

## بررسی ارتباط سطح سرمی آدیپونکتین با درصد توده چربی بدن و میزان حساسیت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن

لادن گیاهی\*<sup>۱،۲</sup>، ابوالقاسم جزایری<sup>۱</sup>، عباس رحیمی<sup>۱</sup>، مظاهر رحمانی<sup>۲</sup>، باقر لاریجانی<sup>۲</sup>

### چکیده

**مقدمه:** نقش آدیپونکتین در تنظیم متابولیسم گلوکز، مقاومت به انسولین و اختلالات مرتبط با چاقی مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه حاضر به منظور تعیین سطح سرمی آدیپونکتین و ارتباط آن با درصد توده چربی بدن و حساسیت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن دیابتی و غیر دیابتی انجام شده است.

**روش‌ها:** مطالعه بر روی مردان دارای اضافه وزن دیابتی نوع ۲ (۲۰ نفر) و غیر دیابتی (۲۰ نفر) انجام شد. سطح سرمی آدیپونکتین به روش ELISA، FBS به روش گلوکز اکسیداز و انسولین ناشتا به روش Immunoreactive اندازه‌گیری شدند. درصد توده چربی بر اساس امیدانس بیوالکتریک تعیین شد. حساسیت به انسولین نیز بر اساس فرمول QUICKI محاسبه شد. **یافته‌ها:** با وجود یکسان بودن تقریبی BMI در هر دو گروه، میانگین درصد توده چربی در گروه دیابتی ( $26/55 \pm 2/87$ ٪) بدون وابستگی به سن به طور معناداری بالاتر از گروه غیر دیابتی ( $22/93 \pm 2/64$ ٪) بود ( $P < 0/05$ ). میانگین آدیپونکتین در گروه دیابتی ( $7/77 \pm 3/53 \mu\text{g/ml}$ ) کمتر از گروه غیر دیابتی ( $8/13 \pm 0/03 \mu\text{g/ml}$ ) بود، گرچه این اختلاف از نظر آماری معنا دار نبود. بین آدیپونکتین و درصد توده چربی ارتباط معکوسی مشاهده شد که از نظر آماری معنا دار نبود. از طرف دیگر ارتباط مستقیمی بین آدیپونکتین و حساسیت به انسولین در گروه غیر دیابتی مشاهده شد ( $P = 0/04$ ؛  $r = +0/5$ ).

**نتیجه‌گیری:** پایین بودن سطح آدیپونکتین در مردان دارای اضافه وزن دیابتی در مقایسه با مردان مشابه غیر دیابتی، به علاوه ارتباط مثبت آدیپونکتین با حساسیت به انسولین نشان دهنده اثر کاهش سطح این هورمون در موارد مقاومت به انسولین و دیابت در مردان ایرانی دارای اضافه وزن است.

**واژگان کلیدی:** آدیپونکتین، حساسیت به انسولین، توده چربی بدن، اضافه وزن

۱- دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی تهران

\* **نشانی:** تهران، خیابان کارگر شمالی، بیمارستان دکتر شریعتی، طبقه پنجم، مرکز تحقیقات غدد درون‌ریز و متابولیسم؛ تلفن:

۸۸۰۲۶۹۰۲؛ نمابر: ۸۸۰۲۹۳۹۹؛ پست الکترونیک: lgiahi@yahoo.com

## مقدمه

آدیپونکتین، سیتوکین مترشح از بافت چربی سفید با ۲۴۴ اسیدآمینه است که در سال ۱۹۹۶ کشف شد [۱]. غلظت این هورمون در خون نسبتاً بالاست (۳-۵۰ μg/ml) و در حقیقت ۰/۰۱ درصد از کل پروتئین‌های سرم را تشکیل می‌دهد [۲]. با آنکه آدیپونکتین منحصرأ توسط سلول‌های بافت چربی سفید ترشح می‌شود، اما برخلاف اکثر آدیپوکین‌ها به دنبال افزایش وزن و در موارد چاقی، بیان ژن این هورمون در بافت چربی سفید و همچنین غلظت سرمی آن کاهش می‌یابد. نقش محوری آدیپونکتین در ارتباط با عوامل خطر مرتبط با سندرم متابولیک در کنار اثرات ضد التهابی آن مورد توجه قرار گرفته است. نتایج برخی تحقیقات نشان داده اند که کاهش غلظت آدیپونکتین با ایجاد مقاومت به انسولین، هیپرانسولینمی و هیپرگلیسمی مرتبط است [۳،۴]. به علاوه مطالعات انجام شده بر روی نژادهای مختلف نیز افزایش سطح آدیپونکتین را به دنبال کاهش وزن و بهبود مقاومت به انسولین گزارش کرده اند [۵،۶].

بر اساس یافته‌های موجود، چنین به نظر می‌رسد که کاهش سطح آدیپونکتین می‌تواند عامل مهمی در ایجاد چاقی و اختلالات التهابی مرتبط با آن از جمله حساسیت به انسولین و دیابت نوع ۲ باشد [۷-۹].

تا کنون در ایران مطالعات معدودی در ارتباط با آدیپونکتین و ارتباط آن با حساسیت به انسولین و شاخصهای التهابی انجام شده است، در این مطالعه سطح آدیپونکتین و ارتباط آن با حساسیت به انسولین در مردان ایرانی دارای اضافه وزن در دو گروه دیابتی نوع دو و غیر دیابتی مورد بررسی قرار گرفته است.

## روش‌ها

برای انجام این مطالعه، ۴۰ مرد دارای اضافه وزن ( $BMI^{\ddagger} = 25-30 \text{ kg/m}^2$ )، در دو گروه دیابتی نوع دو (۲۰ نفر) و غیر دیابتی (۲۰ نفر) مورد بررسی قرار گرفتند. افراد دیابتی از میان بیماران مراجعه کننده به درمانگاه دیابت

بیمارستان شریعی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، در سال ۸۴ انتخاب شدند. مردان سالم دارای اضافه وزن نیز طی فراخوان عمومی در پاییز ۸۴ در صورت دارا بودن شرایط ورود به مطالعه از جامعه سالم انتخاب شدند. عدم استفاده از انسولین، تiazولیدون‌ها (در مورد گروه دیابتی) و هورمون‌های آندروژن، عدم سابقه بیماری قلبی و سکنه از شرایط ورود به مطالعه بودند. جهت بررسی‌های آنتروپومتر، قد توسط قد سنج سکا (ساخت آلمان) با دقت ۰/۱ سانتی متر، بدون کفش و وزن توسط ترازوی سکا (ساخت آلمان) با دقت ۱۰۰ گرم با لباس سبک و بدون کفش اندازه‌گیری شدند. درصد توده چربی بدن و توده بدون چربی بدن بر مبنای امپدانس بیوالکتریک توسط دستگاه body stat 1500 (ساخت بریتانیا) پس از آن که فرد به مدت دو دقیقه به پشت دراز می‌کشید اندازه گرفته شدند.

نمونه خون ناشتا بیماران در حالت نشسته جهت بررسی در آزمایشگاه هورمون مرکز تحقیقات غدد بیمارستان شریعی گرفته شد. سرم‌ها بلافاصله پس از خونگیری جدا شده و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میزان قند خون ناشتا (FBS) به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز (کیت پارس آزمون، تهران، ایران) و توسط دستگاه اتوآنالایزر هیتاچی ۹۰۲ (آلمان) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان انسولین ناشتا به روش immune reactive assay (کیت immunotech کاوشیار، تهران، ایران) و توسط دستگاه گاما کانتر (Wallac 470 فنلاند) انجام شد. درصد حساسیت به انسولین نیز توسط اندکس کمی حساسیت به انسولین محاسبه گردید.  $QUICKI (10) = (1 / \text{lgaritm انسولین ناشتا (mU/ml)}) + \text{lgaritm قند ناشتا (mg/dL)}$

سطح سرمی آدیپونکتین به روش الیزا از نوع ساندویچی رقابتی (کیت آدیپوژن، کشور کره) اندازه‌گیری شد.

انجام این مطالعه توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی تهران تایید شد. قبل از آغاز مطالعه نیز رضایت نامه کتبی از بیماران جهت شرکت در مطالعه اخذ شد.

\* Quantitative Insulin- Sensitivity Check Index

‡ Body Mass Index

تقریبی BMI در دو گروه، میانگین درصد توده چربی در گروه دیابتی ( $26/55 \pm 2/87$ ٪) بدون وابستگی به سن به طور معناداری بالاتر از گروه غیر دیابتی ( $22/93 \pm 2/64$ ٪) بود؛ ( $P < 0/05$ ) (جدول ۱). سطح سرمی آدیپونکتین گرچه در گروه دیابتی ( $7/77 \pm 3/53 \mu\text{g/ml}$ ) کمتر از گروه غیر دیابتی ( $8/13 \pm 0/03 \mu\text{g/ml}$ ) بود، اما این اختلاف از نظر آماری معنا دار نبود.

ارتباط آدیپونکتین با هر یک از متغیرهای مستقل (درصد توده چربی، BMI و حساسیت به انسولین) در جدول ۲ نشان داده شده است. آدیپونکتین ارتباط معکوسی با درصد توده چربی و BMI در هر دو گروه داشت، البته این ارتباط از نظر آماری معنادار نبود. ارتباط مستقیم بین سطح سرمی آدیپونکتین و حساسیت به انسولین فقط در گروه غیر دیابتی از نظر آماری معنادار بود ( $r = 0/5$ ;  $P = 0/04$ ).

ضریب رگرسیون استاندارد حساسیت به انسولین بعد از تطابق بر حسب گروه مورد مطالعه (دیابتی و غیر دیابتی)، سن و درصد توده چربی معادل  $0/36$ ؛ ( $66/51 - 4/88$ ) CI % ۹۵ بود (جدول ۳).

بعد از جمع آوری اطلاعات و تشکیل بانک اطلاعاتی، داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۱/۵ آنالیز شدند. جهت بررسی آماری از آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین متغیرها بین دو گروه دیابتی و غیر دیابتی استفاده شد. ارتباط بین متغیرها نیز توسط Bivariate Correlation تعیین شدند. از رگرسیون چند متغیره نیز برای تعیین اثر توأم گروه، سن، درصد توده چربی و QUICKI بر میانگین سطح آدیپونکتین استفاده شد. تمام نتایج به صورت انحراف معیار  $\pm$  میانگین گزارش گردید. اختلاف آماری به میزان  $P < 0/05$  معنی دار در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

میانگین سن، مشخصات آنتروپومتری و سطوح سرمی شاخص‌های اندازه گیری شده در دو گروه دیابتی و غیر دیابتی در جدول ۱ نشان داده شده اند. طول مدت ابتلا به دیابت در گروه دیابتی بطور متوسط ۱۱ سال بود. همان گونه که پیداست مقایسه میانگین سن و BMI در دو گروه اختلاف معنا داری را نشان نمی دهد. باوجود یکسان بودن

جدول ۱- میانگین سن، BMI، درصد توده چربی بدن، FBS، انسولین ناشتا و QUICKI در دو گروه دیابتی و غیر دیابتی

| متغیر                               | دیابتی<br>n=۲۰     | غیر دیابتی<br>n=۲۰ |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| سن (سال)                            | $47/55 \pm 8/44$   | $35/95 \pm 6/43$   |
| شاخص توده بدنی ( $\text{kg/m}^2$ )  | $27/65 \pm 1/69$   | $27/78 \pm 1/28$   |
| توده چربی (درصد)                    | $26/55 \pm 2/87$   | $22/93 \pm 2/64$   |
| توده بدون چربی (درصد)               | $73/45 \pm 2/88$   | $77/01 \pm 2/68$   |
| قند خون ناشتا (mg/ml)               | $192/35 \pm 56/01$ | $96/50 \pm 15/59$  |
| انسولین ناشتا ( $\mu\text{IU/ml}$ ) | $0/35 \pm 0/27$    | $0/28 \pm 0/12$    |
| QUICKI†                             | $0/31 \pm 0/02$    | $0/36 \pm 0/03$    |

\* مقادیر  $\pm$  نشانگر میانگین  $\pm$  انحراف معیار هستند.

† در مقایسه میان گروه دیابتی و غیر دیابتی، مقادیر P از نظر آماری معنا دارند ( $p < 0/05$ ).

‡ در مقایسه میان گروه دیابتی و غیر دیابتی، مقادیر P از نظر آماری معنا دار نبودند ( $p > 0/05$ ). آزمون مورد استفاده t-test مستقل

جدول ۲- ارتباط بین آدیپونکتین و متغیر های مستقل (BMI، درصد توده چربی بدن، FBS، انسولین ناشتا) در دو گروه دیابتی و غیر دیابتی

| دیابتی<br>n=۲۰ | غیر دیابتی<br>n=۲۰ | متغیر مستقل                         |
|----------------|--------------------|-------------------------------------|
| r              | r                  |                                     |
| ±۰/۱۶          | ±۰/۲۶              | (kg/m <sup>2</sup> ) شاخص توده بدنی |
| ±۰/۳۳          | ±۰/۰۱              | درصد توده چربی                      |
| ±۰/۱۲          | ±۰/۲۴              | (mg/ml) قند خون ناشتا               |
| ±۰/۱۳          | ±۰/۳۵              | (μIU/ml) انسولین ناشتا              |
| ±۰/۰۹          | ±۰/۴۶              | QUICKI                              |

آزمون Bivariate correlation برای تعیین ارتباط بین آدیپونکتین و متغیرهای مستقل فوق استفاده شد.

\* مقادیر ± نشانگر میانگین ± انحراف معیار هستند.

† در مقایسه میان گروه دیابتی و غیر دیابتی، مقادیر P از نظر آماری معنا دارند (p < ۰/۰۵).

‡ در مقایسه میان گروه دیابتی و غیر دیابتی، مقادیر P از نظر آماری معنا دار نبودند (P > ۰/۰۵).

جدول ۳- آنالیز رگرسیون چند متغیره: ارتباط میان سطح سرمی آدیپونکتین پلازما با حساسیت به انسولین تعدیل شده بر اساس گروه، سن و درصد توده چربی

| CI % ۹۵    |             | Sig. | ضریب<br>رگرسیون (b)<br>استاندارد | متغیر تعیین کننده |
|------------|-------------|------|----------------------------------|-------------------|
| دامنه بالا | دامنه پایین |      |                                  |                   |
| ۲/۴        | -۲/۹        | ۰/۸۵ | -۰/۰۴                            | ±گروه             |
| ۰/۲۵       | ۰/۰۰        | ۰/۰۴ | ۰/۴۲                             | ±سن               |
| ۰/۱۲       | -۰/۵۴       | ۰/۱۲ | ۰/۲۴                             | ±درصد توده چربی   |
| ۶۶/۵۱      | -۴/۸۸       | ۰/۰۹ | ۰/۳۶                             | ±QUICKI           |
| ۱۵/۲۰      | -۱۹/۳۰      | ۰/۷۶ |                                  | Constant          |

† از نظر آماری معنا دارند (P < ۰/۰۵). ‡ از نظر آماری معنا دار نبودند (P > ۰/۰۵)

ژاپنی‌ها [۱۳] که سطح پایین تر آدیپونکتین را در مبتلایان به دیابت نوع ۲ نشان داده بودند، منطبق است. ارتباط معکوس بین آدیپونکتین با BMI و درصد توده چربی بدن، احتمالاً به علت محدود بودن دامنه BMI و نیز تعداد افراد مورد مطالعه، از نظر آماری معنا دار نشد. بسیاری از مطالعات کلینیکی، اپیدمیولوژی و مطالعات حیوانی ارتباط کاهش سطح آدیپونکتین را با افزایش وزن و

## بحث

بر اساس نتایج بدست آمده سطح سرمی آدیپونکتین در افراد دیابتی پایین تر از افراد غیر دیابتی بود ولی احتمالاً به علت پایین بودن حجم نمونه این اختلاف از نظر آماری معنا دار نبود. این یافته با نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده بر روی سایر گروه‌های نژادی از جمله، سرخپوستان آمریکایی [۱۱]، سرخپوستان آسیایی [۱۲] و

بعلاوه آدیپونکتین می تواند با تحریک اکسیداسیون چربی و کاهش تری گلیسرید پلازما در بهبود متابولیسم گلوکز موثر باشد [۲۲].

البته با توجه به محدودیت نوع مطالعه، نمی توان بر اساس یافته های بدست آمده رابطه علیتی بین آدیپونکتین و شرایط التهابی مرتبط با چاقی از جمله دیابت نوع ۲ ادعا نمود. در حال حاضر برخی از محققین معتقدند که کاهش سطح آدیپونکتین می تواند نقش پیش بینی کننده در بروز این اختلالات داشته باشد [۲۰، ۲۳، ۲۴].

هرچند، یافته های حاضر مؤید یافته های گذشته مبنی بر نقش آدیپونکتین به عنوان یکی از عوامل متابولیک موثر در مقاومت به انسولین هستند، ولی با انجام مطالعات آینده نگر می توان به فهم بهتری نسبت به نقش پیش بینی کننده آدیپونکتین در ایجاد دیابت و بیماری های تحت-التهابی مرتبط دست یافت. همچنین در صورت انجام مطالعه با حجم نمونه بالاتر می توان یافته ها را با قدرت بالاتری تایید نمود.

بنابراین انجام مطالعات آینده نگر با حجم نمونه بالاتر جهت بررسی تغییرات سطح آدیپونکتین و ارتباط آن با سایر عوامل مرتبط با حساسیت به انسولین و متابولیسم گلوکز در افراد دارای اضافه وزن و چاق که در معرض خطر ابتلا به دیابت قرار دارند، توصیه می شود. نویسندگان مقاله پیشنهاد می نمایند که با هدف قرار دادن آدیپونکتین شاید بتوان به راهکارهای درمانی نوینی برای بیماران و افراد در معرض خطر مقاومت به انسولین و دیابت نوع ۲ دست یافت.

افزایش درصد توده چربی نشان داده اند [۱۷-۱۴]. این ویژگی آدیپونکتین کاملاً متضاد با سایر پروتئینهای مترشحه از بافت چربی از جمله لپتین، IL-6 و TNF- $\alpha$  است.

بر اساس نتایج بدست آمده از آنالیز رگرسیون هر ۰/۰۱ افزایش در QUICKI با  $0.3 \mu\text{g/ml}$  افزایش در سطح آدیپونکتین همراه است که این ارتباط بطور حاشیه ای از نظر آماری معنادار است ( $P=0.08$ ). ارتباط مثبت مشاهده شده بین آدیپونکتین و QUICKI در این مطالعه، تایید کننده ارتباط قوی بین سطح پایین آدیپونکتین با مقاومت به انسولین است که در مطالعات قبلی نشان داده شده اند [۱۳، ۱۶]. همچنین مطالعات حیوانی کاهش شدید حساسیت به انسولین را در موش های فاقد ژن آدیپونکتین گزارش کرده اند [۱۸، ۱۹]. بنابراین کاهش سطح آدیپونکتین که حتی بدون وابستگی به توده چربی بدن، با افزایش نسبی خطر ابتلا به دیابت و یا بیماری های قلبی همراه است، می تواند بیانگر نقش مستقیم آدیپونکتین در پاتوژنز این بیماریها باشد [۲۰].

شاید بتوان این یافته ها را با اثر آدیپونکتین بر فعالیت تیروزین کینازی گیرنده انسولین و یا فسفریلاسیون تیروزین سوبسترا-۱ گیرنده انسولین و اثر متقابل انسولین در تنظیم مهار آدیپونکتین که در مطالعات حیوانی و انسانی نشان داده شده است [۲۱]، توجیه نمود. نتایج این مطالعه نیز ارتباط معکوسی بین سطح آدیپونکتین و انسولین ناشتا نشان دادند. از طرف دیگر مطالعات تجربی بر روی موش، نشان داده اند که آدیپونکتین تسهیل کننده عمل انسولین است و از طریق کاهش تولید گلوکز کبدی بافت چربی را با متابولیسم کل گلوکز در بدن مرتبط می کند.

## مآخذ

1. Maeda K., Okubo K., Shimomura I. Funahashi T, Matsuzawa Y, Matsubara K. CDNA cloning and expression of a novel adipose specific collagen-like factor, APM 1(Adipose most gene transcript 1. *Biochem Biophys Res Commun.* 1996;221: 286-289.
2. Scherer PE, Williams S, Fogliano M, Baldini G, Lodish HF. A novel serum protein similar to C1q, produced exclusively in adipocytes. *J Biol Chem.* 1995; 270: 26746-26749.
3. Trujillo ME & Scherer PE.. Adiponectin - journey from an adipocyte secretory protein to biomarker of the metabolic syndrome. *J Intern Med.* 2005; 257: 167-175.
4. Koerner J, Kratzsch W. Adipocytokines: leptin—the classical, resistin—the controversial, adiponectin—the promising, and more to come. *Best Practice & Research. J Clin Endocrinal Metab.* 2005; 19(4): 525-546 A.
5. Hu E., Liang P., Spiegelman BM. AdipoQ is a novel adipose-specific gene dysregulated in obesity. *J Biol Chem.* 1996; 271: 10697-10703.

6. Statnick MA, Beavers LS, Conner LJ, Corominola H, Johnson D, Hammond CD, et al.. Decreased expression of apM1 in omental and subcutaneous adipose tissue of humans with type 2 diabetes. *Int J Exp Diabetes Res* 2000;1: 81-88.
7. Haluzik M, Parizkova J, Haluzik MM. Adiponectin and its role in the obesity induced insulin resistance and related complications. *Physiol Res*. 2004; 53: 123-129.
8. Matsubara M, Katayose S, Maruoka S. Decreased plasma adiponectin concentrations in nondiabetic women with elevated homeostasis model assessment ratios. *Eur J Endocrinol* 2003; 148: 343-350.
9. Nadler ST, Stoehr JP, Schueller KL, Tanmoto G, Yandell BS, Attie AD.. The expression of adipogenic genes is decreased in obesity and diabetes mellitus. *Proc Natl Acad Sci USA* 2001; 97: 11371-11376.
10. Hrebicek J., Janout V., Malincikova J., Horakova D., Cizek L. Detection of insulin resistance by simple quantitative insulin sensitivity check index QUICKI for epidemiological assessment and prevention. *J Clin Endocrinol Metab*. 2002;87(1):144-7.
11. Lindsay RS., Funahashi T., Hanson RL., Matsuzawa Y., Tanaka S., Tataranni PA., Knowler WC., Krakoff J. Adiponectin and development of type 2 diabetes in the Pima Indian population. *Lancet*. 2002; 360(9326):57-8.
12. Snehalatha C., Mukesh B., Simon M., Viswanathan V., et al. Plasma Adiponectin Is an Independent Predictor of Type 2 Diabetes in Asian Indians . *Diabetes Care*. 2003; 26: 3226-3229.
13. Weyer C., Funahashi T., Tanaka S., Hotta, K., Matsuzawa, Y. et al. Hypoadiponectinemia in obesity and type 2 diabetes: close association with insulin resistance and hyperinsulinemia. *J of Clin Endocrinol & Metab*. 2001; 86(5): 1930-1935.
14. Yamauchi T., Kamon J., Waki H., Terauchi Y., Kubota N. Hara K., Mori Y., et al.. The fat-derived hormone adiponectin reverses insulin resistance associated with both lipodystrophy and obesity. *Nature Medicine*. 2001;7: 941 – 946.
15. Matsubara, M., Maruoka, S., Katayose S. Inverse relationship between plasma adiponectin and leptin concentrations in normal-weight and obese women *Eur J Endocrinol*. 2002; 147(2): 173-180
16. Yamamoto Y., Hirose H., Satto I., Tomita M.,. Correlation of the adipocyte-derived protein adiponectin with insulin resistance index and serum high-density lipoprotein-cholesterol, independent of body mass index, in the Japanese population. *Clinical Science*. 2002; 103: 137–142.
17. Arita Y, Kihara S, Ouchi N, Takahashi M, Maeda K, Miyagawa J, Hotta K et al. Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin, in obesity. *Biochem Biophys Res Commun* 1999; 257: 79–83.
18. Ma K, Cabrero A, Saha PK, Kojima H, Li L, Chang BH, Paul A, Chan L. Increased  $\beta$ -oxidation but no insulin resistance or glucose intolerance in mice lacking adiponectin. *J Biol Chem* 200; 2277: 34658- 34661.
19. Kubota N., Terauchi Y., Yamauchi T., Kubota T. Disruption of adiponectin causes insulin resistance and neointimal formation. *J Biol. Chem* 2002; 277(29): 25863-25866.
20. Berg A.H, Combs T.P, Du X, Brownlee M& Scherer P.E.The adipocyte-secreted protein Acrp30 enhances hepatic insulin action. *Nature medicine*. 2001; 7 :947-953.
21. Vettor, R., Millan ,G., Rossato,M & Federspil,G. Review article: adipocytokines and insulin resistance. *Aliment Pharmacol Ther* 2005; 22 (Suppl. 2): 3–10.
22. Spranger J., Kroke A, Mohlig M, Bergmann MM, Ristow M, Boeing H, Pfeiffer AF. Adiponectin and protection against type 2 diabetes mellitus. *Lancet*. 2003; 361 (9353): 226-8.
23. Nedvidkova A., Smitka k., Kopsky V., Hainer V.. Adiponectin, an adipocyte- derived protein. *Physiological research*. 2005; 54 (2): 133-140.
24. Tschrutter O., Fritche A., Thamer C, Haap M, Shirkavand F, Rahe S. et al., Plasma adiponectin concentrations predict insulin sensitivity of both glucose and lipid metabolism. *Diabetes* 2003;. 52: 239-243.