

# Оценка объема жировой ткани антропометрическими и лучевыми методами и его связь с компонентами метаболического синдрома

<sup>1</sup>Маркова Т.Н.\*, <sup>2</sup>Кичигин В.А., <sup>2</sup>Диомидова В.Н., <sup>2</sup>Марков Д.С., <sup>3</sup>Петрова О.В.

<sup>1</sup>БУ «Республиканский эндокринологический диспансер» МЗ СР Чувашской Республики, Чебоксары (главный врач – Т.Н. Маркова)

<sup>2</sup>ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары (ректор – профессор В.Г. Агаков)

<sup>3</sup>БУ «Городская клиническая больница №1» МЗ СР Чувашской Республики, Чебоксары (главный врач – Л.А. Воропаева)

**Резюме.** Проведена оценка объема жировой ткани с использованием ультразвукового исследования (УЗИ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и антропометрии у 60 пациентов с различным классом массы тела (МТ). Выявлены корреляционные связи окружности талии (ОТ), толщины подкожного и висцерального жира с компонентами метаболического синдрома. Клиническое значение ОТ сопоставимо с толщиной висцерального жира, определяемой по УЗИ и МРТ. Отмечено преимущественное увеличение толщины висцерального жира по сравнению с подкожным при росте класса МТ. Значимое увеличение объема жировой ткани и развитие метаболических нарушений происходит уже при избыточной МТ, что делает это состояние близким к ожирению. При проведении рутинного УЗИ брюшной полости целесообразно определять толщину подкожного и висцерального жира. *Ключевые слова:* жировая ткань, магнитно-резонансная томография, ультразвуковое исследование, метаболический синдром.

## Evaluation of adipose tissue mass with anthropometric and visualization methods; its relation to the components of the metabolic syndrome

<sup>1</sup>Markova T.N.\*, <sup>2</sup>Kichigin V.A., <sup>2</sup>Diomidova V.N., <sup>2</sup>Markov D.S., <sup>3</sup>Petrova O.V.

<sup>1</sup>Budget Institution "Republican endocrinological dispensary" Ministry of Health of Chuvash Republic; Ul. 139 – Strelkovoy divizii, dom 7, Cheboksary, Russia, 7428009

<sup>2</sup>Chuvash State University; Moskovskiy pr., dom 15, Cheboksary, Russia, 428015

<sup>3</sup>Budget Institution "City Clinical Hospital №1" Ministry of Health, Chuvash Republic; Prospect Traktorostroiteley, dom 46, Cheboksary, Russia 428028

**Resume.** We performed an estimation of body fat using ultrasound, magnetic resonance imaging (MRI) and anthropometry in 60 patients with different types of body weight (BW). Correlation of waist circumference (WC), thickness of subcutaneous fat and visceral fat with components of the metabolic syndrome was studied comparatively between ultrasound and MRI measurements. We noted a preferential increase in the thickness of visceral fat compared with subcutaneous with increasing degree of BW. Significant increase in adipose tissue and the development of metabolic disorders occurs in overweight, making it the state close to obesity. During a routine ultrasound of the abdomen it is advisable to determine the thickness of subcutaneous and visceral fat separately. *Keywords:* adipose tissue, magnetic resonance imaging, ultrasound, metabolic syndrome.

\*Автор для переписки/Correspondence author – markovatn18@yandex.ru

Оценка объема жировой ткани является актуальной в свете изучения метаболического синдрома (МС), являющегося основным фактором риска развития атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний. Известно, что распределение жировой ткани считается определяющим у больных с ожирением (ОЖ) и МС, поскольку сердечно-сосудистый риск связан, в первую очередь, с увеличением объема висцеральной жировой ткани [3, 10].

Наиболее простым методом оценки висцерального ОЖ является измерение окружности талии (ОТ). Более

точными методами оценки степени развития висцеральной жировой ткани считаются компьютерная и магнитно-резонансная томографии (МРТ), но возможности этих методов в широкой клинической практике ограничены из-за их высокой стоимости.

Оценить объем жировой ткани можно и с помощью ультразвукового исследования (УЗИ), разрешающие способности которого значительно выросли в последние годы. Определение объема висцерального жира методом УЗИ по данным С.С. Leite et al. (2002) позволяет лучше прогнозировать риск сердечно-сосудистых

Таблица 1

Показатели метаболического синдрома и объема жировой ткани при различных классах массы тела			
Показатели	Нормальная масса тела (группа 1) (n=20)	Избыточная масса тела (группа 2) (n=25)	Ожирение (группа 3) (n=15)
ПЖ (МРТ-данные), мм	14,0** (4,0–31,0)	23,5 (7,7–35,8)	23,7 (10–58)
ВЖ (МРТ-данные), мм	38,0** (12,5–57,5)	51,65* (15–88,5)	67,75 (53–96)
ПЖ (УЗ-данные), мм	14,5 (6,0–43,5)	18 (7–25)	16 (10–33)
ВЖ (УЗ-данные), мм	23,0* (8,0–54,5)	26 (14–59)	30 (13–81)
ЖМТ, %	21,8** (11,0–34,4)	33,88 (20,85–40,82)	31,44 (25,31–48,64)
ОТ, см	81** (66–93)	93 (75–101)	104 (70–120)
ХС, ммоль/л	4,60** (3,6–7,2)	5,20 (4–6,6)	5,55 (4,5–7,6)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,45 (1,06–2,14)	1,29 (0,99–1,8)	1,38 (0,79–1,87)
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,50** (1,62–4,99)	3,06 (1,44–4,38)	3,09 (2,09–4,11)
ТГ, ммоль/л	0,91** (0,48–1,54)	1,41 (0,75–2,98)	1,88 (0,69–2,98)
Гликемия, ммоль/л	5,1 (4,5–6,3)	5,8 (4,4–7,5)	5,6 (4,3–8)
Систолическое АД, мм рт. ст.	120 (95–169)	124 (110–173)	130 (90–168)
Диастолическое АД, мм рт. ст.	80* (62–95)	80 (70–100)	90 (60–118)

Примечание: на первой строке ячейки представлена медиана, на второй – 5–95-й проценти. \* – достоверность различий при сравнении между группами 1 и 2 при  $p < 0,05$ ; # – между группами 1 и 3, \* – между группами 2 и 3.

осложнений по сравнению с антропометрическими данными [12].

**Цель исследования** – изучение объема жировой ткани антропометрическими и лучевыми методами в зависимости от класса массы тела (МТ), пола, типа распределения жира и его связи с компонентами МС.

### Материалы и методы

В поперечное исследование включено 60 человек (30 мужчин и 30 женщин), проживающих в г. Чебоксары Чувашской Республики. В зависимости от индекса МТ (ИМТ) исследуемые лица подразделены на следующие группы: с нормальной МТ – ИМТ 20–24,9 кг/м<sup>2</sup> (10 мужчин и 10 женщин); с избыточной МТ – ИМТ 25,0–29,9 кг/м<sup>2</sup> (12 мужчин и 13 женщин); с ожирением – ИМТ 30 кг/м<sup>2</sup> и более (8 мужчин и 7 женщин).

Жировую массу тела (ЖМТ) рассчитывали по формуле:  $ЖМТ (\%) = 64,5 - 848 / ИМТ + 0,079 \times \text{Возраст} - 16,4 \times \text{Пол} + 0,05 \times \text{Пол} \times \text{Возраст} + 39,0 \times \text{Пол} / ИМТ$ ; где ИМТ приводится в кг/м<sup>2</sup>, возраст в годах, Пол – 0 для женщин и 1 для мужчин [3, 11].

Визуализацию жировой ткани проводили методами МРТ и УЗИ. Толщину подкожного жира (ПЖ) измеряли на уровне LIV по срединной линии живота, толщину висцерального жира (ВЖ) – на уровне LIV от переднего контура прямых мышц живота до передней стенки аорты [6].

УЗИ осуществляли на ультразвуковых сканерах Accuvix V10 (Samsung Medison, Корея) и Nemio XG (Toshiba, Япония) с применением датчиков конвексного и линейного типов с частотами в диапазоне от 3,5

Таблица 2

Показатели объема жировой ткани и метаболические параметры у мужчин и женщин		
Показатели	Мужчины (n=30)	Женщины (n=30)
ПЖ (МРТ-данные), мм	13,6* (5,0–29,0)	24,5 (11,5–43,)
ВЖ (МРТ-данные), мм	60,3* (12,0–96,0)	47,0 (15,0–75,0)
ПЖ (УЗ-данные), мм	14,0* (7,0–27,0)	19,0 (8,0–27,0)
ВЖ (УЗ-данные), мм	27,0 (16,0–75,0)	25,5 (8,0–59,0)
ЖМТ, %	22,7* (14,8–31,0)	38,4 (23,9–44,5)
ОТ, см	88,9 (70–114)	90,0 (66–117)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	26,3 (20,8–33,0)	28,0 (19,7–35,0)
ХС, ммоль/л	5,0 (3,6–7,2)	5,2 (4,3–7,6)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,25 (0,92–1,87)	1,40 (1,02–2,06)
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,95 (1,48–4,85)	3,02 (1,78–4,38)
ТГ, ммоль/л	1,13 (0,52–2,98)	1,28 (0,54–2,81)
Гликемия, ммоль/л	5,4 (4,6–6,3)	5,6 (4,3–7,5)
Систолическое АД, мм рт. ст.	125 (115–168)	130 (90–173)
Диастолическое АД, мм рт. ст.	80 (70–99)	80 (60–100)

Примечание: \* – достоверность различий между мужчинами и женщинами при  $p < 0,05$ .

до 7,5 МГц, МРТ – на приборе Magnetom Harmony (Siemens, Германия) с напряженностью магнитного поля 1,0 Тл. Толщина ПЖ и ВЖ оценивалась на T2-взвешенных изображениях.

Измеряли окружность талии (ОТ) и окружность бедер (ОБ). Тип распределения жира считали андронидным при отношении ОТ/ОБ более 0,80 у женщин и более 0,95 у мужчин и гиноидным при меньших значениях отношения [1]. МС диагностировали согласно критериям IDF (2005) [9]. Измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление (АД), в крови исследовали содержание триглицеридов (ТГ), общего холестерина (ХС), ХС липопротеинов высокой плотности и низкой плотности (ХС ЛПВП и ХС ЛПНП), определяли уровень глюкозы натощак.

ТГ и ХС измеряли энзиматическим колориметрическим методом. Содержание ХС ЛПВП определяли методом селективной преципитации с добавлением к образцу фосфорно-вольфрамовой кислоты и солей марганца. Уровень ХС ЛПНП определяли расчетным методом. Изучали натощаковую гликемию методом глюкозооксидазоредуктазной медиаторной реакции на приборе Accu-Chek Active Roche с использованием тест-полосок.

Данные представлены в виде медианы (50-й процентиль), 5–95-го процентиля распределения. Для суждения о значимости различий между 2 группами использовали критерий Манна-Уитни (m-u) [2]. Для установления направленности и силы связи между показателями вычисляли коэффициент корреляции Спирмена (r) [2]. Критический уровень значимости (p) в исследовании принимался равным 0,05. Статистическую обработку материала проводили в программе Statistica for Windows 6.0.

Таблица 3

Показатели объема жировой ткани в зависимости от типа распределения жира

Показатели	Андройдный тип		Гиноидный тип	
	мужчины (n=8)	женщины (n=17)	мужчины (n=22)	женщины (n=13)
ПЖ (МР-данные), мм	13,6* (7,7–35,2)	25,6 (11,5–58,0)	13,6 (5,0–29,0)	17,5 (8,5–43,0)
ВЖ (МР-данные), мм	63,4 (41,4–96,0)	53,0# (15,0–76,0)	52,7* (12,0–83,0)	33,0 (15,0–66,0)
ПЖ (УЗ-данные), мм	16,5* (7,0–22,0)	21,0 (6,–27,0)	14,0 (7,0–27,0)	16,5 (8,0–33,0)
ВЖ (УЗ-данные), мм	46,5# (26,0–80,0)	30,0# (13,0–81,0)	24,5* (16,0–53,0)	14,0 (8,0–41,0)
ЖМТ, %	26,5*# (21,0–31,0)	39,5* (31,7–48,6)	21,1* (14,8–30,1)	30,6 (22,3–43,6)
ОТ, см	100,5*# (97,0–120,0)	96,0# (77,0–118,0)	86,0* (70,0–101,0)	75,0 (66,0–104,0)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	29,7 (25,7–34,7)	29,0 (23,4–41,0)	25,2 (20,8–31,9)	23,1 (19,0–34,2)

Примечание: \* – достоверность различий внутри подгруппы с одинаковым распределением жира при  $p < 0,05$ ; # – между подгруппами с различным распределением жира с учетом пола.

### Результаты и обсуждение

При сравнительном анализе показателей, отражающих объем жировой ткани и метаболические сдвиги, в группах с различным классом МТ выявлено, что большинство изучаемых параметров нарастало параллельно увеличению класса МТ (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что с ростом класса МТ происходит увеличение преимущественно толщины ВЖ и ОТ, что говорит о нарастании при ОЖ в большей степени

массы висцеральной жировой ткани, а также о клинической сопоставимости ОТ с толщиной ВЖ, определяемого методами МРТ и УЗИ. Обращает внимание, что существенные метаболические сдвиги происходят уже при переходе нормальной МТ в избыточную, в то же время между избыточной МТ и ОЖ практически не наблюдается различий по целому ряду показателей, таких как толщина ПЖ, ЖМТ, гликемия, ХС ЛПНП (табл. 1). Этот факт свидетельствует о том, что к избыточной МТ следует относиться как к патологическому состоянию, близкому к ОЖ, но не «предболезни».

Проведена оценка гендерных особенностей отложения жировой ткани. По данным УЗИ и МРТ выявлено, что женщины имели достоверно большую толщину ПЖ и меньшую толщину ВЖ: 24,5 мм против 13,6 мм ( $p=0,001$ ) и 47,0 мм против 60,3 мм соответственно ( $p=0,023$ ), при этом параметры, отражающие метаболические сдвиги, не имели значимых различий, что предполагает различную метаболическую активность висцеральной жировой ткани у мужчин и женщин (табл. 2).

Ниже представлены варианты эхограмм и МР-томограмм брюшной полости пациентов, где продемонстрированы гендерные особенности распределения жировой ткани, существующие даже при нормальной МТ. У пациентки И. (рис. 1а, б) ИМТ – 23,4 кг/м<sup>2</sup>, ПЖ (МРТ) – 18 мм, ВЖ (МРТ) – 29 мм, ПЖ (УЗИ) – 16 мм, ВЖ (УЗИ) – 43 мм. У пациента Е. (рис. 2а, б) ИМТ –

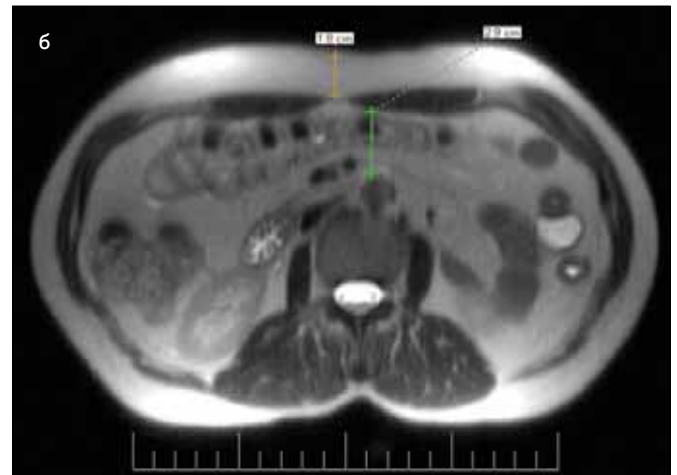
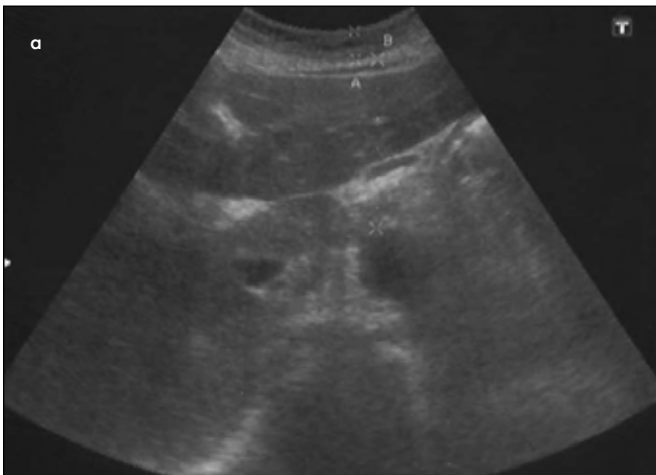


Рис. 1. а – эхограмма; б – МР-томограмма пациентки И.

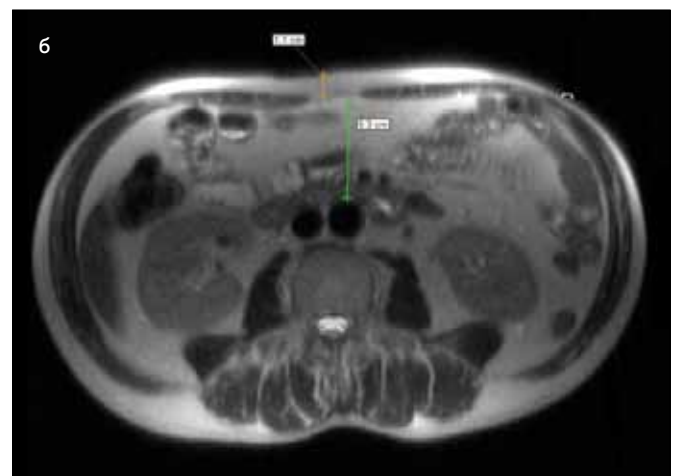
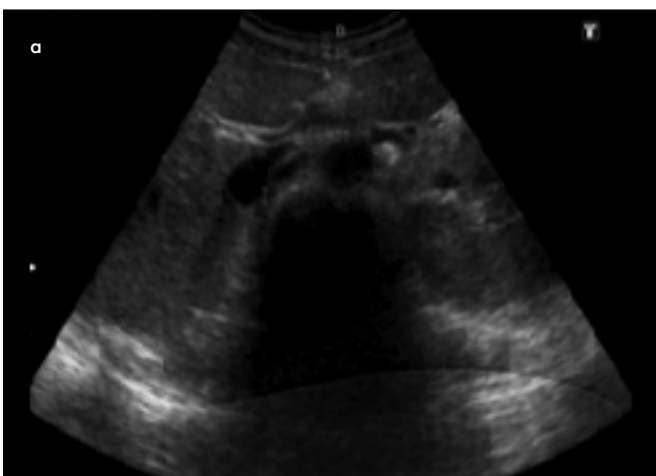


Рис. 2. а – эхограмма; б – МР-томограмма пациента Е.

Таблица 4

Показатели	Корреляционные связи показателей объема жировой ткани с метаболическими параметрами						ЖМТ
	ВЖ (МР-данные)	ПЖ (МР-данные)	ВЖ (УЗ-данные)	ПЖ (УЗ-данные)	ИМТ	ОТ	
ОТ	+0,58*	+0,41*	+0,62*	+0,39*	+0,67*		+0,36*
ВЖ (МР-данные)		0,23	0,64*	0,44*	0,62*	0,58*	0,39*
ПЖ (МР-данные)	0,23		0,30*	0,19	0,52*	0,41*	0,66*
ИМТ	0,62*	0,52*	0,48*	0,44*		0,72*	0,71*
ХС	0,18	0,16	0,18	0,20	0,34*	0,28*	0,40*
ХС ЛПНП	0,19	0,14	-0,20	-0,11	0,26*	0,34*	0,31*
ХС ЛПВП	-0,38*	-0,09	-0,20	-0,11	-0,12	-0,23	0,03
ТГ	0,50*	0,22	0,44*	0,30*	0,51*	0,50*	0,30*
Систолическое АД	0,10	0,23	0,14	0,26	0,28*	0,30*	0,31*
Диастолическое АД	0,27*	0,06	0,29*	0,29*	0,42*	0,33*	0,29*
Гликемия	0,18	0,45*	0,22	0,12	0,26*	0,36*	0,26*

Примечание: \* –  $p < 0,05$ .

23,6 кг/м<sup>2</sup>, ПЖ (МРТ) – 11 мм, ВЖ (МРТ) – 53 мм, ПЖ (УЗИ) – 14 мм, ВЖ (УЗИ) – 50 мм.

Определены показатели объема жировой ткани в группах, распределенных в зависимости от отношения ОТ/ОБ. Наблюдались гендерные различия при обоих типах распределения жира: у женщин в сравнении с мужчинами установлена большая толщина ПЖ при андройдном типе распределения жира по данным УЗ- и МР-исследований ( $p < 0,05$  в обоих случаях), а также меньшая толщина ВЖ при гиноидном типе распределения жира по данным УЗ- и МР-исследований ( $p < 0,05$  в обоих случаях) (табл. 3).

Таким образом, у мужчин толщина ВЖ растет при любом типе ОЖ, у женщин преимущественно при андройдном типе. Следовательно, для мужчин любой тип жирового отложения является метаболически опасным, тогда как для женщин таковым является преимущественно андройдный тип (табл. 3).

Проведен корреляционный анализ объема жировой ткани с параметрами МС. Показатели объема жировой ткани оказались тесно связанными с метаболическими отклонениями, особенно с АД и триглицеридемией. Выявлена корреляционная связь ЖМТ, толщины ПЖ и толщины ВЖ, полученных методами УЗИ и МРТ, с антропометрическими показателями (ИМТ, ОТ), в большинстве случаев они коррелировали и с параметрами МС. При этом толщина ПЖ имела меньше статистически значимых связей с параметрами МС, чем толщина ВЖ (табл. 4).

Связь между толщиной ВЖ, определяемой УЗИ и МРТ, оказалась статистически значимой и составила  $r = +0,64$  ( $p < 0,05$ ), следовательно, ультразвуковой метод изучения жировой ткани сопоставим с МРТ. Следует заметить, что ОТ имел значимые корреляции практически со всеми компонентами МС, а сила связи не уступала таковой в сравнении с толщиной ВЖ и ПЖ, определяемых по результатам УЗИ и МРТ.

Данные УЗИ и МРТ при измерении ПЖ и ВЖ были соотносимыми с антропометрическими показателями массы жировой ткани (ОТ, ИМТ, ЖМТ), хотя последние не отражают ее топографию. Таким образом, измерение объема ВЖ и ПЖ может быть рекомендовано в качестве скрининга при проведении рутинного УЗИ органов брюшной полости и забрюшинного пространства, а также при динамическом наблюдении за больными с ОЖ и МС.

Полученные результаты демонстрируют целесообразность определения объема жировой ткани, который тесно связан с развитием МС. Из табл. 4 видно, что преимущественное влияние на развитие МС оказывают показатели, отражающие объем ВЖ.

Выявлены гендерные различия по толщине ПЖ и ВЖ, которые прослеживаются в общей группе, в подгруппах с различными типами отложения жира (табл. 2, 3, рис. 1, 2), что не противоречит данным литературы [4].

Используемые показатели объема жировой ткани, такие как ИМТ, ОТ, ЖМТ имеют достаточно тесную связь как с метаболическими параметрами, так и с толщиной ВЖ и ПЖ (табл. 4). Клинически значимым и доступным показателем является ОТ, который считается важнейшим индикатором риска сердечно-сосудистых заболеваний и применяется в качестве критерия МС.

Эталонными методами оценки объема ВЖ являются рентгеновская компьютерная томография и МРТ [5]. Оба метода дают возможность точного разделения жировой ткани от окружающей нежировой и дифференциации внутрибрюшных жировых депо от подкожных. В литературе имеются данные, указывающие на то, что УЗИ не уступает МРТ по своей диагностической значимости [8] и может применяться для контроля за распределением жира в период снижения или прибавки массы тела [7].

Полученные результаты подтверждают, что выраженность метаболических отклонений зависит от объема жировой ткани, особенно ВЖ, для оценки которого кроме антропометрических показателей целесообразно применять визуальные методы определения толщины ПЖ и ВЖ.

### Выводы

1. Показатели объема жировой ткани, особенно толщина ВЖ, тесно связаны с компонентами МС. Об объеме ВЖ можно судить по ОТ, данным УЗИ и МРТ. Клиническое значение ОТ сопоставимо с толщиной ВЖ, определяемой визуализирующими методами. С ростом класса МТ происходит в большей степени увеличение толщины ВЖ по сравнению с толщиной ПЖ.
2. Увеличение объема жировой ткани и развитие метаболических нарушений происходит уже при избыточной массе тела, что делает это состояние близким к ожирению.

3. У мужчин по сравнению с женщинами при одинаковом классе МТ и типе распределения жира больше толщина ВЖ и меньше толщина ПЖ при сопоставимых метаболических показателях.
4. При проведении рутинного УЗИ органов брюшной полости целесообразно определять толщину ПЖ и ВЖ как показателей риска метаболических нарушений и включать эти показатели в протокол УЗИ.

## Литература

1. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.В. Эндокринология: учебник. М.: Медицина, 2000: 632 с.
2. Каминский Л.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных. Л.: Медицина, 1964: 251 с.
3. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006: 248 с.
4. Ожирение: этиология, патогенез, клинические аспекты /под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. М.: Медицинское информационное агентство, 2004. – 456 с.
5. Сусяева Н.М. Возможности лучевых методов исследования в диагностике висцерального ожирения. Бюллетень сибирской медицины. 2010; 5: 121–128.
6. Armellini F., Zamboni M. Total and intraabdominal fat measurements by ultrasound and computed tomography. *Int. J. Obes.* 1993; 17: 209–214.
7. Armellini F., Zamboni M., Rigo L. Sonography detection of small intraabdominal fat variations. *Int. J. Obes.* 1991; 15: 847–52.
8. Armellini F., Zamboni M., Castelli S. et al. Measured and predicted total and visceral adipose tissue in women. Correlations with metabolic parameters. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 1994; 18: 641–7.
9. International Diabetes Federation. Worldwide definition of the metabolic syndrome. Available at: [http://www.idf.org/webdata/docs/IDF\\_Metasyndrome\\_definition.pdf](http://www.idf.org/webdata/docs/IDF_Metasyndrome_definition.pdf). Accessed August 24, 2005.
10. Donnelly L.F., O'Brien K.J., Dardzinski B.J. et al. Using a phantom to compare MR techniques for determining the ratio of intraabdominal to subcutaneous adipose tissue. *AJR.* 2003; 180: 993–998.
11. Gallagher D., Heymsfield S.B., Heo M., Jebb S.A., Murgatroyd P.R., Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000; 72: 694–701.
12. Leite C.C., Wajchenberg B.L., Radominski R. et al. Intraabdominal thickness by ultrasonography to predict risk factors for cardiovascular disease and its correlation with anthropometric measurements. *Metabolism.* 2002; 51 (8): 1034–1040.

Маркова Т.Н.	БУ «Республиканский эндокринологический диспансер» МЗ СР Чувашской Республики, Чебоксары E-mail: markovatn18@yandex.ru
Кичигин В.А.	ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары
Диомидова В.Н.	ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары
Марков Д.С.	ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары
Петрова О.В.	БУ «Городская клиническая больница №1» МЗ СР Чувашской Республики, Чебоксары