

<http://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-6-387-394>

Роль количественной оценки висцеральной жировой ткани сердца как предиктора развития сердечно-сосудистых событий

Чернина В.Ю.* , Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А., Ситдииков Д.И., Гомболевский В.А.

*ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»,
ул. Средняя Калитниковская, 28, стр. 1, Москва, 109029, Российская Федерация*

Резюме

С целью оценки возможности визуализации висцеральной жировой ткани сердца с помощью эхокардиографии (ЭхоКГ), компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) и систематизации данных о ее физиологической и патофизиологической роли проведен анализ релевантных отечественных и зарубежных источников литературы в научных библиотеках eLIBRARY, PubMed по ключевым словам: «паракардиальный жир», «эпикардиальный жир», «висцеральный жир сердца», «epicardial adipose tissue», «pericardial adipose tissue», «adipocytokine». Собраны актуальные данные на ноябрь 2018 г. В обзоре представлены современные данные о физиологической и патофизиологической роли цитокинов, секретируемых паракардиальной жировой тканью, а также о корреляции и теориях возможной взаимосвязи объема паракардиальной жировой ткани с развитием ишемической болезни сердца, фибрилляции предсердий и метаболического синдрома. По данным ЭхоКГ, толщина эпикардиальной жировой ткани является достоверным предиктором наличия атеросклеротических бляшек высокого риска в коронарных артериях. Объем жировой ткани с высокой точностью может быть измерен с помощью КТ (ручная, полуавтоматическая и автоматическая методики). Ряд исследований доказывает возможность использования МРТ для поставленных задач.

Современное представление о роли этих жировых депо может потенциально использоваться в оценке риска сердечно-сосудистых заболеваний. Проведенный обзор литературы подтвердил, что висцеральная жировая ткань сердца оказывает непосредственное влияние на миокард и коронарные артерии и может быть количественно оценена с помощью ЭхоКГ, КТ и МРТ.

Ключевые слова: эпикардиальный жир; паракардиальный жир; ишемическая болезнь сердца; атеросклероз; метаболический синдром; обзор литературы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Чернина В.Ю., Морозов С.П., Низовцова Л.А., Блохин И.А., Ситдииков Д.И., Гомболевский В.А. Роль количественной оценки висцеральной жировой ткани сердца как предиктора развития сердечно-сосудистых событий. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (6): 387–94. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-6-387-394>

Статья поступила 18.12.2018

После доработки 08.10.2019

Принята к печати 15.10.2019

The Role of Quantitative Assessment of Visceral Adipose Tissue of the Heart as a Predictor for Cardiovascular Events

Valerya Yu. Chernina*, Sergey P. Morozov, Lyudmila A. Nizovtsova, Ivan A. Blokhin, Denis I. Sitdikov, Viktor A. Gombolevskiy

Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health of Moscow, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, 28, stroenie 1, Moscow, 109029, Russian Federation

Abstract

Objective of this article – to evaluate possibilities to visualize cardiac visceral adipose tissue by echocardiography, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) and to systematize data on its physiological and pathological roles. To achieve this goal, the authors analyzed relevant Russian and foreign sources of literature in the scientific libraries eLIBRARY and PubMed, by using the keywords: “peri-

cardial fat", "epicardial fat", "visceral fat of the heart", "epicardial adipose tissue", "pericardial adipose tissue", and "adipocytokine". Actual data as of November 2018 were collected.

The review presents up-to-date data on the physiological and pathophysiological roles of cytokines secreted by pericardial adipose tissue, as well as on correlations and possible theories of the relationship between the volumes of pericardial adipose tissue and the development of coronary heart disease, atrial fibrillation, and metabolic syndrome. According to echocardiography, epicardial adipose tissue thickness is a reliable predictor for the presence of high-risk atherosclerotic plaques in the coronary arteries. Adipose tissue volume can be measured with high accuracy using CT (manual, semi-automatic, and automatic methods). A number of studies prove that MRI can be used for assigned tasks.

The current notion of the role of these adipose depots can potentially be used in assessing the risk of cardiovascular diseases. The literature review presented confirms that visceral adipose tissue of the heart has a direct effect on the myocardium and coronary arteries and can be quantified using echocardiography, CT and MRI.

Keywords: epicardial fat; pericardial fat; coronary heart disease; atherosclerosis; metabolic syndrome; literature review.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

For citation: Chernina V.Yu., Morozov S.P., Nizovtsova L.A., Blokhin I.A., Sitdikov D.I., Gombolevskiy V.A. The role of quantitative assessment of visceral adipose tissue of the heart as a predictor for cardiovascular events. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (6): 387–94 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-6-387-394>

Received 18.12.2018

Revised 08.10.2019

Accepted 15.10.2019

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) остается одной из главных проблем современной кардиологии. По данным статистики, в 2017 г. в России заболеваемость ИБС составила 5288,4 случая на 100 тыс. населения [1]. Основной причиной ИБС является атеросклероз коронарных артерий. Длительное время болезнь протекает бессимптомно и дебютирует уже на поздних стадиях инфарктом миокарда (ИМ) или внезапной смертью (до 50% случаев)*. Поэтому так важно определять предикторы ИБС на доклиническом этапе.

В качестве биомаркера для прогнозирования ИБС может быть использована количественная оценка жировой ткани, окружающей сердце. Плюсами данного биомаркера являются возможность оценки с помощью разных модальностей (УЗИ, КТ, МРТ), отсутствие необходимости проведения инвазивных исследований, а также оценка при проведении исследования по другим причинам (когда у пациента отсутствуют кардиологические жалобы).

В широком смысле жировая ткань классифицируется, по крайней мере, на два функционально различных типа: белая жировая ткань и бурая жировая ткань, каждая из которых выполняет разные физиологические роли. Белая жировая ткань в основном участвует в хранении жира (в качестве источника энергии) и высвобождении различных гормонов, адипокинов и цитокинов, которые проявляют паракринные и эндокринные эффекты и регулируют ме-

таболизм [2]. Белую жировую ткань можно разделить на висцеральную и подкожную. Висцеральная жировая ткань окружает различные органы и пространства, включая сальник, брыжейку, средостение и периваскулярные области [3]. Подкожная жировая ткань менее метаболически активна, чем висцеральная. Она является основным депо триацилглицеридов и участвует в обеспечении свободными жирными кислотами (СЖК) в период интенсивных энергетических затрат.

Следует отметить существующее разногласие в названии жировой ткани, окружающей сердце. По данным мировой литературы, эту жировую ткань чаще называют *перикардальной*, в отечественных публикациях традиционно ее принято называть *паракардальной* [4, 5]. Далее в статье использован отечественный вариант. Паракардальную жировую ткань можно разделить на две функционально различные жировые ткани – эпикардальную жировую ткань (ЭЖТ) и перикардальную жировую ткань (ПЖТ). ЭЖТ расположена между миокардом и висцеральным листком перикарда [4], тогда как ПЖТ локализуется за пределами перикарда и смежна с ним.

Цель нашего исследования – оценить возможности визуализации висцеральной жировой ткани сердца с помощью ЭхоКГ, КТ и МРТ, систематизировать данные о ее физиологической и патофизиологической роли.

Нами проведен анализ релевантных отечественных и зарубежных источников литературы в научных библиотеках eLIBRARY, PubMed по ключевым словам: «паракардальный жир», «эпикардальный жир», «висцеральный жир сердца», «epicardial adipose tissue», «pericardial adipose tis-

* Акчури Р.С., Васюк Ю.А., Карпов Ю.А., Лупанов В.П., Марцевич С.Ю., Поздняков Ю.М. и др. Диагностика и лечение стабильной стенокардии. Российские рекомендации (второй пересмотр). *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2008; 7 (6, S4): 1–40.

sue», «adipocytokine». Собраны актуальные данные на ноябрь 2018 г.

Были проанализированы 13 русскоязычных статей с полным доступом к тексту документа в научной библиотеке eLIBRARY за период с января 2013 г. по ноябрь 2018 г. Также проведен анализ 80 англоязычных статей. В обзор включались статьи из научных журналов с квартилями Q1 и Q2 за период с января 2004 г. по ноябрь 2018 г. В случае схожих результатов исследований в обзор включались статьи с большим числом пациентов и более ранней датой публикации. В итоговый обзор были включены 34 статьи (32 англоязычные, 2 русскоязычные, а также 2 статьи по эпидемиологическим данным).

Эпикардиальная жировая ткань: физиологические аспекты

ЭЖТ происходит из спланхноплевральной мезодермы и имеет то же эмбриологическое происхождение, что и жировые клетки брыжейки и сальника [6]. В человеческом сердце ЭЖТ располагается в атриовентрикулярных и межжелудочковых бороздах, на свободной стенке и верхушке левого желудочка, а также окружает основные ветви коронарных артерий [7].

Для выполнения сердечных сокращений миокарду необходим большой источник энергии, который пополняется путем β -окисления длинноцепочечных жирных кислот. Из-за анатомической близости жировой ткани и миокарда возрастает роль адипоцитов висцеральной жировой ткани сердца как депо триацилглицеридов. Последние высвобождаются в стрессовых условиях, включая ишемию. Кроме того, такое депо способно защитить ткань сердца от высоких концентраций СЖК и ассоциированной липотоксичности [8]. В обеспечении миокарда энергией заключается физиологическая роль ЭЖТ.

ЭЖТ состоит не только из преадипоцитов и адипоцитов, но также содержит стромально-вазкулярные и иммунные клетки, резидентные моноциты, ганглии и соединительные нервы [9]. При некоторых патологических состояниях моноциты могут становиться зрелыми формами и способствовать прогрессированию резистентности к инсулину. Эти макрофаги могут поляризоваться от невоспалительного фенотипа до провоспалительных фенотипов, способных секретировать различные провоспалительные цитокины, включая ФНО- α , ИЛ-1 β , ИЛ-6 и MCP-1, что может приводить к развитию воспалительной реакции, пролиферации эндотелиальных и гладкомышечных клеток, атерогенезу и дестабилизации атеросклеротической бляшки (рис.1) [10, 11]. Эти процессы вызывают развитие ИБС и сердечной недостаточности (СН). При поляризации макрофагов в провоспалительные макрофаги CD11C+ роль висцерального жира сердца трансформируется в патофизиологическую.

Эпикардиальная жировая ткань и ишемическая болезнь сердца

Согласно результатам многонационального рандомизированного исследования по атеросклерозу MESA (the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis), объем паракардиального жира является независимым предиктором ИБС [12]. Была выявлена взаимосвязь между объемом висцерального жира сердца и основными неблагоприятными кардиальными событиями (смерть от кардиальных причин, нефатальный ИМ, стенокардия, успешно проведенная кардиореанимация). В исследование были включены 1119 человек (972 человека без кардиальных событий с 2000 по 2005 г. и 147 человек с кардиальными событиями в течение 5 лет). Объем паракардиального жира в группе без кардиальных событий составил 79 ± 42 мл. Было определено, что без учета дополнительных критериев (антропометрические показатели, систолическое артериальное давление, общий холестерин, стаж курения, прием алкоголя, физическая активность, прием препаратов) увеличение объема паракардиального жира на 43,8 мл приводит к увеличению риска развития ИБС на 33%, а с учетом вышеперечисленных критериев – эквивалентно увеличению общего холестерина на 0,62 ммоль/л, или увеличению систолического артериального давления на 20 мм рт. ст., или увеличению стажа курения на 18 пачка/лет.

Особый интерес вызывает определение порогового значения объема висцеральной жировой ткани сердца для прогнозирования риска ИБС. Следует отметить значительную разницу в результатах исследований, в первую очередь, из-за различий в дизайне. В нескольких исследованиях оценивались значения объема жировой ткани по тертилям или квартилям [12, 13]. В одном исследовании оценивалось удвоение объема ЭЖТ [14]. Однако наиболее удобной представляется оценка по бинарному пороговому значению [15, 16]. Согласно этим исследованиям, пороговым значением объема висцеральной жировой ткани сердца следует считать 200 мл, отдельно для ЭЖТ – 125 мл. Эти же значения указываются в качестве рекомендованных в систематическом обзоре Медицинского университета Южной Каролины (США) о прогностической ценности количественного определения ЭЖТ [17]. Авторы обзора отмечают необходимость стандартизации категорий значений объема ЭЖТ по аналогии с градацией по индексу коронарного кальция.

Эпикардиальная жировая ткань и фибрилляция предсердий

Распространенность фибрилляции предсердий (ФП) в Российской Федерации за 8 лет увеличилась на 44% [18].

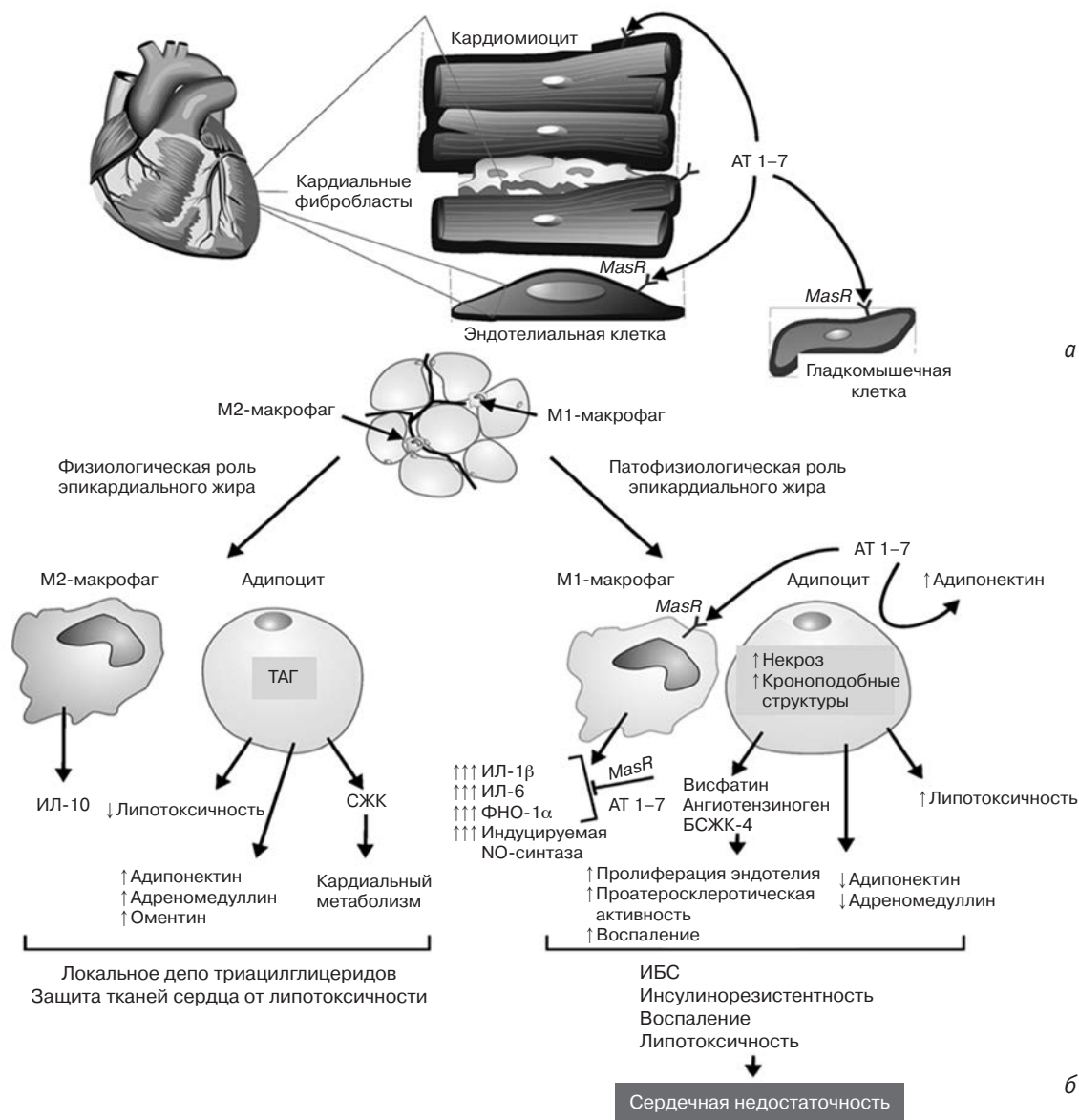


Рис. 1. Роль эпикардиальной жировой ткани (ЭЖТ) в физиологии и патофизиологии сердца [11]: схемы воздействия адипокинов ЭЖТ на основные кардиальные клетки на тканевом (а) и клеточном (б) уровнях.

AT 1-7: ангиотензин 1-7; MasR – Mas-рецептор; M1-макрофаги – CD11C+ классический активированный фенотип макрофагов; M2-макрофаги – CD206+ альтернативный активированный фенотип макрофагов; ТАГ – триацилглицерид; ИЛ – интерлейкин; ФНО-α – фактор некроза опухоли α; БСЖК-4 – белки, связывающие жирные кислоты в адипоцитах

Объем и толщина ЭЖТ могут быть эффективно использованы как предикторы развития ФП, а также для прогнозирования рецидива в период наблюдения [19]. Известен ряд теорий, объясняющих проаритмогенное действие ЭЖТ. По одной из теорий увеличение объема ЭЖТ ведет к инфильтрации адипоцитами миокарда предсердий [20]. В доказательство данной теории можно привести результаты большого популяционного исследования, в котором объем ЭЖТ независимо ассоциировался со временем проводимости предсердий при оценке с помощью длины P-волны [21]. В то же время ЭЖТ, благодаря своему анатомическому положению, может секретировать адипокины непо-

средственно в толщу миокарда предсердий и стимулировать развитие фиброза. В поддержку этой теории свидетельствуют данные о том, что секрет из человеческой ЭЖТ (но не из подкожной жировой ткани) имел выраженное профибротическое действие на миокард предсердий крысы [22].

Эпикардиальная жировая ткань и метаболический синдром

Метаболический синдром (МС) связан с абдоминальным ожирением, нарушением обмена липидов, воспалением, резистентностью к инсулину и диабетом [23]. Доказана роль МС в повышении риска развития сердечно-сосудистых заболева-

ний (ССЗ), включая СН и ИБС [24]. Объем ЭЖТ значительно увеличивается при ожирении и часто характеризуется гипертрофией адипоцитов, неспособностью хранить триглицериды, повышенным липолизом и развитием воспаления [25]. Ученые из Университета МакМастера (Гамильтон, Канада) выявили взаимосвязь толщины ЭЖТ по данным ЭхоКГ с резистентностью к инсулину у 246 пациентов с индексом массы тела (ИМТ) от 22 до 52 кг/м². Наибольшую чувствительность и специфичность показала толщина ЭЖТ, равная 9,5 мм – для мужчин и 7,5 мм – для женщин [26].

Паракардиальная жировая ткань может быть оценена по данным ЭхоКГ, КТ и МРТ. Разнообразие методов и вариантов оценки висцеральной жировой ткани сердца, а также появление новых, полностью автоматизированных решений снижают сложность ее измерения и открывают потенциал для включения этого параметра в рабочие клинические процессы.

Эхокардиография

ЭхоКГ – простой, доступный и неинвазивный метод визуализации висцерального жира сердца. В крупном чешском исследовании (the KardioVize Brno cohort study), включавшем 2160 пациентов (1% рандомно отобранных жителей города Брно (Чехия), возраст от 25 до 64 лет), изучалось влияние ЭЖТ на развитие ССЗ [27]. ЭЖТ определялась как гипо- или анэхогенное пространство между внешней стенкой миокарда и висцеральным слоем перикарда. Толщина ЭЖТ измерялась во время конечной систолы в течение трех сердечных циклов. ПЖТ определяли как максимальный диаметр гипоехогенного пространства между висцеральным перикардом и средостением. По результатам исследования из всех факторов риска развития ССЗ (ИМТ, площадь поверхности тела, отношение окружности талии к окружности бедер, липопротеины высокой и низкой плотности, триглицериды, гликированный гемоглобин, систолическое АД, диастолическое АД) только ИМТ коррелировал с толщиной ЭЖТ. В то же время профессором Г.А. Чумаковой и др. было доказано, что показатель толщины ЭЖТ является предиктором значимого коронарного атеросклероза у больных ИБС: чувствительность данного маркера составила 80,4%, специфичность – 67,6% (пороговое значение толщины – 6 мм) [5].

Был проведен ряд исследований для определения взаимосвязи толщины ЭЖТ, измеренной с помощью ЭхоКГ, с наличием атеросклеротических бляшек высокого риска (склонных к разрыву) [23, 24, 28]. В исследовании авторов из университетской клиники Окаямы (Япония) оценка бляшек проводилась с помощью КТ-коронарографии [29]. По результатам этого исследования толщина ЭЖТ

более 5,8 мм была достоверным предиктором наличия атеросклеротических бляшек высокого риска в коронарных артериях.

Однако следует иметь в виду, что ЭхоКГ не является оптимальным методом количественной оценки ЭЖТ, так как линейное измерение толщины не точно отражает общее количество ЭЖТ.

Компьютерная томография

Еще одним методом измерения висцерального жира сердца служит КТ. Учитывая ее высокое пространственное разрешение и низкие значения плотности жировой ткани, ЭЖТ легко идентифицируется по данным КТ, что позволяет точно измерять ее объем. Существует два принципа оценки висцерального жира сердца с помощью КТ – линейные измерения и объемная количественная оценка.

Метод линейных измерений использовался в недавнем исследовании С. Lim et al. [30]. В исследование были включены 373 бессимптомных пациента, которым выполняли как низкодозную КТ грудной клетки, так и КТ органов брюшной полости. Измерялись взаимно-перпендикулярные размеры ПЖТ в правом и левом кардиодиафрагмальных углах, а также ЭЖТ вокруг правой и левой коронарных артерий и коронарного синуса (рис. 2). Средние размеры ПЖТ и ЭЖТ были статистически больше у пациентов с МС по сравнению с группой пациентов без МС ($p < 0,001$). Эффективная доза облучения при исследовании грудной клетки составила от 1,23 до 1,44 мЗв. Полученные результаты при столь низкой дозе лучевой нагрузки, без сомнения, демонстрируют преимущество метода КТ. Однако в исследовании не сравнивали линейные размеры с данными объемов, поэтому полученные результаты могли быть довольно субъективными. Более того, в реальности форма висцеральной жировой ткани сердца многоугольная, и этот факт также мог повлиять на полученные результаты.

Вопрос неточности измерений может быть решен с помощью оценки объема. Объемная количественная оценка включает идентификацию границ сердца и перикарда, а затем отслеживание перикарда для разграничения ПЖТ и ЭЖТ. Это можно сделать вручную, с помощью полуавтоматического процесса, или полностью автоматически.

В исследовании I. Miyazawa et al., проводившемся на японской популяции, была выявлена взаимосвязь объема висцерального жира сердца с факторами риска развития атеросклероза [31]. В исследовании приняли участие 623 пациента без ССЗ в анамнезе. Каждому пациенту была проведена бесконтрастная КТ органов грудной клетки – дважды за период с 2006 по 2011 г. Исследователи выявили положительную корреляцию

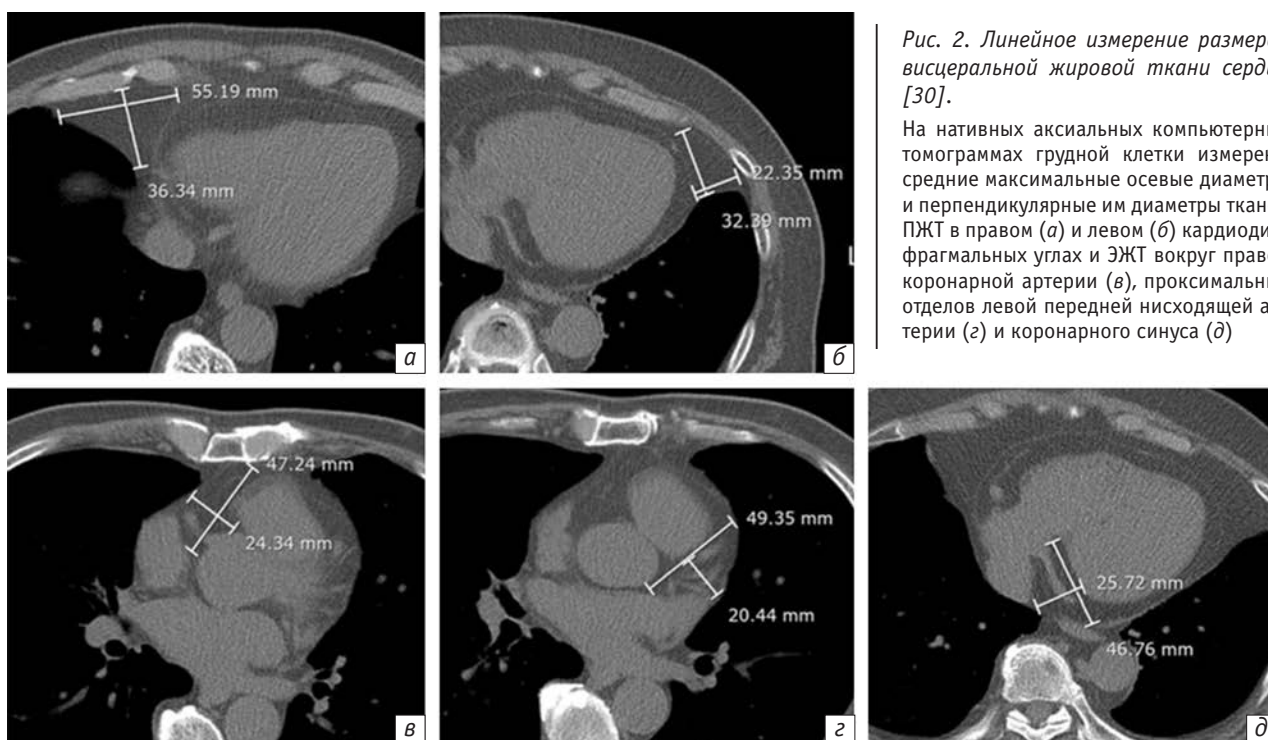


Рис. 2. Линейное измерение размеров висцеральной жировой ткани сердца [30].

На нативных аксиальных компьютерных томограммах грудной клетки измерены средние максимальные осевые диаметры и перпендикулярные им диаметры тканей ПЖТ в правом (а) и левом (б) кардиодиафрагмальных углах и ЭЖТ вокруг правой коронарной артерии (в), проксимальных отделов левой передней нисходящей артерии (г) и коронарного синуса (д)

объемов жира с возрастом, ЧСС, уровнем триглицеридов, весом, ИМТ и окружностью талии после измерений на первом КТ-исследовании. Важно отметить, что у курящих пациентов в среднем за 4,7 года средний показатель ПЖТ значительно увеличился (в среднем с 64,1 до 73,6 см³).

Полуавтоматический метод измерения объема висцерального жира предполагает ручную разметку контуров перикарда, затем жировая ткань по заданным границам единиц Хаунсфилда определяется с помощью специального программного обеспечения. Полуавтоматический метод удобен в использовании, однако занимает сравнительно много времени, что может создавать трудности в рутинной работе.

Выходом из этой проблемы может быть решение, предложенное американскими учеными F. Commandeur et al. [32]. Они представили нейронную сеть (convolutional neural network, ConvNet), которая в сочетании со специальной статистической моделью позволяет автоматически определять перикард, выделять и подсчитывать объемы ЭЖТ и ПЖТ. Эффективность модели была оценена на бесконтрастных ЭКГ-синхронизированных КТ у 250 бессимптомных пациентов. Получена высокая степень согласия между автоматическим и экспертным мануальным анализом как для ЭЖТ, так и для ПЖТ. Все вычисления для одного исследования выполнялись менее чем за 26 с. Таким образом, предлагаемый метод может использоваться в качестве инструмента для быстрого полностью автоматизированного количественного определения жировой ткани и может улучшить

стратификацию сердечно-сосудистых рисков у пациентов, прошедших ЭКГ-синхронизированную КТ грудной клетки.

Магнитно-резонансная томография

Висцеральная жировая ткань сердца может быть оценена с помощью МРТ. Учитывая исключительное разрешение изображения и высокую чувствительность МРТ к жировой ткани, измерение с помощью этого метода может быть наиболее точным.

При оценке точности измерения жира на МРТ с использованием фантомов в исследовании R. Homs et al. была продемонстрирована высокая степень согласия между размечающими исследователями (максимальная разница 6%) и отличная корреляция между измеренными значениями объема жира и реальными объемами (линейный коэффициент корреляции $R = 1,00$) [33]. В этом же исследовании был проведен сравнительный анализ точности измерения висцеральной жировой ткани сердца у 34 добровольцев с ИМТ от 14 до 42 кг/м² в возрасте от 21 года до 79 лет. Анализ результатов показал высокую степень согласия между исследователями (R более 0,99), а также статистически значимую разницу в объеме жировой ткани между группами пациентов с ИМТ менее 25 и более 25 кг/м².

Вопрос о наиболее точном методе измерения остается открытым. Ученые из Университета Аделаиды (Австралия) сравнили измеренные на МР-изображениях объемы висцерального жира сердца 11 овец с данными патолого-анатомических

образцов их сердец [34] и выявили сильную корреляцию между измеренными значениями и данными *ex vivo* ($R^2 = 0,89$, $p < 0,001$). Таким образом, доказана возможность использования неинвазивного неионизирующего метода МРТ для достаточно точной оценки висцерального жира сердца.

Перспективы дальнейших исследований

По результатам обзора публикаций можно сделать выводы о необходимости дальнейших исследований:

1) организация дополнительных рандомизированных исследований для определения пороговых значений объемов висцеральной жировой ткани сердца в зависимости от возраста и антропометрических показателей, а также для стандартизации категорий значений объемов по аналогии с градацией по индексу коронарного кальция;

2) сравнение точности измерений объемов висцерального жира сердца с помощью КТ и МРТ для решения вопроса о наиболее точном методе;

3) решение вопроса о возможности использования данных объемов в оценке терапии ИБС, СН и МС.

Заключение

Из-за анатомической близости к миокарду и паракринного эффекта ЭЖТ и ПЖТ оказывают значительное влияние на сердечную функцию. В ходе проведенной работы описана физиологическая и патофизиологическая роль висцеральной жировой ткани сердца. В обзоре представлены современные данные о корреляции и возможной взаимосвязи объемов висцеральной жировой ткани сердца с развитием ишемической болезни сердца, фибрилляции предсердий и метаболического синдрома. По данным ЭхоКГ, толщина ЭЖТ является достоверным предиктором наличия атеросклеротических бляшек высокого риска в коронарных артериях. Объем жировой ткани с высокой точностью может быть измерен с помощью КТ (ручная, полуавтоматическая и автоматическая методики). Ряд исследований доказали возможность использования МРТ для поставленных задач.

Литература [References]

1. Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Заболеваемость всего населения России в 2017 году. Статистические материалы. Часть IV. М.; 2018: 69–70. [Polikarpov A.V., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tyurina E.M., Os'kov Yu.I., Shelepova E.A. et al. Incidence of all population of Russia in 2017. Statistical materials. Part IV. Moscow; 2018: 69–70 (in Russ.).]
2. Rosen E.D., Spiegelman B.M. Adipocytes as regulators of energy balance and glucose homeostasis. *Nature*. 2006; 444: 847–53. DOI: 10.1038/nature05483
3. Bjorndal B., Burri L., Staalesen V., Skorve J., Berge R.K. Different adipose depots: their role in the development of metabolic syndrome and mitochondrial response to hypolipidemic agents. *J. Obes*. 2011; 2011: 1–15. DOI: 10.1155/2011/490650
4. Драпкина О.М., Корнеева О.Н., Драпкина Ю.С. Эпикардальный жир: нападающий или запасной? *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2013; 9 (3): 287–91. [Drapkina O.M., Korneeva O.N., Drapkina Yu.S. Epicardial fat: a striker or a spare? *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2013; 9 (3): 287–91 (in Russ.).]
5. Чумакова Г.А., Веселовская Н.Г., Гриценко О.В., Козаренко О.В., Субботан Е.А. Эпикардальное ожирение как фактор риска развития коронарного атеросклероза. *Кардиология*. 2013; 1: 51–5. [Chumakova G.A., Veselovskaya N.G., Gritsenko O.V., Kozarenko O.V., Subbotan E.A. Epicardial obesity as risk factor of development of coronary atherosclerosis. *Cardiology*. 2013; 1: 51–5 (in Russ.).]
6. Talman A.H., Psaltis P.J., Cameron J.D., Meredith I.T., Seneviratne S.K., Wong D.T. Epicardial adipose tissue: far more than a fat depot. *Cardiovasc. Diagn. Ther.* 2014; 4: 416–29. DOI: 10.3978/j.issn.2223-3652.2014.11.05
7. Patel V.B., Basu R., Oudit G.Y. ACE2/Ang 1-7 axis: a critical regulator of epicardial adipose tissue inflammation and cardiac dysfunction in obesity. *Adipocyte*. 2016; 5 (3): 306–11. DOI: 10.1080/21623945.2015.1131881
8. Iacobellis G., Bianco A.C. Epicardial adipose tissue: emerging physiological, pathophysiological and clinical features. *Trends Endocrinol. Metab.* 2011; 22: 450–7. DOI: 10.1016/j.tem.2011.07.003
9. Iacobellis G. Local and systemic effects of the multifaceted epicardial adipose tissue depot. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2015; 11: 363–71. DOI: 10.1038/nrendo.2015.58
10. Karmazyn M., Purdham D.M., Rajapurohitam V., Zeidan A. Signalling mechanisms underlying the metabolic and other effects of adipokines on the heart. *Cardiovasc. Res.* 2008; 79: 279–86. DOI: 10.1093/cvr/cvn115
11. Patel V.B., Shah S., Verma S., Oudit G.Y. Epicardial adipose tissue as a metabolic transducer: role in heart failure and coronary artery disease. *Heart Fail. Rev.* 2017; 22 (6): 889–902. DOI: 10.1007/s10741-017-9644-1
12. Ding J., Hsu F.C., Harris T.B., Liu Y., Kritchevsky S.B., Szklo M. et al. The association of pericardial fat with incident coronary heart disease: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Am. J. Clin. Nutr.* 2009; 90 (3): 499–504. DOI: 10.3945/ajcn.2008.27358
13. Britton K.A., Massaro J.M., Murabito J.M., Kreger B.E., Hoffmann U., Fox C.S. Body fat distribution, incident cardiovascular disease, cancer, and all-cause mortality. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 62: 921–5.
14. Mahabadi A.A., Berg M.H., Lehmann N., Kälsch H., Bauer M., Kara K. et al. Association of epicardial fat with cardiovascular risk factors and incident myocardial infarction in the general population: the Heinz Nixdorf Recall Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61: 1388–95.
15. Forouzanmehr F., Chang S.M., Muhyieddeen K., Zaid R.R., Trevino A.R., Xu J. et al. Does quantifying epicardial and intrathoracic fat with noncontrast computed tomography improve risk stratification beyond calcium scoring alone? *Circ. Cardiovasc. Imag.* 2013; 6 (1): 58–66.
16. Cheng V.Y., Dey D., Tamarappoo B., Nakazato R., Gransar H., Miranda-Peats R., Ramesh A. et al. Pericardial fat burden on ECG-gated noncontrast CT in asymptomatic patients who subsequently experience adverse cardiovascular events. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imag.* 2010; 3: 352–60.

17. Spearman J.V., Renker M., Schoepf U.J., Krazinski A.W., Herbert T.L., De Cecco C.N. et al. Prognostic value of epicardial fat volume measurements by computed tomography: a systematic review of the literature. *Eur. Radiol.* 2015; 25 (11): 3372–81. DOI: 10.1007/s00330-015-3765-5
18. Колбин А.С., Мосикян А.А., Татарский Б.А. Социально-экономическое бремя фибрилляции предсердий в России: динамика за 7 лет (2010–2017 годы). *Вестник аритмологии*. 2018; 92: 42–8.
[Kolbin A.S., Mosikyan A.A., Tatarskiy B.A. Socioeconomic burden of atrial fibrillations in Russia: seven-year trends (2010–2017). *Journal of Arrhythmology*. 2018; 92: 42–8 (in Russ.).]
19. Dereli S., Bayramoglu A., Yontar O.C., Cersit S., Gursoy M.O. Epicardial fat thickness: a new predictor of successful electrical cardioversion and atrial fibrillation recurrence. *Echocardiography*. 2018; 35 (2): 1926–31. DOI: 10.1111/echo.14178
20. Mahajan R., Lau D.H., Brooks A.G., Shipp N.J., Manavis J., Wood J. Electrophysiological, electroanatomical and structural remodeling of the atria as a consequence of sustained obesity. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2015; 66 (1): 1–11. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.04.058
21. Friedman D.J., Wang N., Meigs J.B., Hoffmann U., Massaro J.M., Fox C.S. et al. Pericardial fat is associated with atrial conduction: the Framingham Heart Study. *J. Am. Heart Assoc.* 2014; 3 (2): 1–10. DOI: 10.1161/jaha.113.000477
22. Venteclef N., Guglielmi V., Balse E., Gaborit B., Cotillard A., Atassi F. et al. Human epicardial adipose tissue induces fibrosis of the atrial myocardium through the secretion of adipofibrokinases. *Eur. Heart J.* 2013; 36: 795–805. DOI: 10.1093/eurheartj/ehd099
23. Despres J.P., Lemieux I. Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*. 2006; 444: 881–7. DOI: 10.1038/nature05488
24. Gupta P.P., Fonarow G.C., Horwich T.B. Obesity and the obesity paradox in heart failure. *Can. J. Cardiol.* 2015; 31: 195–202. DOI: 10.1016/j.cjca.2014.08.004
25. Vianello E., Dozio E., Arnaboldi F., Marazzi M.G., Martinelli C., Lamont J. et al. Epicardial adipocyte hypertrophy: association with M1-polarization and toll-like receptor pathways in coronary artery disease patients. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2016; 26: 246–53. DOI: 10.1016/j.numecd.2015.12.005
26. Iacobellis G., Willens H.J., Barbaro G., Sharma A.M. Threshold values of high-risk echocardiographic epicardial fat thickness. *Obesity*. 2008; 16 (4): 887–92. DOI: 10.1038/oby.2008.6
27. Hruskova J., Maugeri A., Podrouzkova H., Stipalova T., Jakubik J., Barchitta M. et al. Association of cardiovascular health with epicardial adipose tissue and intima media thickness: the kardioviz study. *J. Clin. Med.* 2018; 7 (5). DOI: 10.3390/jcm7050113
28. Tachibana M., Miyoshi T., Osawa K., Toh N., Oe H., Nakamura K. et al. Measurement of epicardial fat thickness by transthoracic echocardiography for predicting high-risk coronary artery plaques. *Heart Vessels*. 2016; 31: 1758–66. DOI: 10.1007/s00380-016-0802-5
29. Park J.S., Choi S.Y., Zheng M., Yang H.M., Lim H.S., Choi B.J. et al. Epicardial adipose tissue thickness is a predictor for plaque vulnerability in patients with significant coronary artery disease. *Atherosclerosis*. 2013; 226: 134–9. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.11.001
30. Lim C., Ahn M.I., Jung J.I., Beck K.S. Simple quantification of paracardial and epicardial fat dimensions at low-dose chest CT: correlation with metabolic risk factors and usefulness in predicting metabolic syndrome. *Jpn J. Radiol.* 2018; 36 (9): 528–36. DOI: 10.1007/s11604-018-0752-1
31. Miyazawa I., Ohkubo T., Kadowaki S., Fujiyoshi A., Hisamatsu T., Kadota A. et al.; SESSA Research Group. Change in pericardial fat volume and cardiovascular risk factors in a general population of Japanese men. *Circ. J.* 2018; 82 (10): 2542–8. DOI: 10.1253/circj.CJ-18-0153
32. Commandeur F., Goeller M., Betancur J., Cadet S., Doris M., Chen X. et al. Deep learning for quantification of epicardial and thoracic adipose tissue from non-contrast CT. *IEEE Trans. Med. Imaging*. 2018; 37 (8): 1835–46. DOI: 10.1109/tmi.2018.2804799
33. Homsí R., Meier-Schroers M., Gieseke J., Dabir D., Luetkens J.A., Kuetting D.L. et al. 3D-Dixon MRI based volumetry of peri- and epicardial fat. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2016; 32 (2): 291–9. DOI: 10.1007/s10554-015-0778-8
34. Nelson A.J., Worthley M.I., Psaltis P.J., Carbone A., Dundon B.K., Duncan R.F. et al. Validation of cardiovascular magnetic resonance assessment of pericardial adipose tissue volume. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2009; 11: 1–8. DOI: 10.1186/1532-429X-11-15

Сведения об авторах | Information about the authors

Чернина Валерия Юрьевна*, мл. науч. сотр., ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; orcid.org/0000-0002-0302-293X

E-mail: chernina909@gmail.com

Морозов Сергей Павлович, д. м. н., профессор, директор, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; orcid.org/0000-0001-6545-6170

Низовцова Людмила Арсеньевна, д. м. н., профессор, вед. науч. сотр., ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

Блохин Иван Андреевич, мл. науч. сотр., ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; orcid.org/0000-0002-2681-9378

Ситдииков Денис Илдусович, студент лечебного факультета, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России; orcid.org/0000-0002-6389-0325

Гомболевский Виктор Александрович, к. м. н., руководитель отдела развития качества радиологии ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; orcid.org/0000-0003-1816-1315

Valerya Yu. Chernina*, Junior Researcher, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health of Moscow; orcid.org/0000-0002-0302-293X

E-mail: chernina909@gmail.com

Sergey P. Morozov, Dr. Med. Sc., Professor, Director, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health of Moscow; orcid.org/0000-0001-6545-6170

Lyudmila A. Nizovtsova, Dr. Med. Sc., Professor, Leading Researcher, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health of Moscow

Ivan A. Blokhin, Junior Researcher, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health of Moscow; orcid.org/0000-0002-2681-9378

Denis I. Sitdikov, Student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; orcid.org/0000-0002-6389-0325

Viktor A. Gombolevskiy, Cand. Med. Sc., Head of Department of Development of Quality of Radiology, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health of Moscow; orcid.org/0000-0003-1816-1315