

Изменение гормонального и метаболического статуса у мужчин этнической группы коми с избыточной массой тела и ожирением

¹Осадчук Л.В.*, ¹Гуторова Н.В., ²Людникова А.Ю., ²Потолицына Н.Н., ²Бойко Е.Р.

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск
(директор – академик РАН Н.А. Колчанов)

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар
(директор – академик РАН Ю.С. Оводов)

Резюме. Проведен сравнительный анализ гормональных, антропометрических и метаболических показателей у 62 мужчин национальности коми с нормальной ($n=39$, $18,4 \leq \text{ИМТ} < 25 \text{ кг/м}^2$) и избыточной массой тела или ожирением ($n=23$, $\text{ИМТ} \geq 25 \text{ кг/м}^2$). Установлено, что группа мужчин с избыточной массой тела или ожирением (среднее значение ИМТ $29,0 \pm 0,7$) по сравнению с контрольной группой (среднее значение ИМТ $22,8 \pm 0,2$) характеризовалась повышенными уровнями общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности, что свидетельствует о нарушении липидного обмена. В группе мужчин с избыточной массой тела или ожирением наблюдалось снижение уровня тестостерона и повышение уровня фолликулостимулирующего гормона в крови по сравнению с контролем, в то время как уровень других репродуктивных (эстрадиола, лютеинизирующего гормона) и метаболических (тироксина, трийодтиронина и тиреотропного гормона) гормонов не менялся. Предполагается, что у мужчин с избыточной массой тела и ожирением сниженный уровень тестостерона и повышенный уровень ФСГ является первым индикатором риска развития функционального гипогонадизма, что может приводить впоследствии к снижению либидо, эректильной дисфункции и субфертильности. *Ключевые слова:* репродуктивные гормоны, метаболический статус, избыточная масса тела, ожирение, мужчины.

Changes in hormonal and metabolic status in men of an ethnic group Komi with overweight and obesity

Osadchuk L.V.*¹, Gutorova N.V.¹, Ludnikova A.Yu.², Potolitsyna N.N.², Bojko E.R.²

¹The Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Prospekt Lavrentyeva dom 10, Novosibirsk, Russia, 630090

²The Institute of Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Ul. Pervomajskaya dom 50, Syktyvkar, GSP-2, Russia, 167982

Resume. The aim of this study was to compare hormonal, anthropometric and metabolic parameters in men of the komi ethnic group with ($n=23$, $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$) or without ($n=39$, $18,4 \leq \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$) obesity. Totally 62 males living in Komi Republic were included in the study. It has been established that obesity was accompanied by an increase in serum concentrations of cholesterol and low density lipoprotein cholesterol in comparison with control group indicating metabolic disturbance. The data shows the significant effect of BMI on testosterone and FSH serum concentration, but not on LH, estradiol, thyrotrophic hormone, thyroxin and triiodothyronin levels. Overweight and obese men had lower circulating testosterone and higher FSH level in comparison with the controls. The reproductive hormone changes in overweight and obese men can result in deleterious effects on sexual functions including erectile dysfunction, reduced libido and alteration in spermatogenesis. *Keywords:* reproductive hormones, testosterone, metabolic status, obesity, overweight, men.

*Автор для переписки/Correspondence author — losadch@nsc.bionet.ru

Введение

Образ жизни существенно отражается на здоровье человека и его репродуктивных способностях. Избыточная масса тела и ожирение, затрагивая многие аспекты физиологии человека, негативно влияют на самочувствие, активность и репродуктивный статус. Например, избыточная масса тела и ожирение часто сопровождаются, помимо висцер-

ального накопления жировой ткани, дислипидемией, гипертонией, сердечно-сосудистыми заболеваниями, диабетом II типа, остеоартритом, снижением фертильности и другими заболеваниями. В развитии ожирения важное значение имеют генетические, демографические (пол, возраст) и социальные факторы (питание, злоупотребление алкоголем, гиподинамия, стрессы, курение) [14, 20]. Следует подчеркнуть, что постинду-

стриальное общество создает определенные предпосылки для развития ожирения, например, способствует избыточному питанию и снижению физической активности.

При избыточной массе тела и ожирении, как правило, наблюдаются нарушения в той или иной степени липидного, углеводного и белкового обмена. Они могут быть представлены гиперурикемией и повышенным содержанием мочевой кислоты в крови, а также гипергликемией [4]. Ожирение сопровождается развитием дислипидемии, в том числе выраженной гипертриглицеридемией, повышением образования незатерифицированных жирных кислот, липопротеинов очень низкой плотности, снижением формирования липопротеинов высокой плотности [26, 31].

Важными посредниками в метаболизме липидов — триглицеридов и холестерина — являются аполипопротеины, в частности широко обсуждается роль многофункционального белка аполипопротеина Е (Апо-Е) [3]. Показана положительная корреляция между уровнем Апо-Е и индексом массы тела (ИМТ) у мужчин трудоспособного возраста, тем не менее, точная роль Апо-Е в развитии ожирения у человека все еще не ясна [12].

В последнее время негативное влияние избыточной массы тела и ожирения на репродуктивную функцию мужчин заслуживает особого внимания. Все возрастающий интерес к этой проблеме обусловлен в значительной степени тем фактом, что эта связь может быть одной из уникальных причин мужского бесплодия, которая, тем не менее, поддается коррективке изменением образа жизни, фармакологическими препаратами или хирургическим вмешательством. К настоящему времени спектр эффектов избыточной массы тела на мужскую фертильность весьма широк. Имеется несколько эпидемиологических работ, предполагающих дозозависимое влияние ожирения отцов на число потомков, т.е. на демографическую фертильность [27, 29]. Весьма интересные данные были получены при изучении влияния массы тела отцов на успешное экстракорпоральное или *in vitro* оплодотворение [11]. Оказалось, что мужчины с нормальным ИМТ имели концентрацию сперматозоидов в эякуляте выше, чем мужчины с избыточным весом или ожирением разной степени. Более того, с увеличением ИМТ наблюдалось статистически достоверное снижение вероятности наступления беременности, ее успешного завершения и благополучных родов, что предполагает изменения в качестве сперматозоидов у мужчин с избыточным весом.

Изучены несколько путей, связывающих метаболические изменения, наблюдаемые у мужчин с избыточной массой тела или ожирением, с изменениями важнейших потенциальных маркеров мужской фертильности, таких как параметры спермограммы или профиль репродуктивных гормонов [9, 15, 21, 23]. Исследования последних лет отчетливо показывают влияние избыточной массы тела и ожирения на профиль репродуктивных гормонов у мужчин, который в первую очередь характеризуется снижением уровня тестостерона и секс связывающего глобулина в периферической крови [9, 15]. Предполагается, что нару-

шения в эндокринной системе мужчин с ожирением способствуют развитию гипогонадизма и ослаблению фертильности из-за очевидной связи репродуктивных гормонов и сперматогенеза [21, 22, 23].

Несмотря на интерес к проблеме, этнический аспект связи ожирения, гормонального статуса и гипогонадизма у мужчин остается практически не изученным. Следует упомянуть в этой связи популяционную работу, показывающую четкую обратную связь между уровнем тестостерона в крови и симптомами метаболического синдрома у мужчин разной расовой принадлежности: афроамериканцев, европеоидов и мексиканцев США [25]. Однако важно установить, сопровождается ли избыточная масса тела и ожирение андрогеновым дефицитом и изменением функциональной активности гипофизарно-семенниковой оси как факторов риска гипогонадизма и субфертильности у мужчин различной этнической принадлежности, другими словами, имеет ли этот феномен универсальный характер независимо от национальности и региона проживания.

Целью настоящего исследования было оценить гормональный статус, метаболические и антропометрические показатели у мужчин активного репродуктивного возраста с признаками избыточного веса или ожирения, проживающих в Республике Коми и этнически принадлежащих к народам коми. Стоит добавить, что коми — семейство народов финно-угорской группы, исконно живущих на крайнем северо-востоке Европейской части России. Народы коми составляют коренное население Республики Коми, входящей в состав Российской Федерации. Численность народов коми по данным переписи населения в 2010 году составила немногим больше 200 тысяч человек или 23.7% населения республики. Считается, что аборигенное население Севера России, к которому относятся коми, характеризуется «полярным адаптивным метаболическим типом», ведущими признаками которого являются склонность к развитию гипогликемии, усиленный липидный и белковый обмен [2].

Материалы и методы

В исследовании принимали участие 62 мужчины, которые родились, и на момент обследования проживали в Республике Коми, и не имели хронических соматических заболеваний. Средний возраст испытуемых лиц составлял 32.1 ± 1.6 года. Все мужчины подписали информированное согласие на участие в исследовании. У каждого мужчины проводилось измерение роста и массы тела. Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали по формуле: масса тела (кг) / рост тела (m^2). У всех испытуемых лиц проводили забор периферической крови в утренние часы натощак.

В сыворотке крови определяли уровень тестостерона, эстрадиола, лютеинизирующего гормона (ЛГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), кортизола, трийодтиронина, тироксина и тиреотропного гормона (ТТГ) иммуноферментным методом с использованием наборов реактивов фирмы «Алкор Био» (Санкт-Петербург) и «Хема» (Москва) по прилагаемой инструкции. В тех же образцах микрометодом имму-

ноферментного анализа определяли общий холестерин (ОХ), триглицериды (ТГ), холестерин липопротеинов высокой плотности (хол-ЛПВП), аполипопротеин Е (Апо-Е), мочевую кислоту и глюкозу наборами реактивов фирмы «Chronolab» (Швейцария). Содержание холестерина липопротеинов низкой плотности (хол-ЛПНП) определяли расчетным путем, используя формулу Фридевальда [18].

В соответствии с полученными значениями ИМТ ретроспективно выделяли две группы мужчин: 1 группа служила контролем и состояла из 39 мужчин с нормальной массой тела по отношению к росту ($18.4 \leq \text{ИМТ} < 25 \text{ кг/м}^2$); 2 группа включала 23 человека с избыточной массой тела или ожирением ($\text{ИМТ} \geq 25 \text{ кг/м}^2$).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета компьютерных программ Statistica 6.0. Использовали однофакторный дисперсионный анализ. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0.05.

Результаты и обсуждение

Антропометрические, гормональные и метаболические показатели у мужчин с нормальной и избыточной массой тела представлены в таблице. Обе исследуемые группы мужчин не отличались по росту, однако различия наблюдались по массе тела и соответственно ИМТ, которые были достоверно выше у лиц с избыточной массой тела по сравнению с контролем. Отметим, что среднее значение ИМТ в группе мужчин с избыточной массой тела не попадало в диапазон значений, установленный для ожирения, таким образом, в отношении индекса массы тела эту группу следует рассматривать как группу с умеренными изменениями жирового обмена.

В нашем исследовании содержание глюкозы, Апо-Е, хол-ЛПВП и мочевой кислоты в крови у мужчин обеих групп находилось в пределах нормы, и не различалось между группами, однако у лиц с избыточной массой тела по сравнению с контролем достоверно увеличены уровни общего холестерина и хол-ЛПНП (таблица). В то же время средние значения ОХ у лиц с избыточной массой тела находились в пределах нормы ($N < 5.2 \text{ ммоль/л}$), аналогичная ситуация наблюдалась и в отношении хол-ЛПНП ($N < 3.9 \text{ ммоль/л}$). Выявленное увеличение уровня ОХ и хол-ЛПНП у лиц с избыточной массой тела следует рассматривать как первый признак измененного липидного обмена при сохранении углеводного и белкового обмена в пределах нормы.

Следует отметить, что группы мужчин отличались по возрасту, испытуемые с признаками избыточной массы тела или ожирения были несколько старше по сравнению с контролем (таблица). Общеизвестно, что в большинстве случаев у мужчин с возрастом наблюдается накопление висцерального жира, снижение двигательной активности, энергетических затрат и основного обмена с сохранением привычного типа питания. Группа лиц с избыточной массой и ожирением на 39.1% состояла из мужчин старше 45 лет, в то время как в группе контроля таких мужчин было лишь 13%, таким

Таблица 1

Антропометрические, гормональные и метаболические показатели у мужчин этнической принадлежности коми с нормальной ($\text{ИМТ} \leq 25 \text{ кг/м}^2$) и избыточной массой тела или ожирением ($\text{ИМТ} \geq 25 \text{ кг/м}^2$).

Параметры	Группа 1 (контроль, $n=39$)	Группа 2 (избыточная масса тела, $n=23$)
возраст, полных лет	$26,9 \pm 1,4$	$41,0 \pm 2,6^*$
рост, см	$176,1 \pm 1,0$	$172,2 \pm 0,9$
масса тела, кг	$70,7 \pm 1,2^*$	$86,2 \pm 2,4^*$
ИМТ	$22,8 \pm 0,2$	$29,0 \pm 0,7^*$
ЛГ, мМЕ/мл	$3,65 \pm 0,24$	$3,67 \pm 0,31$
ФСГ, мМЕ/мл	$4,10 \pm 0,36$	$6,34 \pm 1,11^*$
тестостерон, нмоль/л	$25,85 \pm 1,21$	$19,89 \pm 1,42^*$
эстрадиол, нмоль/л	$0,189 \pm 0,07$	$0,175 \pm 0,07$
кортизол, нмоль/л	$473,19 \pm 24,83$	$417,04 \pm 33,05$
ТТГ, мкМЕ/мл	$2,09 \pm 0,20$	$1,88 \pm 0,19$
трийодтиронин, нмоль/л	$1,77 \pm 0,09$	$1,66 \pm 0,06$
тироксин, нмоль/л	$92,71 \pm 3,43$	$85,91 \pm 3,43$
глюкоза, ммоль/л	$4,36 \pm 0,11$	$4,10 \pm 0,11$
общий холестерин, ммоль/л	$4,05 \pm 0,13$	$4,82 \pm 0,14^*$
триглицериды, ммоль/л	$0,78 \pm 0,03$	$0,81 \pm 0,06$
хол-ЛПВП	$1,51 \pm 0,05$	$1,46 \pm 0,06$
хол-ЛПНП	$2,38 \pm 0,12$	$3,19 \pm 0,14^*$
Апо-Е, мг/дл	$3,65 \pm 0,69$	$4,23 \pm 0,55$
мочевая кислота, мкмоль/л	$359,2 \pm 17,3$	$395,8 \pm 13,2$

Примечание: В скобках – количество испытуемых лиц; * – достоверность различий между группами ($p < 0.05$). Обозначения: ИМТ – индекс массы тела, ФСГ – фолликулостимулирующий гормон, ЛГ – лютеинизирующий гормон, ТТГ – тиреотропный гормон, хол-ЛПВП – холестерин липопротеинов высокой плотности, хол-ЛПНП – холестерин липопротеинов низкой плотности, Апо-Е – аполипопротеин Е.

образом можно условно считать, что у мужчин этой группы избыточная масса тела развивалась как результат возрастного накопления жировой ткани. Известно, что с возрастом отмечается повышение показателей ОХ и ТГ, изменение липопротеинового профиля, снижение активности липолитических ферментов и интенсивности окисления жирных кислот, перестройка регуляторной системы [24, 30, 33].

Ранее проведенное массовое исследование липидных показателей крови у коренных жителей республики Коми выявило их соответствие рекомендуемым нормам [7]. Для этносов, генетически адаптированных к Северу, характерно невысокое среднегодовое содержание общих липидов, повышение доли эстерифицированного холестерина, невысокое содержание ТГ и близкое к верхним границам нормы содержание неэстерифицированных жирных кислот. Эти изменения в липидном обмене связаны с гормональной перестройкой в организме жителей Севера, включая народы коми [7].

Важный результат настоящего исследования состоит в том, что у мужчин с избыточной массой тела уровень тестостерона в крови достоверно ниже по сравнению с мужчинами контрольной группы (таблица). Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе и свидетельствуют о том, что в первую очередь гормональный дисбаланс у мужчин с избыточной массой тела ассоциирован с пониженным уровнем андрогенов [4-6, 13, 19, 32]. Отметим, что уровень тестостерона в группе испытуемых лиц с избыточной массой тела не достигал нижней границы нормальных значений ($N > 12 \text{ нмоль/л}$) и, следовательно, андрогеновый дефицит был выражен в относительно мягкой форме.

Жировая ткань как эндокринный орган участвует в регуляции репродуктивной функции, продуцируя гормоны и адипокины [8]. Особый интерес представляет способность адипоцитов к ароматизации андрогенов в эстрогены, а также к продукции лептина, участвующего в регуляции энергетического гомеостаза и гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси [16]. Таким образом, гипогонадизм при ожирении может быть обусловлен повышенной ароматизацией андрогенов в эстрогены жировой тканью и уменьшению соотношения тестостерон/эстрадиол, что вызывает подавление секреции ЛГ гипофизом и снижение продукции тестостерона семенниками [9, 15]. Хотя в нашей работе не обнаружено снижения уровня лютеинизирующего гормона у мужчин с избыточной массой тела, такой феномен был отмечен при высокой степени ожирения [21]. С другой стороны, избыточная продукция лептина адипоцитами при ожирении может привести к вторичному гипогонадизму через непосредственное угнетение синтеза тестостерона клетками Лейдига семенников [8, 16]. Кроме того, избыток жировой ткани, повышая температуру в мошонке, создает неблагоприятные местные условия для нормального функционирования семенников, что может приводить к ослаблению сперматогенеза [29].

В настоящем исследовании было обнаружено увеличение уровня фолликулостимулирующего гормона в группе мужчин с избыточной массой тела по сравнению с контролем (таблица). Поскольку ФСГ необходим для протекания нормального сперматогенеза, который через специфические рецепторы на клетках Сертоли семенников поддерживает их функциональную активность [28], увеличение его уровня в крови у мужчин с избыточной массой тела свидетельствует об ослаблении функции семенников и компенсаторном повышении гипофизарной активности по принципу отрицательной обратной связи для восстановления семенникового гомеостаза.

В условиях Севера организм человека взаимодействует с комплексом специфических климато-географических факторов, включая контрастную смену продолжительности светового дня и пониженные температуры, которые влияют на эндокринную систему, участвующую в адаптационных процессах. Показано, что аборигенам Севера присуща более выраженная активность центрального звена гипоталамо-гипофизарной системы по сравнению со слабо адаптированным пришлым населением [1]. У северян и приезжих жителей отмечают повышенный уровень кортизола и адре-

налина, которым свойственно усиливать липолиз, причем нарастание этих гормонов в крови связывают с увеличением северного стажа [7].

Учитывая, что гипофизарно-тестикулярная система находится в тесном взаимодействии с гипофизарно-тиреоидной и гипофизарно-адреналовой системами, в настоящей работе у мужчин была изучена изменчивость гормонов гипофизарно-тиреоидной системы и кортизола в зависимости от массы тела. Не было обнаружено достоверных различий в уровне кортизола, тироксина, трийодтиронина и тиреотропного гормона между группами (таблица). Следовательно, функциональные резервы и компенсаторные механизмы эндокринной системы у мужчин этнической принадлежности коми с избыточной массой тела практически полностью сохраняются.

В целом, полученные данные в совокупности с данными литературы [9, 10, 15, 17, 21, 22] убедительно свидетельствуют о связи избыточной массы тела с изменениями в гормональном балансе у мужчин независимо от этнической принадлежности, которые представляют фактор риска гипогонадизма, сниженной сексуальности и ослабленного сперматогенеза. Ввиду широкой распространенности ожирения в современном мире опасная комбинация гипогонадизма, сексуальной дисфункции и олигоспермии могут приводить к ослаблению мужской фертильности на популяционном уровне.

Заключение

Избыточная масса тела у мужчин этнической принадлежности коми сопровождается изменениями липидного обмена (повышением в крови содержания общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности). У мужчин с избыточной массой тела установлено изменение гормонального статуса, которое выражается в снижении уровня тестостерона и повышении уровня фолликулостимулирующего гормона в крови, в то же время не обнаружено влияния избыточной массы тела на уровень других репродуктивных и адаптивных гормонов в крови (ЛГ, эстрадиола, кортизола, трийодтиронина, тироксина и тиреотропного гормона).

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума СО РАН (Интеграционные проекты №57 и 25), Президиума УрО РАН (Интеграционный проект №12-С-4-1026) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» (Проект ФНМ-2012-28).

Литература

- Бойко Е.Р., Бичкаева Ф.А., Ткачев А.В., Догадин С.А. Особенности регуляции метаболических путей у разных групп аборигенного населения европейского Севера. Физиология человека 1997; 23 (№ 4): 95–97.
- Бойко Е.П., Максимов А.Л., Годовых Т.В., Бичкаева Ф.А. Основные аспекты метаболической адаптации человека на Севере. «Человек на Севере: системные механизмы адаптации». Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2007. С. 173–188.
- Бойко Е.Р., Канева А.М. Апопротеин Е и его значение в клинической физиологии. Успехи физиологических наук 2009; 40 (№ 1): 3–15.
- Гончаров Н.П., Кацян Г.В., Чагина Н.А. Ожирение и метаболический синдром у мужчин среднего возраста: сравнительный анализ андрогенного статуса, антропометрических показателей, липидного спектра, показателей углеводного обмена. Андрология и генитальная хирургия 2007; № 1: 6–13.
- Осадчук Л.В., Попова А.В., Туманик О.В., Суботялов М.А., Айзман Р.И. Андрогенный дефицит у мужчин с избыточной массой тела и ожирением // Проблемы репродукции 2012; 18 (№ 4): 76–79.
- Попова А.В., Осадчук Л.В. Связь ожирения с основными репродуктивными показателями у мужчин – жителей Новосибирска. Ожирение и метаболизм 2012; № 4: 34–38.

7. Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера. Под ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар – С.-Петербург: Политехника-сервис. 2009. 264 с.
8. Шварц В. Жировая ткань как эндокринный орган. Проблемы эндокринологии 2009; 55 (№ 1): 38–50.
9. Aggerholm A.S., Thulstrup A.M., Toft G., Ramlau-Hansen C.H., Bonde J.P. Is overweight a risk factor for reduced semen quality and altered serum sex hormone profile? *Fertil Steril* 2008; 90: 619–626.
10. Bacon C.G., Mittleman M.A., Kawachi I., Giovannucci E., Glasser D.B., Rimm E.B. A prospective study of risk factors for erectile dysfunction. *J Urol* 2006; 176: 217–221.
11. Bakos H.W., Henshaw R.C., Mitchell M., Lane M. Paternal body mass index is associated with decreased blastocyst development and reduced live birth rates following assisted reproductive technology. *Fertil Steril* 2011; 95: 1700–1704.
12. Braeckman L., De Bacquer D., Rosseneu M., De Backer G. The effect of age and lifestyle factors on plasma levels of apolipoprotein E. *J Cardiovasc Risk* 1998; 5: 155–159.
13. Brand J.S., van der Tweel I., Grobbee D.E., Emmelot-Vonk M.H., van der Schouw Y.T. Testosterone, sex hormone-binding globulin and the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Int J Epidemiol* 2011; 40: 189–207.
14. Cabler S., Agarwal A., Flint M., Du Plessis S.S. Obesity: modern man's fertility nemesis. *Asian J Androl* 2010; 12: 480–489.
15. Chavarro J.E., Toth T.L., Wright D.L., Meeker J.D., Hauser R. Body mass index in relation to semen quality, sperm DNA integrity, and serum reproductive hormone levels among men attending an infertility clinic. *Fertil Steril* 2010; 93: 2222–2231.
16. Cunningham M.J., Clifton D.K., Steiner R.A. Leptin's actions on the reproductive axis: perspectives and mechanisms. *Biol Reprod* 1999; 60: 216–222.
17. Esposito K., Giugliano F., Di Palo C., Giugliano G., Marfella R., D'Andrea F., D'Armiento M., Giugliano D. Effect of lifestyle changes on erectile dysfunction in obese men: a randomized controlled trial. *JAMA* 2004; 291: 2978–2984.
18. Friedewald W.T., Levy R.I., Fredrickson D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 1972; 18: 499–502.
19. Haffner S.M., Valdez R.A., Stern M.P., Katz M.S. Obesity, body fat distribution and sex hormones in men. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1993; 17 (11): 643–649.
20. Hammoud A.O., Carrell D.T., Gibson M., Peterson C.M., Meikle A.W. Updates on the relation of weight excess and reproductive function in men: sleep apnea as a new area of interest. *Asian J Androl* 2012; 14: 77–81.
21. Jensen T.K., Andersson A.M., Jørgensen N., Andersen A.G., Carlsen E., Petersen J.H., Skakkebaek N.E. Body mass index in relation to semen quality and reproductive hormones among 1,558 Danish men. *Fertil Steril* 2004; 82: 863–870.
22. Kasturi S.S., Tannir J., Brannigan R.E. The metabolic syndrome and male infertility. *J Androl* 2008; 29: 251–259.
23. Kort H.I., Massey J.B., Elsner C.W., Mitchell-Leef D., Shapiro D.B., Witt M.A., Roubesh W.E. Impact of body mass index values on sperm quantity and quality. *J Androl* 2006; 27: 450–452.
24. Kreisberg R.A., Kasim S. Cholesterol metabolism and aging. *Am J Med* 1987; 82: 54–60.
25. Kupelian V., Hayes F.J., Link C.L., Rosen R., McKinlay J.B. Inverse association of testosterone and the metabolic syndrome in men is consistent across race and ethnic groups. *J Clin Endocrinol Metab* 2008; 93: 3403–3410.
26. Martins I.J., Redgrave T.G. Obesity and post-prandial lipid metabolism. Feast or famine? *J Nutr Biochem* 2004; 15: 130–141.
27. Nguyen R., Wilcox A., Skjaerven R., Baird D.D. Men's body mass index and infertility. *Hum Reprod* 2007; 22: 2488–2493.
28. Nieschlag E., Simoni M., Gromoll J., Weinbauer G.F. Role of FSH in the regulation of spermatogenesis: clinical aspects. *Clin Endocrinol* 1999; 51: 139–146.
29. Ramlau-Hansen C.H., Thulstrup A.M., Nohr E.A., Bonde J.P., Sorensen T.I., Olsen J. Subfecundity in overweight and obese couples. *Hum Reprod* 2007; 22: 1634–1637.
30. Schaefer E.J., Lichtenstein A.H., Lamon-Fava S., McNamara J.R., Ordovas J.M. Lipoproteins, nutrition, aging, and atherosclerosis. *Am J Clin Nutr* 1995; 61 (3 Suppl): 726S–740S.
31. Tchernof A., Despres J.P. Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiol Rev* 2013; 93: 359–404.
32. Tchernof A., Labrie F., Bélanger A., Prud'homme D., Bouchard C., Tremblay A., Nadeau A., Després J.P. Relationships between endogenous steroid hormone, sex hormone-binding globulin and lipoprotein levels in men: contribution of visceral obesity, insulin levels and other metabolic variables. *Atherosclerosis* 1997; 133: 235–244.
33. Toth M.J., Tchernof A. Lipid metabolism in the elderly. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 121–125.

Осадчук Л.В.	доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск E-mail: losadch@nsc.bionet.ru
Гуторова Н.В.	кандидат биологических наук, инженер-исследователь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, профессор, г. Новосибирск
Людина А.Ю.	кандидат биологических наук, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар
Потолицына Н.Н.	кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар
Бойко Е.Р.	доктор медицинских наук, заведующий отделом экологической и медицинской физиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар