



## (مقاله کوتاه)

### تجزیه فیلوژنی و تکامل مولکولی لپتین

جواد احمدپناه

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: ajavad65@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳۱

#### چکیده

در بررسی حاضر به منظور آگاهی از روند تکاملی و مولکولی ژن لپتین در پستانداران، آنالیز فیلوژنی و روند انتخاب طبیعی در طی تکامل انجام گرفت. توالی ژنی لپتین در پستانداران و سایر موجودات از جمله مرغ که هر کدام یک نسخه از توالی ژن را دارا بودند بر اساس جستجو در بانک اطلاعاتی ژنوم (NCBI) به دست آمده و هم تراز شدند. درصد جانمایی و جایگزینی نوکلئوتیدها با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی و نیز ترسیم درخت فیلوژنتیک و تعیین روند انتخاب طبیعی به روش neighbor-joining به دست آمدند. نتایج حاصل از مطالعات بیوانفورماتیک نشان داد، که درصد جانمایی بازهای پیریمیدینی بیشتر از بازهای پورینی بوده است. مقدار عددی  $d_N/d_S$  بیشتر از یک بود، که نشان دهنده انتخاب مثبت در طی تکامل این ژن‌ها است. این نوع انتخاب سبب به وجود آمدن واریته‌های جدید، پروتئین‌های جدید و از طرفی سبب تثبیت عمل کرد آن‌ها در طی روند تکامل و پیشرفت در جهت خالص‌سازی عملکرد آنها شده است که ناشی از تبدیل نواحی غیر کدکننده ژنی به نواحی کدکننده ژنی است. درخت فیلوژنتیک برای ژن مذکور در موجودات مختلف نشان می‌دهد که به طور کلی پروتئین لپتین در موجودات مختلف بر اساس مسیر تکاملی خود به دو دسته مجزا تقسیم می‌شود، که در یک دسته پستانداران با درصد شباهت بیشتر قرار گرفته است. همچنین، پروتئین لپتین مرغ نیز به علت شباهت بالا با پستانداران در این دسته قرار گرفته است. در دسته دیگر سایر موجودات از جمله انواع مختلف ماهی‌های ذکر شده با قرابت بیشتر دسته‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: لپتین، پستانداران، انتخاب طبیعی، فیلوژنی

#### مقدمه

احیا کردن روابط تکاملی بین گونه‌های مختلف و برآورد زمان واگرایی ارگانسیم‌ها استفاده می‌شود (۱۹،۱۱). فرضیه ساعت مولکولی پیشنهاد می‌کند که نرخ جایگزینی برای هر پروتئین ثابت است. همچنین، اختلافات در توالی یک ژن برای دو ارگانسیم باید فاصله تکاملی آن‌ها را منعکس کند. درخت‌های فیلوژنتیکی بر پایه اطلاعات مولکولی یا مشاهدات مورفولوژیکی اغلب اوقات متجانس هستند. بنابراین، هدف از بررسی حاضر تعیین روابط تکاملی بین ژن‌های لپتین و نحوه انتخاب در طول تکامل است. ابتدا درخت فیلوژنتیک برای توالی‌های لپتین که در بانک اطلاعاتی قابل دسترس هستند ترسیم می‌شود و همچنین با استفاده از این توالی‌ها، میزان، مسیر و محل‌های حساس به تغییرات در طول تکامل شناسایی می‌شود. با اجرای مراحل فوق در تحقیق حاضر می‌توان به شناخت کافی از ساختار ژنی لپتین دست یافته و از آن‌ها در مطالعات تکمیلی برای دستیابی به آل‌های ویژه برای بهبود صفات تولیدی استفاده کرد.

لپتین برای اولین بار در بافت چربی موش‌های چاق کشف شد (۲۷). در پستانداران، این پپتید عمدتاً در بافت چربی تولید می‌شود. بررسی‌های اخیر با استفاده از روش RT-PCR نشان داده‌اند، که mRNA لپتین در جفت (۲۰،۱۳،۹)، معده (۲۱،۳) و مغز (۱۴،۱۰) جوندگان و انسان نیز وجود دارد. لپتین ابتدا به صورت یک فاکتور چاقی که در خون نسبت به انرژی ذخیره شده به صورت چربی در حال گردش می‌باشد، توصیف شد (۸). وقتی که ذخایر چربی افزایش می‌یابد، لپتین روی سیستم نوروپپتیدی هیپوتالاموس تأثیر گذاشته و سبب کاهش اشتها و پس از این افزایش مصرف انرژی می‌شود (۴). همچنین، یک فاکتور کلیدی مهم برای شروع رسیدن به بلوغ نیز از آن نام برده می‌شود (۵). فعالیت‌های لپتین به هر دو صورت کوتاه و بلندمدت اتفاق می‌افتد در کوتاه‌مدت لپتین پلازما به عنوان یک سیگنال سیری و در بلند مدت، میانگین غلظت لپتین پلازما با تأمین انرژی در دراز مدت برای مغز عمل می‌کند (۷،۵،۱). فیلوژنی مولکولی از اطلاعات توالی‌های مولکولی برای

## مواد و روش‌ها

### شناسایی و ویرایش توالی‌های ژنی لپتین

به منظور شناسایی توالی‌های ژنی لپتین، اطلاعات مربوط به mRNA ژن لپتین برای موش شناسایی شد و هم‌چنین با استفاده از ابزار BLAST در سایت مرکز ملی برای اطلاعات بیوتکنولوژی (NABI)، توالی ژنی لپتین برای سایر گونه‌های مورد نظر نیز به دست آمد. برای مقایسه توالی‌ها و اطلاع از فراسنجه‌های ژنتیکی از قبیل تعداد جهش‌ها، تنوع نوکلئوتیدی، تعداد جایگاه‌هایی که در آنها جایگزینی مشابه اتفاق افتاده و هم‌چنین تنوع آنها از نرم‌افزار Dnasp v5 (۱۲) استفاده شد. توالی ژنی لپتین در موش با توالی سایر موجودات با استفاده از نرم‌افزار GENETYX هم‌تراز<sup>۲</sup> شدند. نواحی‌های حفاظت شده، که نقش‌های عمل‌کردی در ژن‌های این خانواده دارند نیز تعیین شدند (۲۳، ۲۶). بنابراین، جایگاه‌هایی از توالی ژنی لپتین که در طی تکامل متحمل بیشترین میزان تغییرات شده‌اند را می‌توان پیش‌بینی نمود.

### فیلولوژی و تعیین مسیر تکاملی

به منظور ترسیم درخت فیلولوژنتیک، توالی پروتئینی ژن لپتین برای گونه‌های مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار MEGA4 (۲۲) پیش‌بینی شدند. پس از ویرایش توالی‌ها و حذف نواحی غیرکدکننده، درخت فیلولوژی با استفاده از روش NJ (۲۲) رسم شد. در این روش از ماتریسی (Q) استفاده می‌شود که در این ماتریس از کل شاخه‌ها استفاده شده و کمترین مقدار که بیان‌کننده شباهت بالای دو شاخه باشد انتخاب شده و در یک انشعاب از درخت فیلولوژی به کار می‌رود. مقادیر Bootstrap به وسیله ۱۰۰ بار نمونه‌گیری مجدد به دست آمدند. ترسیم درخت فیلولوژی به وسیله روش NJ با استفاده از رابطه ۱ انجام شد:

رابطه (۱)  $Q(i, j) = (r - 2)d(i, j) - d(i, k) - d(j, k)$  در این رابطه،  $d(i, j)$ : فاصله بین شاخه‌های  $i$  و  $j$ ؛  $k$ : شاخه  $k$ ؛  $r$ : تعداد کل شاخه‌ها و  $Q(i, j)$ : مقدار عددی شاخه‌های  $i$  و  $j$  است. هم‌چنین، از روش حداکثر درست‌نمایی<sup>۴</sup> برای به دست آوردن میزان جانمایی به جایگزینی نوکلئوتیدها در بازهای پورینی و پیریمیدینی استفاده شد (۲۲). بررسی تغییرات نوکلئوتیدی که باعث تغییر اسیدهای آمینه شده‌اند ( $d_N$ ) نسبت به تغییرات نوکلئوتیدی که تأثیری در اسید آمینه حاصله نداشته‌اند ( $d_S$ )، یک روش مفید و بسیار کارآمد برای تشخیص روند انتخاب طبیعی در طول تکامل برای ژن‌ها می‌باشد (۱۵).

بنابراین، با استفاده از مقدار عددی این نسبت ( $d_N/d_S$ ) روند انتخاب طبیعی برای ژن لپتین شناسایی شد. مقادیر  $d_N$  و  $d_S$  به ترتیب با استفاده از روابط ۲ و ۳ قابل محاسبه هستند.

$$d_N = -3/4 \ln(1 - 4/3P_N) \quad (2)$$

$$d_S = -3/4 \ln(1 - 4/3P_S) \quad (3)$$

در این روابط،  $P_N$ ، نسبت جایگاه‌های دارای جایگزینی نامشابه و  $P_S$  نیز نسبت جایگاه‌های دارای جایگزینی مشابه می‌باشند. معنی‌دار بودن مقدار عددی  $d_N/d_S$  با آزمون فیشر در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

### نتایج و بحث

اندازه ژن لپتین در گونه‌های مورد بررسی با هم متفاوت بوده و از ۰/۵ تا ۵ کیلوباز متغیر است. هم‌چنین، کروموزوم‌های حاوی این ژن در موجودات مختلف متفاوت بوده و در سراسر ژنوم پراکنده شده‌اند، که به دلیل تنوع وظیفه بیولوژیک این ژن‌ها می‌باشد (۲۴). اکثر توالی‌های ژنی لپتین چند اگزونی می‌باشند و این امر نشان دهنده تغییرات مکرری است که در طی تکامل سبب تبدیل نواحی غیر کدکننده ژنی به نواحی کدکننده ژنی شده است. بنابراین، روند انتخاب طبیعی برای این ژن‌ها می‌تواند یک روند مثبت باشد. این تبدیل ساختار ژنی می‌تواند با عمل‌کرد جدید و تولید بخش‌های کدکننده پروتئینی همراه باشد. تعداد کل جهش‌هایی که در طی تکامل این ژن‌ها رخ داده است برابر ۴۷۰ جهش بوده و توزیع آنها در طول ژنوم متفاوت می‌باشد. تعداد جایگاه‌های چندشکل نیز ۱۹۵ جایگاه بوده است، که روند انتخاب مثبت در این ژن‌ها را توجیه می‌کند. درخت فیلولوژنتیک روابط تکاملی توالی‌های پروتئینی این ژن‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۱). مقادیر Bootstrap بالا در محل انشعاب شاخه‌های درخت نشان می‌دهد، که درخت فیلولوژی پروتئین‌های مورد نظر از درجه اعتماد بالایی برخوردار است.

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، پروتئین‌های ژن لپتین در گونه‌های مورد بررسی بر پایه مسیر تکاملی به دو دسته تقسیم می‌شوند. در دسته اول وارسته  $B_1$  از ماهی اقیانوس آرام، ماهی موجود در اقیانوس اطلس، ماهی ژاپنی و نیز وارسته  $B_1$  از ماهی آب سرد قرار گرفته‌اند. هم‌چنین، گونه‌های پستانداران موجود و مرغ اهلی در دسته‌ی دیگر قرار گرفته‌اند. بررسی‌های قبلی نشان داده‌اند که شباهت لپتین در موش و مرغ چه در سطح نوکلئوتیدی و چه در سطح پروتئینی بیش از ۹۵ درصد است، که از شباهت لپتین در پستانداران با یک‌دیگر بیشتر می‌باشد (۶)، به‌طور مثال شباهت لپتین در انسان و میمون خاکستری ۹۰ درصد است. در دسته دوم هم‌چنین یک تقسیم مجزایی از شاخه‌ها دیده می‌شود به گونه‌ای که پستانداران ذکر شده به‌طور کامل در یک زیر شاخه جداگانه‌ای نسبت به گونه‌های ماهی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در داخل خودشان قرابت بیشتری نشان می‌دهند، برای مثال گاو کوهان‌دار و بز و هم‌چنین گاو اهلی و بوفالو با هم‌دیگر قرابت بیشتری دارند و این روند برای سایر پستانداران

1- National Center for Biotechnology Information

2- Alignment

3- Neighbor-Joining

4- Maximum Composite Likelihood



۲ نتایج حاصل از درصد جابه‌جایی نوکلئوتیدهای ژن لپتین را نشان می‌دهد. مقادیر بالای جانشینی مربوط به بازهای پیریمیدینی است، به‌طوری‌که این مقدار برای تبدیل تیمین به سیتوزین ۱۹/۴۱ درصد و برای تبدیل سیتوزین به تیمین برابر ۱۵/۳۲ درصد محاسبه شد.

مقادیر بالای نرخ جانشینی به جایگزینی نوکلئوتیدی و عدم وجود بخش‌های پروتئینی حفاظت شده از جمله دلایل وقوع انتخاب مثبت در تکامل این ژن است با توجه به تعداد کم نواحی پروتئینی حفاظت شده، دقت برآورد انتخاب بالا می‌باشد (۱۷،۱۶). جدول

جدول ۲- درصد جابه‌جایی نوکلئوتیدهای ژن لپتین در گونه‌های مورد بررسی

نوکلئوتید <sup>۱</sup>	A	T	C	G
A	-	۴/۶	۵/۸۳	۱۲/۰۲
T	۵/۰۷	-	۱۹/۴۱	۴/۸۹
C	۵/۰۷	۱۵/۳۲	-	۴/۸۹
G	۱۲/۴۸	۴/۶	۵/۸۳	-

۱- نوکلئوتید آدنین (A)، تیمین (T)، سیتوزین (C) و گوانین (G)

لپتین را تشکیل می‌دهد که این امر نشان‌دهنده چندشکلی بالای این ژن و نیز مستعد بودن آن به تغییرات نوکلئوتیدی و جهش می‌باشد، که سبب به‌وجود آمدن پروتئین‌های جدید و هم‌چنین عملکردهای جدید می‌شود و علاوه بر آن، بهبود ژنتیکی صفات تولیدی از جمله افزایش وزن بدن را به همراه دارد. به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد، که ژن لپتین از پراکندگی کروموزومی و وظایف بیولوژیکی مختلفی برخوردار است. به علاوه، نشان داده شد که بیشترین میزان جانشینی بازها مربوط به بازهای پیریمیدینی بود که در تمامی قسمت‌های ژن پراکنده است. بررسی روند انتخاب نشان داد که در طی تکامل انتخاب مثبت طورت گرفته است، که این امر نقش عمده‌ای در شناخت وظیفه بیولوژیکی این ژن خواهد داشت.

این مقادیر برای بازهای پورینی کمتر و به‌ترتیب برای تبدیل آدنین به گوانین و گوانین به آدنین برابر ۱۲/۴۸ و ۱۲/۰۲ درصد بودند. مقادیر جایگزینی حاصل در این بررسی با مقادیر ذکر شده از سوی سایر محققین که بیشترین میزان جانشینی را جانشینی بازهای پیریمیدینی گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. علت این تغییرات را می‌توان به متیله شده سیتوزین نسبت داد (۲۷،۲۵،۱۸). هم‌چنین میزان جایگزینی بازهای پیریمیدینی به پورینی و پورینی به پیریمیدینی نیز حدود پنج درصد محاسبه شد. نتایج حاصل از آنالیز نواحی حفاظت شده پروتئینی نشان داد، که توالی ژن لپتین دارای هفت ناحیه حفاظت شده است که این نواحی بخش کوچکی از توالی ژنی لپتین حدود نوکلئوتید ۱۴۸۸ تا ۱۵۱۰ را پوشش می‌دهد. بنابراین، نواحی حفاظت شده پروتئینی بخش اندکی از توالی ژن

## منابع

- Ahima, R.S. 2005. Central actions of adipocyte hormones. *Trends Endocrinology and Metabolism*, 16: 307-313.
- Ashwell, C.M., S.M. Czerwinski, D.M. Brocht and J.P. McMurtry. 1999. Hormonal regulation of leptin expression in broiler chickens. *American Journal of Physiology*, 276: 226-232.
- Bado, A., S. Levasseur, S. Attoub, S. Kermorgant, J.P. Laigneau, M.N. Bortoluzzi, L. Moizo, T. Lehy, M. Guerre-Millo, Y. Le Marchand-Brustel and M.J. Lewin. 1998. The stomach is a source of leptin. *Nature*, 394: 790-793.
- Caro, J.R., M.K. Sinha, J.W. Kolaczynski, P.L. Zhang and R.V. Considine. 1996. Leptin: The tale of an obese gene. *Diabetes*, 45: 1455-1462.
- Chehab, F.F. 2000. Leptin as a regulator of adipose mass and reproduction. *Trends Pharmacology Science*, 21: 309-314.
- Doyon, C., G. Drouin, V.L. Trudeau and T.W. Moon. 2001. Molecular Evolution of Leptin. *General and Comparative Endocrinology*, 124: 188-198.
- Dridi, S., N. Raver, E.E. Gussakovsky, M. Derouet, M. Picard, A. Gertler and M. Taouis. 2000. Biological activities of recombinant chicken leptin C4S analog compared with unmodified leptins. *Am Journal of Physiology*, 279: 116-123.
- Frederich, R.C., A.A. Hamann, S. Anderson, B. Lollmann, B.B. Lowell and J.S. Flier. 1995. Leptin levels reflect body lipid content in mice: Evidence for diet-induced resistance to leptin action. *Nature Medicine Journal*, 1: 1311-1314.
- Hoggard, N., L. Hunter, J.S. Duncan, L.M. Williams, P. Trayhurn and J.G. Mercer. 1997. Leptin and leptin receptor mRNA and protein expression in the murine fetus and placenta. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, 94: 11073-11078.
- Jin, L., B.G. Burguera, M.E. Couce, B.W. Scheithauer, J. Lamsan, N.L. Eberhardt, E. Kulig and R.V. Lloyd. 1999. Leptin and leptin receptor expression in normal and neoplastic human pituitary:

- Evidence of a regulatory role for leptin on pituitary cell proliferation. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 84: 2903-2911.
11. Li, W.H. 1997. *Molecular Evolution*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
  12. Librado, P. and J. Rozas. 2009. DNASP v5: software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Journal of Bioinformatics*, 25: 1451-1452.
  13. Masuzaki, H., Y. Ogawa, N. Sagawa, K. Hosoda, T. Matsumoto, H. Mise, H. Nishimura, Y. Yoshimasa, I. Tanaka, T. Mori and K. Nakao. 1997. Nonadipose tissue production of leptin: Leptin as a novel placenta-derived hormone in humans. *Nature Medicine Journal*, 3: 1029-1033.
  14. Morash, B., A. Li, P.R. Murphy, M. Wilkinson and E. Ur. 1999. Leptin gene expression in the brain and pituitary gland. *Endocrinology*, 140: 5995-5998.
  15. Nei, M. and S. Kumar. 2000. *Molecular evolution and phylogenetics*. New York: Oxford University Press. pp: 51-72.
  16. Ngandu, N., K. Scheffler, P. Moore, Z. Woodman, D. Martin and C. Seoighe. 2008. Extensive purifying selection acting on synonymous sites in HIV-1 Group M sequences. *Virology Journal*, 5: 160-171.
  17. Phuphuakrat, A. and P. Auewarakul. 2003. Heterogeneity of HIV-1 Rev response element. *AIDS Research and Human Retroviruses*, 19: 569-574.
  18. Picoult-Newberg, L., T.E. Ideker, M.G. Pohl, S.L. Taylor, M.A. Donaldson, D.A. Nickerson and M. Boyce-Jacino. 1999. Mining SNPs from EST Databases. *Journal of Genome Research*, 9: 167-174.
  19. Saadoun, A. and B. Leclercq. 1983. Comparison of in vivo fatty acid synthesis of the genetically lean and fat chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 75: 641-644.
  20. Senaris, R., T. Garcia-Caballero, X. Casabiell, R. Gallego, R. Castro, R.V. Considine, C. Dieguez and F.F. Casanueva. 1997. Synthesis of leptin in human placenta. *Endocrinology*, 138: 4501-4504.
  21. Sobhani, I., A. Bado, C. Vissuzaine, M. Buyse, S. Kermorgant, J.P. Laigneau, S. Attoub, T. Lehy, D. Henin, M. Mignon and M.J. Lewin. 2000. Leptin secretion and leptin receptor in the human stomach. *Gut*, 47: 178-183.
  22. Tamura, K., J. Dudley, M. Nei and S. Kumar. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) Software Version 4.0. *Journal of Molecular Biology and Evolution*, 24: 1596-1599.
  23. Taouis, M., J.W. Chen, C. Daviaud, J. Dupont, M. Derouet and J. Simon. 1998. Cloning the chicken leptin gene. *Gene*, 208: 239-242.
  24. Tavarria, M., T. Gabriele, I. Kola and R.L. Anderson. 1996. A hitchhiker's guide to the human Hsp70 family. *Cell stress and chaperones*, 1: 23-28.
  25. Vignal, A., D. Milan, M. San-Cristobal and A. Eggen. 2002. A Review on SNP and other Types of Molecular Markers and their use in animal Genetics. *Journal of Genetic Selection and Evolution*, 34: 275-305.
  26. XiangLong, L., W. ZhaoLong, L. ZhengZhu, G. YuanFang, Z. RongYan and Z. GuiRu. 2006. SNP Identification and Analysis in Part of Intron 2 of Goat MSTN Gene and Variation within and among Species. *Journal of Heredity*, 97: 285-289.
  27. Zhang, Y., R. Proenca, M. Maffei, M. Barone, L. Leopold and J.M. Friedman. 1994. Positional cloning of the mouse obese gene and its human analogue. *Nature*, 372: 425-432.

(Short Paper)  
**Phylogenetic Analysis and Molecular Evolution of the *Leptin* Gene**

**Javad Ahmadpanah**

---

Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran

(Corresponding author: ajavad65@gmail.com)

Received: May 13, 2013

Accepted: July 22, 2014

---

**Abstract**

In the current study, phylogenetic analysis and molecular evolution of the mammalian's Leptin was investigated. Data was achieved and aligned by searching its genome database, while all examined mammals contained only a single copy of the Leptin. The nucleotide substitution rate of the sequences and molecular evolution of the Leptin were calculated by maximum likelihood and neighbor-joining method respectively and phylogenetic tree was constructed. Bioinformatics researches results identified that Leptin genes are distributed across the genome. On the other hand base substitution rate of the pyrimidines to pyrimidines or purines is much more than that of in purines to pyrimidines or purines. The  $d_N/d_S$  ratio of the Leptin sequences indicated that Positive selection was accrued during evolution which made new branches to give different responses. This can justifies high polymorphism of the Leptin. Phylogenetic analysis showed that Leptin proteins based on mainly are divided to two clades their evolutionary relationships. In the first clade the protein sequences are divided to mammals and chicken and in the second clade called the others we have all types of fish.

**Keywords:** Leptin, Mammals, Natural Selection, Phylogeny