



## ИНДЕКС НАКОПЛЕНИЯ ЛИПИДОВ (LIPID ACCUMULATION PRODUCT, LAP) – СОВРЕМЕННЫЙ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИЙ МАРКЕР ОЖИРЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

А.М. Канева, Е.Р. Бойко

Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Россия, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 50

*Ожирение является важной медико-социальной проблемой, поскольку представляет серьезную угрозу для здоровья населения вследствие частого развития тяжелых сопутствующих заболеваний. Самым опасным видом ожирения считается висцеральное ожирение. Своевременная диагностика висцерального ожирения как на скрининговых осмотрах условно здорового населения, так и у лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями становится важным направлением как первичной, так и вторичной профилактики.*

*В обзоре рассматривается современный маркер висцерального ожирения – индекс накопления липидов (lipid accumulation product – LAP). Этот индекс, предложенный H.S. Kahn в 2005 г., рассчитывается на основании двух переменных – обхвата талии (см) и уровня триглицеридов (ммоль/л), измеренного натощак. Одновременное использование биохимического и антропометрического показателей при расчете индекса LAP позволяет не только оценивать характер распределения жира в организме, но и отражать функциональное состояние жировой ткани.*

*Индекс LAP широко используется в качестве маркера метаболических нарушений (метаболического синдрома, диабета, инсулинорезистентности, неалкогольной жировой болезни печени) и предиктора сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, индекс LAP, обладая способностью идентифицировать фенотип ожирения, позволяет проводить градацию среди людей с избыточным весом на «метаболически здоровых» и «метаболически больных», а среди лиц с нормальным весом выявлять пациентов с метаболическим ожирением. Во многих исследованиях продемонстрировано, что индекс LAP обладает хорошим диагностическим и прогностическим потенциалом в отношении метаболических и сердечно-сосудистых заболеваний и является более точным маркером кардиометаболического риска, чем общепринятые антропометрические показатели. В обзоре представлены диапазоны варьирования, половые и возрастные особенности значений индекса LAP, а также характер и степень их изменения при ряде заболеваний. Освещены преимущества и недостатки применения индекса LAP на практике.*

**Ключевые слова:** индекс накопления липидов (LAP), обхват талии, триглицериды, индекс массы тела, ожирение, метаболический синдром, сердечно-сосудистые заболевания.

Впервые термин «lipid accumulation product» (LAP) упоминается в работах H.S. Kahn [1, 2], в которых данный индекс рассматривался в качестве маркера избыточного накопления липидов у взрослых. Вычисление индекса LAP основано на двух простых показателях – обхвата талии и содержании триглицеридов в плазме крови натощак. Предложенные формулы для расчета индекса LAP выглядят следующим образом [3]:

$$\text{LAP для мужчин} = (\text{ОТ} - 65) \cdot \text{ТГ},$$

$$\text{LAP для женщин} = (\text{ОТ} - 58) \cdot \text{ТГ}, \quad (1)$$

где ОТ – обхват талии (см), ТГ – триглицериды (ммоль/л), 65 и 58 – минимальные обхваты талии у мужчин и женщин, полученные в популяционном исследовании.

Идея введения индекса LAP в практику основана на ранее опубликованных исследованиях [4, 5], установивших, что сочетание увеличенной окружности талии с повышенным содержанием триглицеридов указывает на риск развития метаболических заболеваний у человека. Однако в этих исследованиях окружность талии и содержание триглицеридов рассматривались в виде дихотомических показателей (норма и выше нормы). Тогда как вычисление индекса LAP позволяет получать количественные (непрерывные) величины, что дает более широкие возможности для аналитической обработки и интерпретации полученных данных.

Индекс LAP одновременно отражает анатомические и биохимические изменения, связанные с избыточным накоплением липидов у взрослых [3]. Повышение содержания жира в организме, как правило,

© Канева А.М., Бойко Е.Р., 2019

**Канева Анастасия Михайловна** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии (e-mail: amkaneva@mail.ru; тел.: 8 (8212) -24-14-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-4300>).

**Бойко Евгений Рафаилович** – доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: boiko60@inbox.ru; тел.: 8 (8212) -24-14-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-898X>).

приводит к ожирению. Ожирение рассматривается как избыток массы тела, который обычно оценивают по индексу массы тела (ИМТ). Однако ИМТ, являясь показателем отношения веса к росту человека, не учитывает тип телосложения, соотношение жировой и мышечной массы в организме, распределение жировой ткани, что значительно снижает его ценность для объективной оценки избыточности веса. Так, в исследовании, в котором приняли участие 1400 человек, были установлены значительные несоответствия между способами определения ожирения с помощью ИМТ и рентгеновской абсорбциометрией [6].

Неблагоприятные последствия ожирения связаны не столько с общим количеством жира в организме, сколько с особенностями его распределения. Выделяют три типа жировой ткани: подкожная жировая клетчатка, глубокий (подфасциальный) жировой слой, висцеральная жировая ткань. Избыточное скопление жировой ткани в верхней половине туловища и на животе приводит к абдоминальному ожирению. В свою очередь абдоминальное ожирение делится на висцеральное и подкожно-абдоминальное. Наиболее опасным типом ожирения считается абдоминальное, развивающееся на фоне чрезмерного увеличения висцеральной жировой ткани. При таком ожирении избыток висцерального жира сдавливает внутренние органы, провоцирует нарушения их функций, ухудшение кровообращения и лимфотока. Кроме того, висцеральная жировая ткань отличается от подкожной жировой клетчатки по типу адипоцитов, их эндокринной функции, липолитической активности, чувствительности к инсулину и другим гормонам. Висцеральная жировая ткань, обладая высокой липолитической активностью, способствует избыточному поступлению в портальную венозную систему и периферический кровоток большого количества свободных жирных кислот, что, в свою очередь, обуславливает развитие гипертриглицеридемии и атерогенной дислипидемии, инсулинорезистентности, гипергликемии и гиперинсулинемии [7, 8]. Наиболее простой метод косвенного определения абдоминального типа ожирения состоит в антропометрическом измерении окружности талии. Однако измерение окружности талии не позволяет определить тип абдоминального ожирения [9, 10]. Тогда как совместное использование значений окружности талии и содержания триглицеридов в формуле для вычисления индекса LAP обеспечивает возможность применения этого индекса в качестве маркера метаболических нарушений, абдоминально-висцерального ожирения и связанных с ним заболеваний.

Индекс LAP широко используется в качестве маркера метаболического синдрома [11, 12], инсулинорезистентности [13, 14], диабета [15], неалкогольной жировой болезни печени [16, 17], гормональных нарушений [18, 19], а также риска развития гипертензии [20, 21], инсульта [22], почечной дисфункции [23, 24] и сердечно-сосудистых забо-

леваний [25]. Также данный индекс успешно применяется для идентификации лиц с высоким метаболическим риском при некоторых заболеваниях (псориазе, синдроме поликистозных яичников, гипосоматотропизме) [18, 26, 27]. Кроме того, обнаружена связь индекса LAP с атерогенностью липидного профиля крови и размерами липопротеинов [28], вязкостью крови [29], показателями давления [30, 31], геометрией левого желудочка [32], концентрацией тиреотропного гормона [33], употреблением алкоголя [34, 35], курением [36], уровнем физической активности [37, 38], уровнем аланинаминотрансферазы [39], воспалительными биомаркерами и адипонектином [40], а также с показателями общей смертности [41].

Значения индекса LAP варьируются в широком диапазоне. Среди популяционных исследований наибольшие изменения показателей индекса LAP зафиксированы у жителей Ирана (от 0,62 до 570,26 см.ммоль/л у мужчин ( $n = 3682$ ) и от 0,56 до 620,39 см.ммоль/л у женщин ( $n = 4989$ )) [42]. Широкий размах значений индекса LAP также отмечался у жителей Кении (от 0 до 388,87 см.ммоль/л у мужчин ( $n = 255$ ) и от 3,30 до 205,54 см.ммоль/л у женщин ( $n = 273$ )) [43], у возрастных мужчин (50–75 лет,  $n = 313$ ) Польши (от 7,36 до 338,97 см.ммоль/л) [19] и у молодых женщин (до 40 лет,  $n = 2810$ ) Кореи (от 0 до 252,0 см.ммоль/л) [44]. Однако значительно более широкие границы варьирования значений индекса LAP характерны для пациентов с сердечно-сосудистой патологией (0,8–1020 см.ммоль/л у мужчин ( $n = 3604$ ) и 0,7–1020 см.ммоль/л у женщин ( $n = 2320$ )) [41].

Согласно одним исследованиям, значения индекса LAP выше у мужчин, чем у женщин [29, 33], тогда как в других исследованиях, напротив, отмечается, что более высокие показатели этого индекса характерны для женщин [45, 46] (табл. 1). Ряд авторов заявляет об отсутствии половых различий в значениях индекса LAP [13, 43].

Учитывая большой разброс и несогласованность данных, выявить возрастные особенности изменений значений индекса LAP по результатам разных исследований не представляется возможным. Между тем изучению возрастной динамики значений индекса LAP посвящено лишь несколько работ, которые к тому же кардинально отличаются по дизайну исследований. Исследование I. Wakabayashi [47] проводилось на мужчинах ( $n = 35\,684$ ) и женщинах ( $n = 18\,793$ ), которых разделили на четыре возрастные группы (35–39, 40–49, 50–59 и 60–70 лет). Было установлено, что значения индекса LAP у женщин с возрастом повышались, тогда как у мужчин максимальные значения отмечались в 40–49 лет, а после снижались. Такая неоднозначная возрастная динамика показателей у мужчин и женщин приводила к тому, что значения индекса LAP у женщин были ниже, чем у мужчин в более

Таблица 1

Сравнительная оценка значений индекса LAP у мужчин и женщин согласно данным литературы

Источник	Страна	Индекс LAP (см.ммоль/л)				p
		мужчины		женщины		
		M ± SD или Me (25 %; 75 %)	n	M ± SD или Me (25 %; 75 %)	n	
C. Xia et al., 2012 [13]	Китай	25,96 (14,2; 41,97)	1510	23,99 (13,09; 40,12)	1014	0,074
G. Omuse et al., 2017 [43]	Кения	29,52 (40,95) #	255	23,97 (29,69) #	273	0,055
I. Wakabayashi, 2014 [47]	Япония	23,7 (12,1; 44,0)	35684	16,4 (8,9; 30,1)	18793	<0,01
Y. Chen et al., 2018 [33]	Китай	26,69 (34,72)	3786	22,88 (29,46)	4941	<0,001
C. Tripolino et al., 2017 [29]	Италия	42,7 ± 28,5	193	29,1 ± 16,1	151	<0,001
M.M. Abulmeaty et al., 2017 [46]	Саудовская Аравия	62,17 ± 54,64	167	77.37 ± 60.78	223	0,044
J.K. Chiang et al., 2012 [48]	Тайвань	23,0 ± 23,2	266	28,6 ± 19,3	247	0,001
H. Wang et al., 2018 [32]	Китай	21,95 (10,71; 43,60)	5179	28,31 (16,17; 50,95)	6079	<0,001
N. Motamed et al., 2016 [45]	Иран	47,34 ± 45,55	3281	58,73 ± 52,86	2516	<0,001

Примечание: данные представлены в виде средней и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ) или медианы и 25 % и 75 % процентилей (Me (25 %; 75 %)); # – данные показаны как медиана и интерквартильный размах.

молодых возрастных группах, но выше в пожилом возрасте. В работе H.S. Kahn et al. [49] представлены средние показатели индекса LAP для двух возрастных групп (18–44 и 45–64 лет), которые составили 28,8 (15,6; 56,6) и 50,2 (30,2; 84,9) см.ммоль/л у мужчин и 20,8 (11,5; 38,4) и 47,6 (25,3; 82,8) см.ммоль/л у женщин. Сходная возрастная динамика значений индекса LAP отмечается в исследованиях S.H. Fu et al. [50] и H. Joshi et al. [51]. Средние показатели индекса LAP у жителей Китая моложе 60 лет ( $n = 694$ ) равнялись 35,92 (20,33; 61,74) см.ммоль/л, а у лиц старше 60 лет ( $n = 846$ ) значительно увеличивались ( $p = 0,001$ ) до 41,55 (25,90; 66,13) см.ммоль/л [50]. У жителей Индии в группе молодых лиц (до 40 лет,  $n = 1180$ ) индекс LAP составил  $21,43 \pm 14,34$  см.ммоль/л, а в старшей возрастной группе (после 40 лет,  $n = 1003$ ) –  $31,42 \pm 18,11$  см.ммоль/л [51]. Таким образом, на основании результатов вышеприведенных исследований можно сделать вывод, что значения индекса LAP с возрастом, как правило, повышаются. Очевидно, это связано с тем, что показатели обхвата талии и содержания триглицеридов, которые используются при вычислении индекса LAP, также имеют тенденцию к увеличению с возрастом.

Среди исследований, изучающих взаимосвязь индекса LAP с различными заболеваниями, значительная часть посвящена метаболическому синдрому. В этих работах определяли диагностическую мощность (чувствительность, специфичность, положительную и отрицательную прогностические ценности) индекса LAP в прогнозировании данного заболевания и установили, что он является «идеальным» маркером для идентификации метаболического синдрома [45, 48, 52, 53]. При этом в ряде исследований было установлено, что индекс LAP является более точным предиктором метаболических нарушений по сравнению с антропометрическими измерениями (ИМТ, обхват талии) [11, 13, 45, 54]. Тем не менее некоторые исследователи рекомендуют не переоценивать прогностическую значимость

индекса LAP в отношении метаболического синдрома. При его вычислении используются показатели обхвата талии и содержания триглицеридов, которые также являются ключевыми компонентами метаболического синдрома, что может обуславливать внутреннюю связь между индексом и этим заболеванием [55]. Кроме того, имеются сведения об отсутствии преимуществ индекса LAP в сравнении с антропометрическими показателями при прогнозировании метаболических заболеваний [56, 57].

Отмечается зависимость диагностической точности индекса LAP от пола и возраста. Ряд исследователей выявлял более высокую связь значений индекса LAP с риском заболеваний у женщин по сравнению с мужчинами [47, 58]. Для обоих полов диагностическая точность индекса LAP при идентификации диабета и неалкогольной жировой болезни печени значительно выше у молодых, чем у возрастных лиц [17, 47]. Напротив, точность индекса LAP в качестве маркера висцерального ожирения выше у пожилых людей [59].

Несмотря на то что в настоящее время индекс LAP широко используется для оценки кардиоваскулярного и метаболического рисков, общепринятого норматива для данного индекса не существует. В работах, как правило, рассчитываются оптимальные пороговые значения индекса LAP для прогнозирования риска развития заболеваний на основе ROC-кривых (Receiver Operator Characteristic). Этот метод позволяет определять пороговое значение, которое является наиболее адекватной точкой отделения одной диагностируемой группы от другой. Однако получаемые для каждого конкретного заболевания величины оптимальных пороговых значений индекса LAP сильно разнятся между исследованиями, это связано с отличием изучаемых популяций по полу, возрасту, этнической принадлежности и состоянию здоровья.

Значительная вариация наблюдается и для средних показателей индекса LAP при различных заболеваниях (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения индекса LAP при различных заболеваниях согласно данным литературы

Источник, заболевание	Страна	Пол	Индекс LAP (см.ммоль/л)			
			контроль		опыт	
			$M \pm SD$ или $Me$ (25 %; 75 %)	$n$	$M \pm SD$ или $Me$ (25 %; 75 %)	$n$
R. Li et al., 2018 [12]; метаболический синдром	Китай	м + ж	21,58 $\pm$ 15,04	617	53,47 $\pm$ 30,22	375
Y.L. Cheng et al., 2017 [60]; метаболический синдром	Тайвань	м + ж	23,61 $\pm$ 18,57	21233	64,22 $\pm$ 43,52	8564
M. Mazidi et al., 2018 [14]; инсулинорезистентность	США	м + ж	53,3 $\pm$ 0,6	17403	127,2 $\pm$ 0,5	915
N. Kavaric et al., 2018 [57]; сахарный диабет 2-го типа	Черногория	м + ж	44,34 (38,14; 51,53)	119	82,87 (76,69; 90,73)	180
H. Dai et al., 2017 [17]; неалкогольная жировая болезнь печени	Китай	м/ж	23,7 $\pm$ 22,0 16,6 $\pm$ 15,5	10266 18043	62,4 $\pm$ 59,7 49,4 $\pm$ 41,2	8070 4080
H. Wang et al., 2017 [61]; ишемический инсульт	Китай	м/ж	35,24 (21,78; 42,93) 40,19 (15,93; 49,49)	5087 5904	43,49 (29,76; 50,27) 65,21 (31,51; 88,64)	166 188
R. Li et al., 2017 [58]; атеросклеротический стеноз внутричерепных сосудов	Китай	м/ж	31,73 $\pm$ 36,73 37,03 $\pm$ 25,65	339 411	32,83 $\pm$ 28,74 45,99 $\pm$ 37,85	56 39
H. Wang et al., 2018 [21]; гипертензия	Китай	м/ж	17,10 (8,45; 34,35) 21,79 (12,86; 38,13)	2326 3130	27,46 (13,98; 51,38) 37,27 (21,78; 64,04)	2732 2952
N. Rashid et al., 2017 [62]; синдром поликистоза яичников	Индия	ж	25,77 $\pm$ 14,13	45	40,37 $\pm$ 22,17	95
S. Ganguly et al., 2018 [26]; псориаз	Индия	м + ж	23,79 $\pm$ 13,02	42	46,42 $\pm$ 27,2	40
L. Chan et al., 2016 [18]; гипосоматотропизм	Китай	м + ж	21,30 (10,35; 32,48)	75	43,93 (18,74; 69,31)	75

Примечание: данные представлены в виде средней и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ) или медианы и 25 % и 75 % перцентилей ( $Me$  (25 %; 75 %)).

В России индекс LAP используется редко. Вычисление индекса проводилось в одном крупномасштабном исследовании – «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации» (ЭССЕ-РФ), проведенного в 2012–2014 гг. в 13 регионах Российской Федерации [63, 64], а также в нескольких клинических исследованиях [65, 66]. Согласно данным исследования ЭССЕ-РФ, охватывающего 20 878 человек в возрасте 25–64 лет (8058 мужчин и 12 820 женщин), средние значения индекса LAP у лиц без ишемической болезни сердца и сахарного диабета составили  $45,5 \pm 0,88$  и  $35,4 \pm 0,31$  см.ммоль/л у мужчин и женщин соответственно.

Преимуществом индекса LAP по сравнению с другими антропометрическими показателями является то, что он обеспечивает идентификацию фенотипа ожирения. Так, использование индекса LAP позволяет проводить градацию среди людей с избыточным весом на «метаболически здоровых» и «метаболически больных» [67]. В то же время среди лиц, имеющих нормальный вес, индекс LAP способствует выявлению пациентов с метаболическим ожирением [68].

При метаболически здоровом ожирении чрезмерное накопление жировых отложений не приводит к неблагоприятным метаболическим эффектам, таким как инсулинорезистентность, нарушение толерантности к глюкозе, дислипидемия и гипертония. По данным литературы, в Европе распространенность метаболически здорового ожирения составляет от 10 до 45 % среди лиц с ожирением [69]. Точная диагностика фенотипа

ожирения может способствовать правильному выбору комплекса терапевтических мероприятий, направленных на снижение веса. В то же время раннее выявление метаболически «нездоровых» людей с нормальной массой тела может значительно улучшить эффективность прогнозирования и предотвращения развития диабета и сердечно-сосудистых заболеваний.

Таким образом, индекс LAP является маркером, отражающим совместные анатомические и биохимические изменения, связанные с избыточным накоплением липидов в организме. Это делает его удобным инструментом для выявления предрасположенности к метаболическим и сердечно-сосудистым заболеваниям. Индекс LAP прост в использовании, не требует дорогостоящих лабораторных тестов и должен быть включен в лабораторный скрининг как ранний, точный и недорогой предиктор метаболического риска. Тем не менее диагностическая значимость, информативность и возможности практического использования индекса LAP для оценки избыточного накопления липидов в организме еще требуют дальнейшего изучения. Из слабых сторон индекса LAP можно отметить низкую сопоставимость результатов, полученных в разных исследованиях, отсутствие нормативов его оценки и трудность интерпретации данных на индивидуальном уровне.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках проекта № 18-7-8-7 (№ ГР АААА-А18-118012290366-9) по программе ФНИ на 2018–2020 гг.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

1. Kahn H.S. Estimating adult metabolic risk from a lipid accumulation product // *Am. J. Epidemiol.* – 2004. – Vol. 159, № 11. – P. 14.
2. Kahn H.S. The lipid accumulation product is better than body mass index for identifying diabetes // *Am. J. Epidemiol.* – 2005. – Vol. 161, № 11. – P. 51.
3. Kahn H.S. The «lipid accumulation product» performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population-based comparison // *BMC Cardiovasc. Disord.* – 2005. – Vol. 5. – P. 26. DOI: 10.1186/1471-2261-5-26
4. Hypertriglyceridemic waist: A marker of the atherogenic metabolic triad (hyperinsulinemia; hyperapolipoprotein B; small, dense LDL) in men? / I. Lemieux, A. Pascot, C. Couillard, B. Lamarche, A. Tchernof, N. Almeras [et al.] // *Circulation.* – 2000. – Vol. 102, № 2. – P. 179–184.
5. Kahn H.S., Valdez R. Metabolic risks identified by the combination of enlarged waist and elevated triacylglycerols // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2003. – Vol. 78, № 5. – P. 928–934. DOI: 10.1093/ajcn/78.5.928
6. Shah N.R., Braverman E.R. Measuring adiposity in patients: the utility of body mass index (BMI), percent body fat, and leptin // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, № 4. – P. e33308. DOI: 10.1371/journal.pone.0033308
7. Ibrahim M.M. Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences // *Obes. Rev.* – 2010. – Vol. 11, № 1. – P. 11–18. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2009.00623.x
8. Ebbert J.O., Jensen M.D. Fat depots, free fatty acids, and dyslipidemia // *Nutrients.* – 2013. – Vol. 5, № 2. – P. 498–508. DOI: 10.3390/nu5020498
9. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk / J.P. Després, I. Lemieux, J. Bergeron, P. Pibarot, P. Mathieu, E. Larose [et al.] // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* – 2008. – Vol. 28, № 6. – P. 1039–1049. DOI: 10.1161/ATVBAHA.107.159228
10. Comparison of anthropometric indices for predicting the risk of metabolic syndrome and its components in Chinese adults: a prospective, longitudinal study / H. Wang, A. Liu, T. Zhao, X. Gong, T. Pang, Y. Zhou [et al.] // *BMJ Open.* – 2017. – Vol. 7, № 9. – P. e016062. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-016062
11. Ray L., Ravichandran K., Nanda S.K. Comparison of lipid accumulation product index with body mass index and waist circumference as a predictor of metabolic syndrome in Indian population // *Metab. Syndr. Relat. Disord.* – 2018. – Vol. 16, № 5. – P. 240–245. DOI: 10.1089/met.2017.0119
12. Clinical surrogate markers for predicting metabolic syndrome in middle-aged and elderly Chinese / R. Li, Q. Li, M. Cui, Z. Yin, L. Li, T. Zhong [et al.] // *J. Diabetes Investig.* – 2018. – Vol. 9, № 2. – P. 411–418. DOI: 10.1111/jdi.12708
13. Lipid accumulation product is a powerful index for recognizing insulin resistance in non-diabetic individuals / C. Xia, R. Li, S. Zhang, L. Gong, W. Ren, Z. Wang, Q. Li // *Eur. J. Clin. Nutr.* – 2012. – Vol. 66, № 9. – P. 1035–1038. DOI: 10.1038/ejcn.2012.83
14. Lipid accumulation product and triglycerides/glucose index are useful predictors of insulin resistance / M. Mazidi, A.P. Kengne, N. Katsiki, D.P. Mikhailidis, M. Banach // *J. Diabetes Complications.* – 2018. – Vol. 32, № 3. – P. 266–270. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2017.10.007
15. Wakabayashi I., Daimon T. A strong association between lipid accumulation product and diabetes mellitus in Japanese women and men // *J. Atheroscler. Thromb.* – 2014. – Vol. 21, № 3. – P. 282–288. DOI: 10.5551/jat.20628
16. A simple index of lipid overaccumulation is a good marker of liver steatosis / G. Bedogni, H.S. Kahn, S. Bellentani, C. Tiribelli // *BMC Gastroenterol.* – 2010. – Vol. 10. – P. 98. DOI: 10.1186/1471-230X-10-98
17. Lipid accumulation product is a powerful tool to predict non-alcoholic fatty liver disease in Chinese adults / H. Dai, W. Wang, R. Chen, Z. Chen, Y. Lu, H. Yuan // *Nutr. Metab. (Lond).* – 2017. – Vol. 14. – P. 49. DOI: 10.1186/s12986-017-0206-2
18. Lipid accumulation product: a simple and accurate index for predicting metabolic syndrome in patients with adult growth hormone deficiency / L. Chan, H. Xue, Z. Xiaoya, X. Jiajia, R. Wei, L. Linman [et al.] // *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* – 2016. – Vol. 124, № 4. – P. 220–224. DOI: 10.1055/s-0035-1569402
19. Lipid accumulation product (LAP) as an index of metabolic and hormonal disorders in aging men / I. Rotter, A. Rył, A. Szylińska, W. Pawlukowska, A. Lubkowska, M. Laszczyńska // *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* – 2017. – Vol. 125, № 3. – P. 176–182. DOI: 10.1055/s-0042-116071
20. Comparison of lipid accumulation product with body mass index as an indicator of hypertension risk among Mongolians in China / X. Gao, G. Wang, A. Wang, T. Xu, W. Tong, Y. Zhang // *Obes. Res. Clin. Pract.* – 2013. – Vol. 7, № 4. – P. 308–314. DOI: 10.1016/j.orcp.2012.02.002
21. Validity of cardiometabolic index, lipid accumulation product, and body adiposity index in predicting the risk of hypertension in Chinese population / H. Wang, Y. Chen, G. Sun, P. Jia, H. Qian, Y. Sun // *Postgrad. Med.* – 2018. – Vol. 130, № 3. – P. 325–333. DOI: 10.1080/00325481.2018.1444901
22. Lipid accumulation product and hypertension related to stroke: a 9.2-year prospective study among Mongolians in China / C. Zhong, W. Xia, X. Zhong, T. Xu, H. Li, M. Zhang [et al.] // *J. Atheroscler. Thromb.* – 2016. – Vol. 23, № 7. – P. 830–838. DOI: 10.5551/jat.33514
23. Visceral adiposity and renal function: an observational study from SPECT-China / K. Zhang, Q. Li, Y. Chen, N. Wang, Y. Lu // *Lipids Health Dis.* – 2017. – Vol. 16. – P. 205. DOI: 10.1186/s12944-017-0597-0
24. Visceral adiposity index and lipid accumulation product index: two alternate body indices to identify chronic kidney disease among the rural population in northeast China / D. Dai, Y. Chang, Y. Chen, S. Chen, S. Yu, X. Guo, Y. Sun // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2016. – Vol. 13, № 12. – P. 1231. DOI: 10.3390/ijerph13121231
25. Lipid accumulation product in relation to 10-year cardiovascular disease incidence in Caucasian adults: The ATTICA study / I. Kyrou, D.B. Panagiotakos, G.M. Koulis, E. Georgousopoulou, C. Chrysoshoou, C. Tsigos [et al.] // *Atherosclerosis.* – 2018. – Vol. 279. – P. 10–16. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.10.015
26. Lipid accumulation product index as visceral obesity indicator in psoriasis: a case-control study / S. Ganguly, L. Ray, S. Kuruvila, S.K. Nanda, K. Ravichandran // *Indian J. Dermatol.* – 2018. – Vol. 63, № 2. – P. 136–140. DOI: 10.4103/ijd.IJD\_315\_16

27. Glintborg D., Andersen M. Medical comorbidity in polycystic ovary syndrome with special focus on cardiometabolic, autoimmune, hepatic and cancer diseases: an updated review // *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.* – 2017. – Vol. 29, № 6. – P. 390–396. DOI: 10.1097/GCO.0000000000000410
28. Is lipid accumulation product associated with an atherogenic lipoprotein profile in Brazilian subjects? / F.C. Cartolano, C. Pappiani, M.C.P. Freitas, A.M. Figueiredo Neto, A.A.F. Carioca, N.R.T. Damasceno // *Arq. Bras. Cardiol.* – 2018. – Vol. 110, № 4. – P. 339–347. DOI: 10.5935/abc.20180054
29. Body fat and blood rheology: Evaluation of the association between different adiposity indices and blood viscosity / C. Tripolino, C. Irace, C. Carallo, F.B. Scavelli, A. Gnasso // *Clin. Hemorheol. Microcirc.* – 2017. – Vol. 65, № 3. – P. 241–248. DOI: 10.3233/CH-16172
30. Wakabayashi I. Associations of blood lipid-related indices with blood pressure and pulse pressure in middle-aged men // *Metab. Syndr. Relat. Disord.* – 2015. – Vol. 13, № 1. – P. 22–28. DOI: 10.1089/met.2014.0093
31. Bhargava A. Dietary modifications and lipid accumulation product are associated with systolic and diastolic blood pressures in the women's health trial: Feasibility study in minority populations // *Curr. Hypertens. Rep.* – 2018. – Vol. 20, № 6. – P. 50. DOI: 10.1007/s11906-018-0846-2
32. Gender-specific contribution of cardiometabolic index and lipid accumulation product to left ventricular geometry change in general population of rural China / H. Wang, Y. Sun, Z. Li, X. Guo, S. Chen, N. Ye [et al.] // *BMC Cardiovasc. Disord.* – 2018. – Vol. 18, № 1. – P. 62. DOI: 10.1186/s12872-018-0798-0
33. Thyroid stimulating hormone within the reference range is associated with visceral adiposity index and lipid accumulation product: A population-based study of SPECT-China / Y. Chen, Y. Chen, N. Wang, C. Chen, X. Nie, Q. Li [et al.] // *Horm. Metab. Res.* – 2018. – Vol. 50, № 1. – P. 29–36. DOI: 10.1055/s-0043-122235
34. Wakabayashi I. Associations between heavy alcohol drinking and lipid-related indices in middle-aged men // *Alcohol.* – 2013. – Vol. 47, № 8. – P. 637–642. DOI: 10.1016/j.alcohol.2013.10.001
35. Effects of smoking and alcohol consumption on lipid profile in male adults in northwest rural China / X.X. Li, Y. Zhao, L.X. Huang, H.X. Xu, X.Y. Liu, J.J. Yang [et al.] // *Public Health.* – 2018. – Vol. 157. – P. 7–13. DOI: 10.1016/j.puhe.2018.01.003
36. Wakabayashi I. Smoking and lipid-related indices in patients with diabetes mellitus // *Diabet Med.* – 2014. – Vol. 31, № 7. – P. 868–878. DOI: 10.1111/dme.12430
37. Associations of objectively measured sedentary behavior, light activity, and markers of cardiometabolic health in young women / A.N. Green, R. McGrath, V. Martinez, K. Taylor, D.R. Paul, C.A. Vella // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2014. – Vol. 114, № 5. – P. 907–919. DOI: 10.1007/s00421-014-2822-0
38. Mario F.M., Graff S.K., Spritzer P.M. Habitual physical activity is associated with improved anthropometric and androgenic profile in PCOS: a cross-sectional study // *J. Endocrinol. Invest.* – 2017. – Vol. 40, № 4. – P. 377–384. DOI: 10.1007/s40618-016-0570-1
39. The lipid accumulation product is highly related to serum alanine aminotransferase level in male adults / B.L. Ji, R. Li, S.H. Zhang, L.L. Gong, Z.H. Wang, W. Ren, Q.F. Li // *Nutr. Res.* – 2012. – Vol. 32, № 8. – P. 581–587. DOI: 10.1016/j.nutres.2012.06.019
40. Accuracy of plasma interleukin-18 and adiponectin concentrations in predicting metabolic syndrome and cardiometabolic disease risk in middle-age Brazilian men / A. De Oliveira, H.H. Hermsdorff, P.G. Cocate, E.C. Santos, J. Bressan, A.J. Natali // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* – 2015. – Vol. 40, № 10. – P. 1048–1055. DOI: 10.1139/apnm-2014-0487
41. The lipid accumulation product and all-cause mortality in patients at high cardiovascular risk: a PreCIS database study / A.G. Ioachimescu, D.M. Brennan, B.M. Hoar, B.J. Hoogwerf // *Obesity (Silver Spring).* – 2010. – Vol. 18, № 9. – P. 1836–1844. DOI: 10.1038/oby.2009.453
42. Bozorgmanesh M., Hadaegh F., Azizi F. Diabetes prediction, lipid accumulation product, and adiposity measures; 6-year follow-up: Tehran lipid and glucose study // *Lipids Health Dis.* – 2010. – Vol. 9. – P. 45. DOI: 10.1186/1476-511X-9-45
43. Metabolic syndrome and its predictors in an urban population in Kenya: A cross sectional study / G. Omuse, D. Maina, M. Hoffman, J. Mwangi, C. Wambua, E. Kagotho [et al.] // *BMC Endocr. Disord.* – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 37. DOI: 10.1186/s12902-017-0188-0
44. Oh J.Y., Sung Y.A., Lee H.J. The lipid accumulation product as a useful index for identifying abnormal glucose regulation in young Korean women // *Diabet Med.* – 2013. – Vol. 30, № 4. – P. 436–442. DOI: 10.1111/dme.12052
45. Lipid accumulation product and metabolic syndrome: a population-based study in northern Iran, Amol / N. Motamed, S. Razmjou, G. Hemmasi, M. Maadi, F. Zamani // *J. Endocrinol. Invest.* – 2016. – Vol. 39, № 4. – P. 375–382. DOI: 10.1007/s40618-015-0369-5
46. Anthropometric and central obesity indices as predictors of long-term cardiometabolic risk among Saudi young and middle-aged men and women / M.M. Abulmeaty, A.M. Almajwal, N.K. Almadani, M.S. Aldosari, A.A. Alnajim, S.B. Ali [et al.] // *Saudi Med. J.* – 2017. – Vol. 38, № 4. – P. 372–380. DOI: 10.15537/smj.2017.4.18758
47. Wakabayashi I. Influence of age and gender on lipid accumulation product and its relation to diabetes mellitus in Japanese // *Clin. Chim. Acta.* – 2014. – Vol. 431. – P. 221–226. DOI: 10.1016/j.cca.2014.02.002
48. Chiang J.K., Koo M. Lipid accumulation product: a simple and accurate index for predicting metabolic syndrome in Taiwanese people aged 50 and over // *BMC Cardiovasc. Disord.* – 2012. – Vol. 12. – P. 78. DOI: 10.1186/1471-2261-12-78
49. Differences between adiposity indicators for predicting all-cause mortality in a representative sample of United States non-elderly adults / H.S. Kahn, K.M. Bullard, L.E. Barker, G. Imperatore // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, № 11. – P. e50428. DOI: 10.1371/journal.pone.0050428
50. Multimarker analysis for new biomarkers in relation to central arterial stiffness and hemodynamics in a Chinese community-dwelling population / S. Fu, L. Luo, P. Ye, W. Xiao // *Angiology.* – 2015. – Vol. 66, № 10. – P. 950–956. DOI: 10.1177/0003319715573910

51. Novel indexes for diagnosing metabolic syndrome in apparently healthy Gujarati Asian Indians: a cross-sectional study / H. Joshi, K. Shah, P. Patel, J. Prajapati, M. Parmar, D. Doshi, S. Chaurushia // QJM. – 2016. – Vol. 109, № 11. – P. 717–722. DOI: 10.1093/qjmed/hcw056
52. Lipid accumulation product is related to metabolic syndrome in women with polycystic ovary syndrome / S. Xiang, F. Hua, L. Chen, Y. Tang, X. Jiang, Z. Liu // Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes. – 2013. – Vol. 121, № 2. – P. 115–118. DOI: 10.1055/s-0032-1333261
53. Lipid accumulation product: a powerful marker of metabolic syndrome in healthy population / M.J. Taverna, M.T. Martínez-Larrad, G.D. Frechtel, M. Serrano-Ríos // Eur. J. Endocrinol. – 2011. – Vol. 164, № 4. – P. 559–567. DOI: 10.1530/EJE-10-1039
54. Lipid accumulation product and insulin resistance in Iranian PCOS prevalence study / F. Hosseiniapanah, M. Barzin, H. Erfani, S. Serahati, F. Ramezani Tehrani, F. Azizi // Clin. Endocrinol. (Oxf). – 2014. – Vol. 81, № 1. – P. 52–57. DOI: 10.1177/2047487314558771
55. Tian S., Xu Y., Han F. Higher predictability of the lipid accumulation product than commonly used anthropometric parameters partly due to its definition // Clin. Nutr. – 2017. – Vol. 36, № 3. – P. 909. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.03.001
56. Bozorgmanesh M., Hadaegh F., Azizi F. Predictive performances of lipid accumulation product vs. adiposity measures for cardiovascular diseases and all-cause mortality, 8.6-year follow-up: Tehran lipid and glucose study // Lipids Health Dis. – 2010. – Vol. 9. – P. 100. DOI: 10.1186/1476-511X-9-100
57. Kavaric N., Klisic A., Ninic A. Are visceral adiposity index and lipid accumulation product reliable indices for metabolic disturbances in patients with type 2 diabetes mellitus? // J. Clin. Lab. Anal. – 2018. – Vol. 32, № 3. – P. e22283. DOI: 10.1002/jcla.22283
58. Visceral adiposity index, lipid accumulation product and intracranial atherosclerotic stenosis in middle-aged and elderly Chinese / R. Li, Q. Li, M. Cui, Z. Ying, L. Li, T. Zhong [et al.] // Sci. Rep. – 2017. – Vol. 7, № 1. – P. 7951. DOI: 10.1038/s41598-017-07811-7
59. Evaluation of the accuracy of anthropometric clinical indicators of visceral fat in adults and elderly / A.K. Roriz, L.C. Passos, C.C. De Oliveira, M. Eickemberg, P.A. Moreira, L.R. Sampaio // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 7. – P. e103499. DOI: 10.1371/journal.pone.0103499
60. Fatty liver index and lipid accumulation product can predict metabolic syndrome in subjects without fatty liver disease / Y.L. Cheng, Y.J. Wang, K.H. Lan, T.I. Huo, Y.H. Huang, C.W. Su [et al.] // Gastroenterol. Res. Pract. – 2017. – Vol. 2017. – P. 9279836. DOI: 10.1155/2017/9279836
61. Usefulness of cardiometabolic index for the estimation of ischemic stroke risk among general population in rural China / H. Wang, Y. Chen, X. Guo, Y. Chang, Y. Sun // Postgrad. Med. – 2017. – Vol. 129, № 8. – P. 834–841. DOI: 10.1080/00325481.2017.1375714
62. Association of IL-1 $\beta$ , IL-1Ra and FABP1 gene polymorphisms with the metabolic features of polycystic ovary syndrome / N. Rashid, A. Nigam, P. Saxena, S.K. Jain, S. Wajid // Inflamm. Res. – 2017. – Vol. 66, № 7. – P. 621–636. DOI: 10.1007/s00011-017-1045-3
63. Основные антропометрические индексы и сахарный диабет 2 типа в российской популяции / О.М. Драпкина, Р.Н. Шепель, С.А. Шальнова, А.Д. Деев, Ю.А. Баланова, С.Е. Евстифеева [и др.] // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2018. – Т. 14, № 5. – С. 725–732.
64. Антропометрические индексы и их связь с ишемической болезнью сердца / С.А. Шальнова, А.Д. Деев, Г.А. Муромцева, Ю.А. Баланова, А.Э. Имаева, А.В. Капустина, С.Е. Евстифеева [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 11–16.
65. Хрипун И.А., Воробьев С.В., Коган М.И. Новый маркер метаболических нарушений у мужчин с сахарным диабетом 2-го типа // Медицинский вестник Юга России. – 2016. – № 1. – С. 84–86.
66. Корноухова Л.А. Значение предикторов кардиоваскулярных нарушений у пациентов с абдоминальным ожирением, неалкогольной жировой болезнью печени и различными компонентами метаболического синдрома // Медицинский алфавит. – 2017. – Т. 1, № 6. – С. 51–56.
67. Lipid accumulation product (LAP) as a criterion for the identification of the healthy obesity phenotype in postmenopausal women / F. Lwow, D. Jedrzejuk, A. Milewicz, L. Szmigiero // Exp Gerontol. – 2016. – Vol. 82. – P. 81–87. DOI: 10.1016/j.exger.2016.06.007
68. Lipid accumulation product and visceral adiposity index are effective markers for identifying the metabolically obese normal-weight phenotype / T. Du, X. Yu, J. Zhang, X. Sun // Acta Diabetol. – 2015. – Vol. 52, № 5. – P. 855–863. DOI: 10.1007/s00592-015-0715-2
69. The prevalence, metabolic risk and effects of lifestyle intervention for metabolically healthy obesity: a systematic review and meta-analysis: A PRISMA-compliant article / H. Lin, L. Zhang, R. Zheng, Y. Zheng // Medicine (Baltimore). – 2017. – Vol. 96, № 47. – P. e8838. DOI: 10.1097/MD.0000000000008838

Канева А.М., Бойко Е.Р. Индекс накопления липидов (lipid accumulation product, LAP) – современный клинко-биохимический маркер ожирения у человека // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 2. – С. 164–174. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.18



## LIPID ACCUMULATION PRODUCT OR LAP AS AN UP-TO-DATE CLINICAL BIOCHEMICAL MARKER OF HUMAN OBESITY

**A.M. Kaneva, E.R. Bojko**

Institute of Physiology, Komi Science Centre, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
50 Pervomaiskaya Str., Syktyvkar, 167982, Russian Federation

*Obesity is a grave medical and social problem causing significant hazards for human health due to frequent occurrence of grave concomitant diseases. Visceral obesity is considered to be the most hazardous. Contemporary diagnostics which allows to reveal visceral obesity both during screening examinations of people who are considered to be conditionally healthy and in patients who suffer from cardiovascular diseases is becoming a very promising trend both in primary and secondary prevention.*

*The review focuses on an up-to-date marker used to detect visceral obesity, namely, lipid accumulation product or LAP. This index was first introduced by Kahn H.S. in 2005 and is calculated on the basis of two variables, waist circumference (cm) and fasting concentration of triglycerides (mmol/l). When a biochemical and an anthropometric parameter are applied simultaneously to calculate LAP, it allows not only to assess how fats are distributed in a body but also to reflect functional state of fat tissues.*

*LAP index is widely used as a marker showing there are metabolic disorders in a body (metabolic syndrome, diabetes, resistance to insulin, or nonalcoholic fatty liver disease) and as a cardiovascular diseases predictor. Besides, LAP index, when used to identify obesity phenotype, allows to assign people with overweight into a "metabolically healthy" category or "metabolically ill" one and to reveal patients suffering from metabolic obesity among people with normal body weight. A lot of research revealed that LAP index had a very good diagnostic and predictive potential as regards metabolic and cardiovascular diseases and was a more precise marker of cardio-metabolic risks than conventional anthropometric parameters. The review highlights LAP value ranges, its sex and age peculiarities, as well as a character and an extent to which LAP values change in case of certain diseases. It also dwells on advantages and drawbacks of LAP practical application.*

**Key words:** lipid accumulation product (LAP), waist circumference, triglycerides, body mass index, obesity, metabolic syndrome, cardiovascular diseases.

### References

1. Kahn H.S. Estimating adult metabolic risk from a lipid accumulation product. *Am. J. Epidemiol.*, 2004, vol. 159, no. 11, pp. 14.
2. Kahn H.S. The lipid accumulation product is better than body mass index for identifying diabetes. *Am. J. Epidemiol.*, 2005, vol. 161, no. 11, pp. 51.
3. Kahn H.S. The «lipid accumulation product» performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population-based comparison. *BMC Cardiovasc Disord*, 2005, vol. 5, pp. 26. DOI: 10.1186/1471-2261-5-26
4. Lemieux I., Pascot A., Couillard C., Lamarche B., Tchernof A., Almeras N. [et al.]. Hypertriglyceridemic waist: A marker of the atherogenic metabolic triad (hyperinsulinemia; hyperapolipoprotein B; small, dense LDL) in men? *Circulation*, 2000, vol. 102, no. 2, pp. 179–184.
5. Kahn H.S., Valdez R. Metabolic risks identified by the combination of enlarged waist and elevated triacylglycerols. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003, vol. 78, no. 5, pp. 928–934. DOI: 10.1093/ajcn/78.5.928
6. Shah N.R., Braverman E.R. Measuring adiposity in patients: the utility of body mass index (BMI), percent body fat, and leptin. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 4, pp. e33308. DOI: 10.1371/journal.pone.0033308
7. Ibrahim M.M. Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. *Obes Rev*, 2010, vol. 11, no. 1, pp. 11–18. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2009.00623.x
8. Ebbert J.O., Jensen M.D. Fat depots, free fatty acids, and dyslipidemia. *Nutrients*, 2013, vol. 5, no. 2, pp. 498–508. DOI: 10.3390/nu5020498
9. Després J.P., Lemieux I., Bergeron J., Pibarot P., Mathieu P., Larose E. [et al.]. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arterioscler Thromb. Vasc. Biol.*, 2008, vol. 28, no. 6, pp. 1039–1049. DOI: 10.1161/ATVBAHA.107.159228

© Kaneva A.M., Bojko E.R., 2019

**Anastasiya M. Kaneva** – Doctor of Biological Sciences, Chief researcher at the Ecological and Medical Physiology Department (e-mail: amkaneva@mail.ru; tel.: +7 (8212) 24-14-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-4300>).

**Evgenii R. Bojko** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: boiko60@inbox.ru; tel.: +7 (8212) 24-14-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-898X>).



10. Wang H., Liu A., Zhao T., Gong X., Pang T., Zhou Y. [et al.]. Comparison of anthropometric indices for predicting the risk of metabolic syndrome and its components in Chinese adults: a prospective, longitudinal study. *BMJ Open*, 2017, vol. 7, no. 9, pp. e016062. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-016062
11. Ray L., Ravichandran K., Nanda S.K. Comparison of lipid accumulation product index with body mass index and waist circumference as a predictor of metabolic syndrome in Indian population. *Metab. Syndr. Relat. Disord.*, 2018, vol. 16, no. 5, pp. 240–245. DOI: 10.1089/met.2017.0119
12. Li R., Li Q., Cui M., Yin Z., Li L., Zhong T. [et al.]. Clinical surrogate markers for predicting metabolic syndrome in middle-aged and elderly Chinese. *J. Diabetes Investig.*, 2018, vol. 9, no. 2, pp. 411–418. DOI: 10.1111/jdi.12708
13. Xia C., Li R., Zhang S., Gong L., Ren W., Wang Z., Li Q. Lipid accumulation product is a powerful index for recognizing insulin resistance in non-diabetic individuals. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2012, vol. 66, no. 9, pp. 1035–1038. DOI: 10.1038/ejcn.2012.83
14. Mazidi M., Kengne A.P., Katsiki N., Mikhailidis D.P., Banach M. Lipid accumulation product and triglycerides/glucose index are useful predictors of insulin resistance. *J. Diabetes Complications*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 266–270. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2017.10.007
15. Wakabayashi I., Daimon T. A strong association between lipid accumulation product and diabetes mellitus in Japanese women and men. *J. Atheroscler. Thromb.*, 2014, vol. 21, no. 3, pp. 282–288. DOI: 10.5551/jat.20628
16. Bedogni G., Kahn H.S., Bellentani S., Tiribelli C. A simple index of lipid overaccumulation is a good marker of liver steatosis. *BMC Gastroenterol.*, 2010, vol. 10, pp. 98. DOI: 10.1186/1471-230X-10-98
17. Dai H., Wang W., Chen R., Chen Z., Lu Y., Yuan H. Lipid accumulation product is a powerful tool to predict non-alcoholic fatty liver disease in Chinese adults. *Nutr Metab (Lond)*, 2017, vol. 14, pp. 49. DOI: 10.1186/s12986-017-0206-2
18. Chan L., Xue H., Xiaoya Z., Jiajia X., Wei R., Linman L. [et al.]. Lipid accumulation product: a simple and accurate index for predicting metabolic syndrome in patients with adult growth hormone deficiency. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*, 2016, vol. 124, no. 4, pp. 220–224. DOI: 10.1055/s-0035-1569402
19. Rotter I., Rył A., Szylińska A., Pawlukowska W., Lubkowska A., Laszczyńska M. Lipid accumulation product (LAP) as an index of metabolic and hormonal disorders in aging men. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*, 2017, vol. 125, no. 3, pp. 176–182. DOI: 10.1055/s-0042-116071
20. Gao X., Wang G., Wang A., Xu T., Tong W., Zhang Y. Comparison of lipid accumulation product with body mass index as an indicator of hypertension risk among Mongolians in China. *Obes. Res. Clin. Pract.*, 2013, vol. 7, no. 4, pp. e308–314. DOI: 10.1016/j.orcp.2012.02.002
21. Wang H., Chen Y., Sun G., Jia P., Qian H., Sun Y. Validity of cardiometabolic index, lipid accumulation product, and body adiposity index in predicting the risk of hypertension in Chinese population. *Postgrad Med.*, 2018, vol. 130, no. 3, pp. 325–333. DOI: 10.1080/00325481.2018.1444901
22. Zhong C., Xia W., Zhong X., Xu T., Li H., Zhang M. [et al.]. Lipid accumulation product and hypertension related to stroke: a 9.2-year prospective study among Mongolians in China. *J. Atheroscler. Thromb.*, 2016, vol. 23, no. 7, pp. 830–838. DOI: 10.5551/jat.33514
23. Zhang K., Li Q., Chen Y., Wang N., Lu Y. Visceral adiposity and renal function: an observational study from SPECT-China. *Lipids Health Dis.*, 2017, vol. 16, pp. 205. DOI: 10.1186/s12944-017-0597-0
24. Dai D., Chang Y., Chen Y., Chen S., Yu S., Guo X., Sun Y. Visceral adiposity index and lipid accumulation product index: two alternate body indices to identify chronic kidney disease among the rural population in northeast China. *Int J. Environ. Res. Public Health*, 2016, vol. 13, no. 12, pp. 1231. DOI: 10.3390/ijerph13121231
25. Kyrou I., Panagiotakos D.B., Koulis G.M., Georgousopoulou E., Chrysoshoou C., Tsigos C. [et al.]. Lipid accumulation product in relation to 10-year cardiovascular disease incidence in Caucasian adults: The ATTICA study. *Atherosclerosis*, 2018, vol. 279, pp. 10–16. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.10.015
26. Ganguly S., Ray L., Kuruvila S., Nanda S.K., Ravichandran K. Lipid accumulation product index as visceral obesity indicator in psoriasis: a case-control study. *Indian J. Dermatol.*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 136–140. DOI: 10.4103/ijdr.IJD\_315\_16
27. Glinborg D., Andersen M. Medical comorbidity in polycystic ovary syndrome with special focus on cardiometabolic, autoimmune, hepatic and cancer diseases: an updated review. *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.*, 2017, vol. 29, no. 6, pp. 390–396. DOI: 10.1097/GCO.0000000000000410
28. Cartolano F.C., Pappiani C., Freitas M.C.P., Figueiredo Neto A.M., Carioca A.A.F., Damasceno N.R.T. Is lipid accumulation product associated with an atherogenic lipoprotein profile in Brazilian subjects? *Arq. Bras. Cardiol.*, 2018, vol. 110, no. 5, pp. 339–347. DOI: 10.5935/abc.20180054
29. Tripolino C., Irace C., Carallo C., Scavelli F.B., Gnasso A. Body fat and blood rheology: Evaluation of the association between different adiposity indices and blood viscosity. *Clin. Hemorheol Microcirc.*, 2017, vol. 65, no. 3, pp. 241–248. DOI: 10.3233/CH-16172
30. Wakabayashi I. Associations of blood lipid-related indices with blood pressure and pulse pressure in middle-aged men. *Metab. Syndr. Relat. Disord.*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 22–28. DOI: 10.1089/met.2014.0093
31. Bhargava A. Dietary modifications and lipid accumulation product are associated with systolic and diastolic blood pressures in the women's health trial: Feasibility study in minority populations. *Curr. Hypertens. Rep.*, 2018, vol. 20, no. 6, pp. 50. DOI: 10.1007/s11906-018-0846-2
32. Wang H., Sun Y., Li Z., Guo X., Chen S., Ye N. [et al.]. Gender-specific contribution of cardiometabolic index and lipid accumulation product to left ventricular geometry change in general population of rural China. *BMC Cardiovasc. Disord.*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 62. DOI: 10.1186/s12872-018-0798-0
33. Chen Y., Chen Y., Wang N., Chen C., Nie X., Li Q. [et al.]. Thyroid stimulating hormone within the reference range is associated with visceral adiposity index and lipid accumulation product: A population-based study of SPECT-China. *Horm Metab. Res.*, 2018, vol. 50, no. 1, pp. 29–36. DOI: 10.1055/s-0043-122235
34. Wakabayashi I. Associations between heavy alcohol drinking and lipid-related indices in middle-aged men. *Alcohol*, 2013, vol. 47, no. 8, pp. 637–642. DOI: 10.1016/j.alcohol.2013.10.001

35. Li X.X., Zhao Y., Huang L.X., Xu H.X., Liu X.Y., Yang J.J. [et al.]. Effects of smoking and alcohol consumption on lipid profile in male adults in northwest rural China. *Public Health*, 2018, vol. 157, pp. 7–13. DOI: 10.1016/j.puhe.2018.01.003
36. Wakabayashi I. Smoking and lipid-related indices in patients with diabetes mellitus. *Diabet Med.*, 2014, vol. 31, no. 7, pp. 868–878. DOI: 10.1111/dme.12430
37. Green A.N., McGrath R., Martinez V., Taylor K., Paul D.R., Vella C.A. Associations of objectively measured sedentary behavior, light activity, and markers of cardiometabolic health in young women. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2014, vol. 114, no. 5, pp. 907–919. DOI: 10.1007/s00421-014-2822-0
38. Mario F.M., Graff S.K., Spritzer P.M. Habitual physical activity is associated with improved anthropometric and androgenic profile in PCOS: a cross-sectional study. *J. Endocrinol. Invest.*, 2017, vol. 40, no. 4, pp. 377–384. DOI: 10.1007/s40618-016-0570-1
39. Ji B.L., Li R., Zhang S.H., Gong L.L., Wang Z.H., Ren W., Li Q.F. The lipid accumulation product is highly related to serum alanine aminotransferase level in male adults. *Nutr. Res.*, 2012, vol. 32, no. 8, pp. 581–587. DOI: 10.1016/j.nutres.2012.06.019
40. De Oliveira A., Hermsdorff H.H., Cocate P.G., Santos E.C., Bressan J., Natali A.J. Accuracy of plasma interleukin-18 and adiponectin concentrations in predicting metabolic syndrome and cardiometabolic disease risk in middle-age Brazilian men. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 2015, vol. 40, no. 10, pp. 1048–1055. DOI: 10.1139/apnm-2014-0487
41. Ioachimescu A.G., Brennan D.M., Hoar B.M., Hoogwerf B.J. The lipid accumulation product and all-cause mortality in patients at high cardiovascular risk: a PreCIS database study. *Obesity (Silver Spring)*, 2010, vol. 18, no. 9, pp. 1836–1844. DOI: 10.1038/oby.2009.453
42. Bozorgmanesh M., Hadaegh F., Azizi F. Diabetes prediction, lipid accumulation product, and adiposity measures: 6-year follow-up: Tehran lipid and glucose study. *Lipids Health Dis.*, 2010, vol. 9, pp. 45. DOI: 10.1186/1476-511X-9-45
43. Omuse G., Maina D., Hoffman M., Mwangi J., Wambua C., Kagotho E. [et al.]. Metabolic syndrome and its predictors in an urban population in Kenya: A cross sectional study. *BMC Endocr. Disord.*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 37. DOI: 10.1186/s12902-017-0188-0
44. Oh J.Y., Sung Y.A., Lee H.J. The lipid accumulation product as a useful index for identifying abnormal glucose regulation in young Korean women. *Diabet Med.*, 2013, vol. 30, no. 4, pp. 436–442. DOI: 10.1111/dme.12052
45. Motamed N., Razmjou S., Hemmasi G., Maadi M., Zamani F. Lipid accumulation product and metabolic syndrome: a population-based study in northern Iran, Amol. *J. Endocrinol. Invest.*, 2016, vol. 39, no. 4, pp. 375–382. DOI: 10.1007/s40618-015-0369-5
46. Abulmeaty M.M., Almajwal A.M., Almadani N.K., Aldosari M.S., Alnajim A.A., Ali S.B. [et al.]. Anthropometric and central obesity indices as predictors of long-term cardiometabolic risk among Saudi young and middle-aged men and women. *Saudi. Med. J.*, 2017, vol. 38, no. 4, pp. 372–380. DOI: 10.15537/smj.2017.4.18758
47. Wakabayashi I. Influence of age and gender on lipid accumulation product and its relation to diabetes mellitus in Japanese. *Clin. Chim. Acta.*, 2014, vol. 431, pp. 221–226. DOI: 10.1016/j.cca.2014.02.002
48. Chiang J.K., Koo M. Lipid accumulation product: a simple and accurate index for predicting metabolic syndrome in Taiwanese people aged 50 and over. *BMC Cardiovasc. Disord.*, 2012, vol. 12, pp. 78. DOI: 10.1186/1471-2261-12-78
49. Kahn H.S., Bullard K.M., Barker L.E., Imperatore G. Differences between adiposity indicators for predicting all-cause mortality in a representative sample of United States non-elderly adults. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 11, pp. e50428. DOI: 10.1371/journal.pone.0050428
50. Fu S., Luo L., Ye P., Xiao W. Multimarker analysis for new biomarkers in relation to central arterial stiffness and hemodynamics in a Chinese community-dwelling population. *Angiology*, 2015, vol. 66, no. 10, pp. 950–956. DOI: 10.1177/0003319715573910
51. Joshi H., Shah K., Patel P., Prajapati J., Parmar M., Doshi D., Chaurushia S. Novel indexes for diagnosing metabolic syndrome in apparently healthy Gujarati Asian Indians: a cross-sectional study. *QJM*, 2016, vol. 109, no. 11, pp. 717–722. DOI: 10.1093/qjmed/hcw056
52. Xiang S., Hua F., Chen L., Tang Y., Jiang X., Liu Z. Lipid accumulation product is related to metabolic syndrome in women with polycystic ovary syndrome. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.*, 2013, vol. 121, no. 2, pp. 115–118. DOI: 10.1055/s-0032-1333261
53. Taverna M.J., Martinez-Larrad M.T., Frechtel G.D., Serrano-Rios M. Lipid accumulation product: a powerful marker of metabolic syndrome in healthy population. *Eur. J. Endocrinol.*, 2011, vol. 164, no. 4, pp. 559–567. DOI: 10.1530/EJE-10-1039
54. Hosseinpanah F., Barzin M., Erfani H., Serahati S., Ramezani Tehrani F., Azizi F. Lipid accumulation product and insulin resistance in Iranian PCOS prevalence study. *Clin. Endocrinol. (Oxf)*, 2014, vol. 81, no. 1, pp. 52–57. DOI: 10.1177/2047487314558771
55. Tian S., Xu Y., Han F. Higher predictability of the lipid accumulation product than commonly used anthropometric parameters partly due to its definition. *Clin. Nutr.*, 2017, vol. 36, no. 3, pp. 909. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.03.001
56. Bozorgmanesh M., Hadaegh F., Azizi F. Predictive performances of lipid accumulation product vs. adiposity measures for cardiovascular diseases and all-cause mortality, 8.6-year follow-up: Tehran lipid and glucose study. *Lipids Health Dis.*, 2010, vol. 9, pp. 100. DOI: 10.1186/1476-511X-9-100
57. Kavaric N., Klisic A., Ninic A. Are visceral adiposity index and lipid accumulation product reliable indices for metabolic disturbances in patients with type 2 diabetes mellitus? *J. Clin. Lab. Anal.*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. e22283. DOI: 10.1002/jcla.22283
58. Li R., Li Q., Cui M., Ying Z., Li L., Zhong T. [et al.]. Visceral adiposity index, lipid accumulation product and intracranial atherosclerotic stenosis in middle-aged and elderly Chinese. *Sci. Rep.*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 7951. DOI: 10.1038/s41598-017-07811-7
59. Roriz A.K., Passos L.C., De Oliveira C.C., Eickemberg M., Moreira P.A., Sampaio L.R. Evaluation of the accuracy of anthropometric clinical indicators of visceral fat in adults and elderly. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 7, pp. e103499. DOI: 10.1371/journal.pone.0103499
60. Cheng Y.L., Wang Y.J., Lan K.H., Huo T.I., Huang Y.H., Su C.W. [et al.]. Fatty liver index and lipid accumulation product can predict metabolic syndrome in subjects without fatty liver disease. *Gastroenterol Res. Pract.*, 2017, vol. 2017, pp. 9279836. DOI: 10.1155/2017/9279836

61. Wang H., Chen Y., Guo X., Chang Y., Sun Y. Usefulness of cardiometabolic index for the estimation of ischemic stroke risk among general population in rural China. *Postgrad Med.*, 2017, vol. 129, no. 8, pp. 834–841. DOI: 10.1080/00325481.2017.1375714
62. Rashid N., Nigam A., Saxena P., Jain S.K., Wajid S. Association of IL-1 $\beta$ , IL-1Ra and FABP1 gene polymorphisms with the metabolic features of polycystic ovary syndrome. *Inflamm Res.*, 2017, vol. 66, no. 7, pp. 621–636. DOI: 10.1007/s00011-017-1045-3
63. Drapkina O.M., Shepel R.N., Shalnova S.A., Deev A.D., Balanova Y.A., Evstifeeva S.E. [et al.]. Anthropometric Indices and Diabetes Mellitus Type 2 in Russian Population. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*, 2018, vol. 14, no. 5, pp. 725–732.
64. Shalnova S.A., Deev A.D., Muromtseva G.A., Balanova J.A., Imaeva A.E., Kapustina A.V., Evstifeeva S.E. [et al.]. Relation of anthropometric indexes and coronary heart disease. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2018, vol. 17, no. 3, pp. 11–16.
65. Khripun I.A., Vorob'ev S.V., Kogan M.I. A new marker of metabolic disorders in men with type 2 diabetes. *Meditinskii vestnik Yuga Rossii*, 2016, no. 1, pp. 84–86 (in Russian).
66. Kornoukhova L.A. Value of cardiovascular disorders' predictors in patients with abdominal obesity, nonalcoholic fatty liver disease and various metabolic syndrome components. *Meditinskii alfavit*, 2017, vol. 1, no. 6, pp. 51–56 (in Russian).
67. Lwow F., Jedrzejuk D., Milewicz A., Szmigiero L. Lipid accumulation product (LAP) as a criterion for the identification of the healthy obesity phenotype in postmenopausal women. *Exp. Gerontol.*, 2016, vol. 82, pp. 81–87. DOI: 10.1016/j.exger.2016.06.007
68. Du T., Yu X., Zhang J., Sun X. Lipid accumulation product and visceral adiposity index are effective markers for identifying the metabolically obese normal-weight phenotype. *Acta. Diabetol.*, 2015, vol. 52, no. 5, pp. 855–863. DOI: 10.1007/s00592-015-0715-2
69. Lin H., Zhang L., Zheng R., Zheng Y. The prevalence, metabolic risk and effects of lifestyle intervention for metabolically healthy obesity: a systematic review and meta-analysis: A PRISMA-compliant article. *Medicine (Baltimore)*, 2017, vol. 96, no. 47, pp. e8838. DOI: 10.1097/MD.00000000000008838

Kaneva A.M., Bojko E.R. Lipid accumulation product or lap as an up-to-date clinical biochemical marker of human obesity. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 2, pp. 164–174. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.18.eng

Получена: 21.01.2019

Принята: 03.06.2019

Опубликована: 30.06.2019