فضای آزمایشگاه و دستکاری توسط یک فرد مشخص، به طور تصادفی به دو گروه کنترل و تمرین (همسان از نظر وزن) تقسیم شدند. این پژوهش از نوع تجربی با دو گروه کنترل و تمرین انجام شد. موش‌های کنترل در هیچ تمرینی شرکت نکردند. طول دوره‌ی تمرینی موش‌ها ۸ هفته بود که در هر هفته ۵ روز به تمرین پرداختند.

کل دوره‌ی تمرین به ۳ مرحله تقسیم شد:

مرحله‌ی اول (مرحله‌ی آشنایی): در این مرحله موش‌ها هر روز به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه با سرعت ۵ متر در دقیقه روی نوارگردان راه رفتند.

مرحله‌ی دوم (مرحله‌ی اضافه بار): در این مرحله موش‌ها ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۱۵ متر بر دقیقه روی نوارگردان دویدند. به تدریج طی ۲ هفته تمرین، مدت و شدت فعالیت افزایش یافت تا به میزان نهایی ۶۰ دقیقه و سرعت ۲۰ متر بر دقیقه رسید.

مرحله‌ی سوم (حفظ یا تثبیت بار): در این مرحله موش‌های گروه‌های تمرینی به مدت ۶ هفته (۵ روز در هفته) با سرعت ۲۰ متر بر دقیقه (معادل $55-50\%$ VO₂ max)^{۱۸} به مدت ۶۰ دقیقه روی نوارگردان دویدند.

در این مرحله به منظور رعایت موارد اخلاقی، برای وادار کردن موش‌ها به دویدن از شوک الکتریکی استفاده نشد، بلکه این عمل توسط میله‌ای پلاستیکی صورت گرفت. ۱۰ دقیقه‌ی اول و آخر هر جلسه‌ی تمرین به ترتیب به گرم و سرد کردن اختصاص داده شد. پس از پایان دوره‌ی تمرین، گروه‌های تمرین و کنترل، ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین و پس از ۴ ساعت ناشتایی بیهوش شدند.^{۱۹}

بی‌هوشی توسط تزریق داخل صفاقی ماده‌ی بی‌هوشی ترکیبی از کتامین (۵۰-۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و زایلازین (۵-۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) انجام و تکه‌ای از بافت کبد

بلافاصله با نیتروژن مایع منجمد برداشته و برای اندازه‌گیری‌های بعدی در فریزر با دمای -۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

غلظت نسفاتین-۱ با استفاده از کیت مربوط به اندازه‌گیری نسفاتین-۱ به روش الایزا و بر اساس دستورالعمل کارخانه‌ی سازنده‌ی کیت (USCN LIFE Science Inc، ساخت چین، با ضریب تغییرات برون آزمون $7/1\%$ ؛ حساسیت روش اندازه‌گیری $0/08$ نانوگرم بر میلی‌لیتر) تعیین گردید. غلظت گلیکوژن نیز با استفاده از کیت کلریمتری گلیکوژن (ساخت شرکت نان جینگ چین با ضریب تغییرات $4/5\%$ و حساسیت $0/09$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین غلظت ATP به روش بیولومینانس^۱ و با استفاده از کیت Biaffin GmbH ساخت کشور آلمان با استاندارد میلی‌مولار $309 \times 10^3: 40$ واحد نسبی لومینوسانس تعیین گردید.

۵۰ میلی‌گرم از بافت منجمد عضله در مجاورت با مایع نیتروژن پودر، هموژن شده و برای تخلیص mRNA با استفاده از کیت مربوط به تخلیص RNA (ساخت شرکت سیناژن) با دقت فراوان در محافظت و جداسازی RNA، استفاده شد. برای سنتز اولین رشته‌ی cDNA از هر نمونه بافتی به مقدار یک میکروگرم RNA تخلیص شده استفاده گردید. سطح نسبی mRNA ژن نسفاتین در هیپوتالاموس با روش RT-PCR نیمه کمی اندازه‌گیری شد. پرایمرهای ویژه‌ی نسفاتین شامل:

Nesfatin-Forward: 5' TTTGAACACCTGAACCACCA 3'

Nesfatin-Reverse: 5' TGCAAACCTGGCTTCTTCTCT 3'

که یک قطعه‌ی ۲۱۱ جفت بازی را در این ژن تکثیر می‌کنند و پرایمرهای ویژه‌ی β -actin برای تکثیر این ژن به عنوان کنترل به کار رفته که شامل:

Nesfatin-Forward: 5' CACCCGCGAGTACAACCTTC 3'

Nesfatin-Reverse: 5' CCCATACCCACCATCACACC 3'

بود، که قطعه‌ی ۲۰۷ جفت بازی از ژن بتا اکتین را تکثیر می‌کنند. بتا اکتین یک ژن همیشه بیان شونده^۱ است و می‌تواند شاهد خوبی برای بررسی کل فرایند تخلیص mRNA باشد. PCR نیز طی مراحل زیر انجام پذیرفت: (۱) مرحله‌ی واسرشت اولیه در دمای ۹۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه (صورت گرفت ۲) مرحله‌ی تکثیر (۳۵ سیکل) در ۹۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۵ ثانیه، ۶۴ درجه‌ی سانتی‌گراد

جدول ۱- تغییرات نسفاتین-۱ و سایر متغیرهای پژوهش در گروه‌های تمرین و کنترل پس از ۸ هفته فعالیت ورزشی

ردیف	متغیر اندازه گیری شده	گروه کنترل	گروه تمرین
۱	نسفاتین کبد/درصد mRNA	۱۳۶/۱±۹۱/۴	۱۵۰/۸±۹۵/۵
۲	نسفاتین-۱ کبدی (نانوگرم بر گرم)	۰/۲±۰/۰۸	۰/۲±۰/۰۹
۳	گلیکوژن کبد (میلی گرم بر گرم)	۲/۷±۰/۴	۵/۳±۱/۷
۴	ATP کبد (میکرومول بر گرم)	۴/۸±۰/۷	۴/۵±۰/۲

*اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. مقدار $P < 0.05$ از نظر آماری معنی دار می‌باشد.

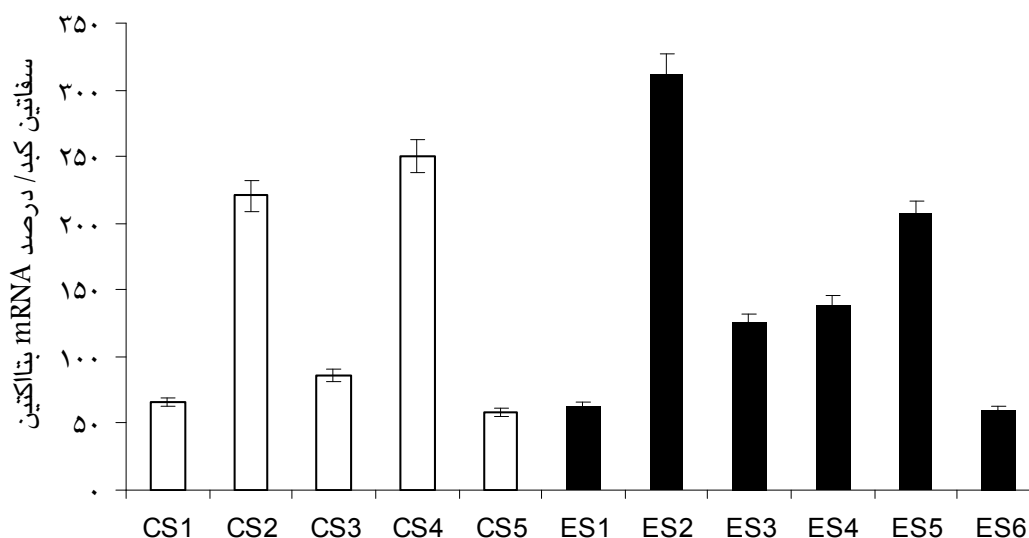
تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از تغییرات نشان می‌دهد که مقدار بیان ژن نسفاتین-۱ کبد در موش‌های تمرین کرده بالاتر بود ($t = -0.25$ و $P = 0.80$) اما این تغییرات به حد معنی داری نرسید (نمودار ۱).

به مدت یک دقیقه و ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه انجام شد. ۳) مرحله‌ی طویل سازی نهایی در دمای ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه صورت گرفت. برای به دست آوردن بهترین غلظت cDNA الگو، غلظت‌های مختلف از cDNA بررسی و در نهایت بهترین غلظت برای PCR نهایی به کار گرفته شد. آزمون‌های این پژوهش کمینه سه بار تکرار شد. بررسی نیمه کمی باندها با کمک دانسیتومتری کامپیوتری (Kodak, CT) انجام و سطح بیان mRNA نسبت به بیان ژن بتا اکتین محاسبه شد.

از آمار توصیفی برای دسته‌بندی داده‌ها و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تی مستقل استفاده شد. لازم به یادآوری است یافته‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. برای محاسبه‌ی داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۱۱/۵ استفاده و اختلاف معنی داری آماری در سطح $P \leq 0.05$ تعیین گردید.

یافته‌ها

تغییرات نسفاتین-۱ و سایر متغیرهای پژوهش در گروه‌های تمرین و کنترل پس از ۸ هفته فعالیت ورزشی نیز در جدول ۱ ارایه گردید.



نمودار ۱- درصد نسبی بیان ژن نسفاتین-۱ در هر نمونه، گروه تمرین (ES) و گروه کنترل (CS)

غلظت گلیکوژن کبد در گروه تمرین به طور معنی داری افزایش یافته است ($t = -3.16$ و $P \leq 0.01$).

همچنین استفاده از آزمون تی مستقل نشان داد که سطح استراحتی ATP به طور غیر معنی داری ($t = 0.22$ و $P = 0.82$) در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل پایین تر بود.

اگرچه افزایش بیان نسفاتین-۱ کبدی با ازدیاد غلظت نسفاتین-۱ کبد همسو بوده ($t = 0.06$ و $P = 0.94$) اما تفاوت معنی داری بین دو گروه تمرین و کنترل دیده نشد (جدول ۱ و نمودار ۱) همان طور که در جدول مذکور مشاهده می‌شود.

بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر ۸ هفته تمرین استقامتی با شدت ۲۰ متر در دقیقه روی نوار گردان، بر بیان ژن نسفاتین-۱ و تغییرات غلظت آن در کبد بود. از یافته‌های مهم این پژوهش مشاهده‌ی بیان ژن نسفاتین-۱ در گروه کنترل و پاسخ آن به تمرین می‌باشد. این نخستین پژوهشی است که بیان ژن نسفاتین-۱ را در شرایط استراحت و پس از تمرین نشان داده است. با این وجود، برخلاف بالا بودن سطح بیان ژن در گروه تمرین، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. افزایش معنی‌دار سطح استراحتی گلیکوژن کبد در گروه تمرین نیز از دیگر یافته‌های قابل ملاحظه‌ی پژوهش حاضر است. شواهد و گزارش‌ها نشان می‌دهد که منبع اصلی بیان و ترشح نسفاتین-۱، هسته‌ی کمانی هیپوتالاموس می‌باشد.^۴ اگر چه همین گزارش‌ها بیان این پپتید را در دیگر نواحی مغز نیز تایید می‌کنند، با این حال بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که علاوه بر مغز و هیپوتالاموس، نسفاتین-۱ در بافت‌های خارج هیپوتالاموس مانند هسته‌های کمانی، جانبی بطنی، فوق بینایی، ناحیه‌ی جانبی هیپوتالاموس شناسایی شده است.^۴ علاوه بر یافته‌های عنوان شده، ایمونوراکتیویتی NUCB2 در مخاط معده، پانکراس، بیضه، غده هیپوفیز، بافت چرب و سرم نیز یافت شده است.^{۲۰،۲۱}

بر اساس یافته‌های ما تنها یک پژوهش وجود دارد که رفتار نسفاتین-۱ پلاسمایی را در پاسخ به دو نوع فعالیت یک وهله‌ای بی‌هوازی (آزمونⁱ RAST و NCKBⁱⁱ) در کیک بوکسورهای جوان بررسی کرده است.^{۱۳} در این پژوهش مقدار نسفاتین-۱ پلاسما، در آزمون NCKB، پس از فعالیت، دقیقه‌های ۴۵ و ۹۰ دوره‌ی استراحتی افزایش یافت، در حالی که، پاسخ آزمون RAST نشان داد که نسفاتین-۱ پس از فعالیت و در دقیقه‌ی ۴۵ کاهش و در دقیقه‌ی ۹۰ دوره استراحتی افزایش یافت. لازم به یادآوری است که هیچ کدام از این تغییرات به حد معنی‌داری نرسید.^{۱۳}

به دلیل فقدان داده‌های لازم درباره‌ی بیان و عملکرد نسفاتین-۱ در کبد به‌خوبی روشن نیست که تمرین استقامتی با چه سازوکاری بر این پپتید اثر می‌گذارد. با این وجود، در برخی از بررسی‌ها نشان داده شد که ناشتایی، اثرات مشابه‌ای با تمرین بدنی بر ذخیره‌های انرژی، به‌ویژه ATP،

گلیکوژن کبدی و عضله دارد^{۱۷} و می‌تواند به کاهش ۱۸٪ نسفاتین-۱ سرم منجر شود.^{۲۲} علاوه بر این در موش‌های ناشتا، ۱۲ ساعت پس از دریافت غذا، کاهش نسفاتین-۱ به حالت طبیعی بازگشت.^{۴،۱۱} اما در پژوهش حاضر حیوانات سیر بودند و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین کشته شدند. کوهنو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تعداد نورون‌های بیان کننده‌ی نسفاتین-۱، C-FOS- immunoreactive، پس از دریافت غذا به مدت ۲ ساعت به دنبال ۴۸ ساعت گرسنگی، در حیوانات دریافت کننده‌ی غذا در مقایسه با حیوانات ناشتا، به طور معنی‌داری (۱۰ برابر) بیشتر بود.^{۱۲} در شرایط گرسنگی، بیان mRNA نسفاتین/نوکلئوباندین ۲، به‌صورت انتخابی کاهش پیدا می‌کند،^{۴،۸} از طرفی دیگر، بررسی پژوهش‌های گذشته نیز نشان می‌دهد که تمرین استقامتی طولانی مدت موجب افزایش بازسازی منابع گلیکوژنی می‌شود.^{۲۳-۲۶} پژوهشگران با بررسی برنامه‌ی شای طولانی مدت روی موش‌های ماده‌ی نژاد ویستار نشان دادند که تمرین استقامتی منجر به افزایش میزان و سرعت فرا جبرانی گلیکوژن عضله در موش‌ها می‌شود.^{۲۶} در پژوهش قنبری نیاکی و همکاران^{۲۷} نیز مشاهده شد که گلیکوژن کبدی در موش‌هایی که تمرین استقامتی (به مدت ۶ هفته با شدت ۲۵ متر در ۶۰ دقیقه برای هر جلسه) انجام می‌دادند، افزایش معنی‌داری داشت. با توجه به اثر تمرین در بهبودی و ازدیاد معنی‌دار گلیکوژن کبد در پژوهش حاضر، شاید بتوان بالا بودن مقدار بیان نسفاتین و غلظت آن در کبد را به گلیکوژن نسبت داد.

بر اساس گزارش‌های موجود، عوامل متعددی بر غلظت ATP کبدی اثرگذار هستند.^{۲۷} آنچه که مسلم است فعالیت ورزشی از جمله عوامل بارزی است که موجب تغییرات غلظت ATP کبد می‌شود. البته تاکنون پاسخ‌های متفاوتی در این مورد گزارش شده است. برخی پژوهشگران افزایش معنی‌دار،^{۲۸،۲۹} تعدادی نیز کاهش معنی‌دار^{۳۰،۳۱،۳۲} و در برخی دیگر عدم تغییر معنی‌دار^{۳۳} در غلظت ATP کبدی را گزارش نموده‌اند. در پژوهشی که قنبری نیاکی و همکاران^{۲۷} (۲۰۰۹) روی موش‌های نر انجام دادند، ۸ هفته تمرین استقامتی (۶۰ دقیقه، شدت ۲۶ متر بر دقیقه) غلظت ATP کبد را در گروه تمرین به طور معنی‌داری افزایش داد. در این بررسی حیوانات ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین بیهوش شده بودند. قنبری نیاکی و همکاران^{۳۳} (۲۰۱۰) در پژوهشی دیگر غلظت ATP کبد را پس از ۳، ۶ و ۱۲ هفته

i- Running-based anaerobic sprint test

ii - Non-combat kickboxing session

دقیقه، ۸ هفته) می تواند از جمله عواملی باشد که منجر به عدم افزایش و حتی کاهش این شاخص شده است.

در رابطه با اثر ورزش روی غلظت نسفاتین نیز در گذشته، تنها یک پژوهش انجام شده که آن هم تمرین بی‌هوازی روی انسان بود که یافته‌های به‌دست آمده از آن هم تغییر معنی‌داری در غلظت نسفاتین-۱ پلاسما نشان نداد.^{۱۲}

نسفاتین/ نوکلئوبایندین-۲ دارای قابلیت تقسیم شدن توسط پروهورمون کانونرتاز (PC) است. تبدیل نسفاتین/ نوکلئوبایندین-۲ به نسفاتین-۱ توسط پروهورمون کانونرتاز به منظور جلوگیری از مصرف غذا ضروری است.^{۴۸} در بررسی پژوهش‌های پیشین حضور PC در کبد دیده شده^{۳۶} ولی بیان نسفاتین-۱ تاکنون مشهود نبوده است. شاید یکی از دلایل وجود هرچند اندک نسفاتین-۱ در کبد وجود همان PC باشد. ولی از آنجا که سازوکار دقیق نسفاتین-۱ هنوز مشخص نیست، دلیل قطعی برای عدم تغییرات معنی‌دار نمی‌توان بیان نمود.

به طور کلی، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که نسفاتین-۱ علاوه بر اینکه در کبد، به عنوان بافت محیطی بیان می‌گردد، بلکه به تمرین استقامتی نیز پاسخ می‌دهد. با توجه به افزایش معنی‌دار گلیکوژن کبد، بیان ژن نسفاتین-۱ در آن و وجود پروهورمون کانونرتاز در کبد، این امکان وجود دارد که با انجام پژوهش‌های آینده و دخالت دادن عواملی دیگر در برنامه‌ی تمرینی تغییرات معنی‌داری در نسفاتین کبد رخ دهد.

تمرین استقامتی (۶۰ دقیقه، شدت ۲۵ متر بر دقیقه) بررسی کردند. در این پژوهش غلظت ATP پس از ۳ هفته تمرین تغییری نکرد، در حالی‌که پس از ۶ و ۱۲ هفته، به طور معنی‌داری افزایش یافت. لازم به یادآوری است در این پژوهش فاصله‌ی آخرین جلسه‌ی تمرین تا بیهوشی ۴۸ ساعت بود.

در پژوهشی دیگر که به تازگی به چاپ رسید قنبری نیاکی و همکاران^{۳۴} (۲۰۱۰) اثر تمرین استقامتی (۶۰ دقیقه، شدت ۲۵ متر بر دقیقه) را در سه گروه تمرینی کوتاه‌مدت (۳ هفته)، متوسط (۹ هفته) و بلندمدت (۱۲ هفته) روی تغییرات ATP کبد بررسی کردند. یافته‌ها حاکی از آن بود که تمرین استقامتی کوتاه مدت و بلند مدت موجب افزایش معنی‌دار در غلظت ATP کبد گردید، در حالی‌که تمرین‌های ۹ هفته‌ای تغییری در غلظت ATP کبد ایجاد نکرد. در این پژوهش حیوانات ۳۷ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرین بیهوش شده بودند. در راستای یافته‌های پژوهش، هاگتون و همکاران^{۳۵} کاهش ATP کبدی را به دنبال فعالیت تمرینی در موش صحرایی گزارش کردند. توجه این پژوهشگران تغییر متابولیت‌های کبدی در اثر تمرین یاد شده است و مهم‌ترین علت کاهش ATP کبدی را، تلاش کبد برای کاهش لاکتات تولیدی در طی تمرین بیان داشته اند.

بر اساس پژوهش‌های یاد شده به نظر می‌رسد عواملی مانند شدت تمرین، مدت تمرین، طول دوره‌ی تمرین و فاصله‌ی آخرین جلسه‌ی تمرین تا بیهوشی در غلظت ATP کبد نقش مهمی داشته باشند. با توجه به این امر، در پژوهش حاضر، فاصله‌ی نسبی زیاد بین آخرین جلسه‌ی تمرین تا کشتار (۷۲ ساعت)، شدت و مدت متوسط تمرین (۲۰ متر بر

References

1. Wynne K, Stanley S, McGowan B, Bloom S. Appetite control. *J Endocrinol* 2005; 184: 291-318.
2. Woods SC, Seeley RJ, Porte D Jr, Schwartz MW. Signals that regulate food intake and energy homeostasis. *Science* 1998; 280: 1378-83.
3. Shimizu H, Mori M. The brain-adipose axis: a review of involvement of molecules. *Nutr Neurosci* 2005; 8: 7-20.
4. Oh S, Shimizu H, Satoh T, Okada S, Adachi S, Inoue K, et al. Identification of nesfatin-1 as a satiety molecule in the hypothalamus. *Nature* 2006; 443: 709-12.
5. Goebel M, Stengel A, Tache Y, Sachs G, Lambrecht NW. Fasting Decreases Nesfatin-1/NUCB2 Serum Levels in Rats. *Gastroenterology* 2009; 136: 584.
6. Miura K, Titani K, Kurosawa Y, Kanai Y. Molecular cloning of nucleobindin, a novel DNA-binding protein that contains both a signal peptide and a leucine zipper structure. *Biochem Biophys Res Commun* 1992; 187: 375-80.
7. Shimizu H, Oh-I S, Hashimoto K, Nakata M, Yamamoto S, Yoshida N, et al. Peripheral administration of nesfatin-1 reduces food intake in mice: the leptin-independent mechanism. *Endocrinology* 2009; 150: 662-71.
8. Brailoiu GC, Dun SL, Brailoiu E, Inan S, Yang J, Chang JK, et al. Nesfatin-1: distribution and interaction with a G protein-coupled receptor in the rat brain. *Endocrinology* 2007; 148: 5088-94.

9. Shimizu H, Ohsaki A, Oh-IS, Okada S, Mori M. New anorexigenic protein, nesfatin-1. *Peptides* 2009; 30: 995-8.
10. Foo KS, Brismar H, Broberger C. Distribution and neuropeptide coexistence of nucleobindin-2 mRNA/nesfatin-like immunoreactivity in the rat CNS. *Neuroscience* 2008; 156: 563-79.
11. Price CJ, Samson WK, Ferguson AV. Nesfatin-1 inhibits NPY neurons in the arcuate nucleus. *Brain Res* 2008; 1230: 99-106.
12. Kohno D, Nakata M, Maejima Y, Shimizu H, Sedbazar U, Yoshida N, et al. Nesfatin-1 neurons in paraventricular and supraoptic nuclei of the rat hypothalamus coexpress oxytocin and vasopressin and are activated by refeeding. *Endocrinology* 2008; 149: 1295-301.
13. Ghanbari-Niaki A, Kraemer R, Soltani R. Plasma nesfatin-1 and glucoregulatory hormone responses to two different anaerobic exercise sessions. *Eur J Appl Physiol* 2010; 110: 863-8.
14. Ghanbari-Niaki A, Soltani R, Shemshaki A, Kraemer RR. Effects of acute ethionine njection on plasma ghrelin and obestatin levels in trained male rats. *Metabolism* 2010; 59: 982-7.
15. Ghanbari-Niaki A, Bergeron R, Latour MG, Lavoie JM. Effects of physical exercise on liver ATP levels in fasted and phosphate injected rats. *Arch Physiol Biochem* 1999; 107: 393-402.
16. Conlee RK, Rennie MJ, Winder WW. Skeletal muscle glycogen content: diurnal variation and effects of fasting. *Am Jour Physiol* 1976; 231: 614-8.
17. Conlee RK, Lawler RM, Ross PE. Effects of glucose or fructose feeding on glycogen repletion in muscle and liver after exercise or fasting. *Ann Nutr Metab* 1987; 31: 126-32.
18. Brooks GA, White TP. Determination of metabolic and heart rate responses of rats to treadmill exercise. *J Appl Physiol* 1978; 45: 1009-15.
19. Katsuhiko O, Jian WU, Naohisa N, Toshiaki A, Michio K. Combined intervention of Medium-chain Triacylglycerol Diet and Exercise Reduces Body fat mass and enhance energy expenditure in rats. *J Nutr Sci Vitaminal* 2008; 54: 136-41.
20. Stengel A, Goebel M, Yakubov I, Wang L, Witcher D, Coskun T, et al. Identification and characterization of nesfatin-1 immunoreactivity in endocrine cell types of the rat gastric oxyntic mucosa. *Endocrinology* 2009; 150: 232-8.
21. Stengel A, Goebel M, Wang L, Tache Y. Ghrelin, desacyl ghrelin and nesfatin-1 in gastric X/A-like cells: role as regulators of food intake and body weight. *Peptides* 2010; 31: 357-69.
22. Li QC, Wang HY, Chen X, Guan HZ, Jiang ZY. Fasting plasma levels of nesfatin-1 in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus and the nutrient-related fluctuation of nesfatin-1 level in normal humans. *Regul Pept* 2010; 72-7.
23. Baldwin KM, Fitts RH, Booth FW, Winder WW, Holloszy JO. Depletion of muscle and liver glycogen during exercise. Protective effect of training. *Pflugers Arch* 1975; 354: 203-12.
24. James DE, Kraegen EW. The effect of exercise training on glycogen, glycogen synthase and phosphorylase in muscle and liver. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1984; 52: 276-81.
25. Murakami T, Shimomura Y, Fujitsuka N, Sokabe M, Okamura K, Sakamoto S. Enlargement glycogen store in rat liver and muscle by fructose-diet intake and exercise training. *J Appl Physiol* 1997; 82: 772-5.
26. Nakatani A, Han DH, Hansen PA, Nolte LA, Host HH, Hickner RC, et al. Effect of endurance exercise training on muscle glycogen supercompensation in rats. *J Appl Physiol* 1997; 82: 711-5.
27. Ghabari-Niaki A, Fathi R, Kakhak A, Farshidi Z, Bar-maki S, Rahbarizadeh F, et al. Treadmill exercise's reduction of Agouti-related protein expression in rat liver. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009; 19: 473-84.
28. Huang CC, Lin WT, Hsu FL, Tsai PW, Hou CC. Metabolomics investigation of exercise-modulated changes in metabolism in rat liver after exhaustive and endurance exercises. *Eur J Appl Physiol* 2010; 108: 557-66.
29. Ghanbari-Niaki A, Jafari A, Abednazari H, Nikbakht H. Treadmill exercise reduces obestatin concentrations in rat fundus and small intestine. *Biochem Biophys Res Commun* 2008; 372: 741-5.
30. Andersson U, Treebak JT, Nielsen JN, Smith KL, Abbott CR, Small CJ, et al. Exercise in rats does not alter hypothalamic AMP-activated protein kinase activity. *Biochem Biophys Res Commun* 2005; 329: 719-25.
31. Ghanbari-Niaki A, Desy F, Lavoie JM. Effects of Phosphate Injection on Metabolic and Hormonal Responses to Exercise in Fructose-Injected Rats. *Physiol Behav* 1999; 67: 747-52.
32. Kaya O, Kilic M, Celik I, Baltaci AK, Mogulkoc R. Effect of melatonin supplementation on plasma glucose and liver glycogen levels in rats subjected to acute swimming exercise. *Pak J Pharm Sci* 2010; 23: 241-4.
33. Ghanbari-Niaki A, Jafari A, Moradichaleshtori M, Kramer R. Short, Moderate, and Long term Treadmill Training Protocols Reduce Plasma, Fundus, but not Small Intestine Ghrelin Concentrations in Male Rats. *J Endocrinol Invest* 2010 Dec 23.
34. Ghanbari-Niaki A, Kraemer R, Abednazari H. Time-course alterations of plasma and soleus agouti-related peptide and relationship to ATP, glycogen, cortisol, and insulin concentrations following treadmill training programs in male rats. *Horm Metab Res* 2011; 43: 112-6.
35. HOU-GHTON CR, HAWKINS RA, Williamson DH, Krebs H. The effects of physical training on the metabolic response to short-term severe exercise in the rat. *Biochem J* 1971; 124: 57.
36. Tzimas GN, Chevet E, Jenna S, Nguyễn DT, Khatib AM, Marcus V, et al. Abnormal expression and processing of the proprotein convertases PC1 and PC2 in human colorectal liver metastases. *BMC Cancer* 2005; 5: 149.

*Original Article***Effect of 8 Weeks Endurance Training With Two Different Durations on Plasma HDL and Ghrelin in Male Rats**

Ghanbari-Niaki A¹, Hossein pour F¹, Fathi R¹, Daneshpouri M², Akhavan Niaki H³, Zarkesh M², Hedayati M²

¹Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mazandaran University, Sari; ²Obesity Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences of Tehran; ³Faculty of Medical Science, Babol University of Medical Sciences, Tehran. I.R. IRAN

e-mail: hedayati@endocrine.ac.ir

Received: 27/12/2010 Accepted: 08/02/2011

Abstract

Introduction: Nesfatin-1, a novel anorexigenic protein derived from the Nucleobindin-2 (NUCB2) gene, is expressed in adipose tissue and is found in plasma. The purpose of this study was to examine the effect of an eight-week endurance training regimen on nesfatin gene expression and its concentration in the male rat liver. **Materials and Methods:** Eleven adult Wistar male rats were used. Animals were randomly divided into the training (TS, n=6) and control (CS, n=5) groups. Training groups were given exercise on a motor-driven treadmill (0% grade, 60 min, and 5 days/week for 8 weeks, 50-55%VO₂max). Samples of liver were excised and stored in liquid nitrogen to extract nesfatin-1 mRNA, and to determine its concentration and that of glycogen by RT-PCR, ELISA & colorimetric assay respectively. **Results:** Although liver nesfatin mRNA expression and its concentration were increased, changes were not significant. Also liver glycogen concentration was significantly higher in trained rats compared to controls. **Conclusion:** The results of this research showed for the first time that nesfatin-1 is first expressed in the liver as a peripheral tissue and it then changes with endurance training. The insignificant variations of nesfatin-1 in the liver might be attributed to its role in energy balance. It seems that relative improvement in the liver's energy status is influenced by nesfatin gene expression, whereas as an indicator of source ATP, was lower in trained group compared to control group.

Keywords: Nesfatin-1, Nucb2, Anorexigenic Protein, Gene Expression, Male Rat