

## Методика оценки тренда индекса массы тела детей и взрослых в автоматизированной системе предупреждения избыточного веса и ожирения

Александров А. А.<sup>1</sup>, Деев А. Д.<sup>1</sup>, Розанов В. Б.<sup>1,2</sup>, Звездина И. В.<sup>3</sup>, Кригер Е. Г.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ “Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины Минздрава России”. Москва, Россия; <sup>2</sup>ГБОУ ВПО “Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова Минздрава России”. Москва, Россия; <sup>3</sup>НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГБНУ “Научный центр здоровья детей”. Москва, Россия; <sup>4</sup>Бриджпорт университет. Коннектикут, США

**Цель.** Разработка метода оценки тренда индекса массы тела (ИМТ) детей и взрослых для втоматизированной системы предупреждения избыточного веса и ожирения.

**Материал и методы.** В анализ включены антропометрические данные четырех популяционных исследований, различающихся по продолжительности наблюдения и возрастному диапазону. Обработка данных и статистический анализ проводились с помощью многомерного регрессионного анализа в процедуре SAS PROC GLM в варианте с повторными измерениями.

**Результаты.** В результате проведенного анализа возрастной динамики антропометрических показателей разработана система оценки тренда (роста) ИМТ (индекса Кетле), позволяющая выявлять лиц (детей и взрослых) с чрезмерным приростом ИМТ в верхних его значениях в течение короткого временного интервала. Эта информация в отношении ребенка или взрослого подлежит автоматической регистрации и сообщается врачу.

**Заключение.** Предлагаемый метод позволяет оперативно выявлять лиц с чрезмерной прибавкой веса. В результате совместной работы врача и пациента возможна своевременная первичная и вторичная профилактика избыточной массы тела и ожирения как у ребенка, так и взрослого.

**Ключевые слова:** избыточная масса тела, ожирение, прогноз, дети, подростки, взрослые, автоматизированная система предупреждения избыточного веса и ожирения.

Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2015; 14(3): 43–48  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2015-3-43-48>

Поступила 26/03-2015

Принята к публикации 06/05-2015

### Methods for the assessment of body mass index in children and adults in automatic system of obesity and overweight prevention

Alexandrov A. A.<sup>1</sup>, Deev A. D.<sup>1</sup>, Rozanov V. B.<sup>1,2</sup>, Zvezdina I. V.<sup>3</sup>, Kriger E. G.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>FSBI “State Scientific-Research Center for Prevention Medicine of the Healthcare Ministry”. Moscow, Russia; <sup>2</sup>SBEI HPE “The First State Moscow Medical University n.a. Sechenov I. M. of the Healthcare Ministry. Moscow, Russia; <sup>3</sup>SRI for Hygiene and Health Support of Childhood and adolescence FSBSI “Scientific Center for Children Health”. Moscow, Russia; <sup>4</sup>University of Bridgeport, CT USA

**Aim.** To invent the method of body mass index (BMI) trend evaluation for children and adults for automatic system of overweight and obesity prevention.

**Material and methods.** Into the analysis we included anthropometric data from four population-based studies, differing by the duration of observation period and age diapason. Data processing and statistical analysis were done with multidimensional regression analysis in procedure SAS PROG GLM at the variant with repeated measurements.

**Results.** As a result of the analysis of age-related dynamics of anthropometric parameters we invented a system of BMI (increase) trend (of the Kettle index), that make it to reveal the persons (children and adults) with excessive income of BMI in its upper limits during short

time intervals. This information about a child or an adult is a subject for automatic registration and is being reported to the physician.

**Conclusion.** The proposed method makes possible to screen the persons with excessive weight gain. As a result of physician and patients’ partnership it is possible to do on-time primary and secondary prevention of excessive body weight and obesity in children as in adults.

**Key words:** overweight, obesity, prognosis, children, adolescents, adults, automated system for the prevention of overweight and obesity.

Cardiovascular Therapy and Prevention, 2015; 14(3): 43–48  
<http://dx.doi.org/10.15829/1728-8800-2015-3-43-48>

ИЗМТ — избыточная масса тела, ИМТ — индекс массы тела, МТ — масса тела, МШ — Восьмилетнее проспективное наблюдение за московскими школьниками, Ож — ожирение, ОМТ — относительная масса тела, ПИМТ — прогнозируемый индекс массы тела, ПКВМ — прогнозируемый ИМТ в квадратичной модели, ПКУБМ — прогнозируемый ИМТ в кубической модели, ПЛМ — прогнозируемый ИМТ в линейной модели, P50 — 50-й перцентиль (медиана) ИМТ, P95 — 95-й перцентиль ИМТ, ЭССЕ-РФ — Многоцентровое эпидемиологическое исследование “Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации”, ЮАГ — Международное кооперативное исследование по ювенильной артериальной гипертензии, RLMS — Russia Longitudinal Monitoring Survey (Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения).

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Тел.: +7 (499) 553-69-46

e-mail: adeev@gnicpm.ru

[Александров А. А. — д.м.н., профессор, руководитель лаборатории профилактики хронических неинфекционных заболеваний у детей и подростков, Деев А. Д.\* — к.ф.-м.н., руководитель лаборатории биостатистики, Розанов В. Б. — д.м.н., в.н.с. лаборатории профилактики хронических неинфекционных заболеваний у детей и подростков, в.н.с. НИИ общественного здоровья и управления здравоохранением; Звездина И. В. — к.м.н., ведущий научный сотрудник НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков, Кригер Е. Г. — Ph.D., И.О. профессора Бриджпортского университета].

Избыточная масса тела (ИзМТ) и ожирение (Ож) стали одной из наиболее серьезных проблем общественного здоровья и здравоохранения как в развитых, так и развивающихся странах. По данным ВОЗ 2014г, с 1980г число лиц во всем мире, страдающих Ож, более чем удвоилось [1]. Более 1,9 млрд. взрослых людей, в возрасте  $\geq 18$  лет, имеют ИзМТ, из этого числа  $>600$  млн. человек страдают от Ож, т.е. у 39% людей в возрасте  $\geq 18$  лет имеется ИзМТ, а у 13% — Ож [1]. Результаты, полученные в 2009–2012гг в NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey), показывают, что 33,0% взрослого населения США в возрасте  $\geq 20$  лет имеют избыточный вес, 35,7% страдают Ож, а 6,3% имеют крайне высокую степень Ож, Ож отмечается у 20% американских мальчиков и 18,9% девочек в возрасте 12–19 лет [2]. В Европе от ИзМТ страдают 30–80% взрослых,  $\sim 20\%$  детей и подростков имеют ИзМТ, у трети из них — Ож. Особенно тревожной тенденцией является увеличение распространенности Ож среди детей и подростков. Ежегодный показатель роста распространенности детского Ож постоянно увеличивается, и в настоящее время он в 10 раз выше, чем в 1970-х годах. Эта тенденция усиливает эпидемию Ож у взрослых и создает нарастающую угрозу для здоровья следующего поколения [3]. В России, по данным обследования российской национальной выборки, частота ИзМТ у мужчин в зависимости от образования колеблется от 30% до 36%, у женщин — от 29% до 32%, Ож от 7% до 10% и от 15% до 25%, соответственно [4]. ИзМТ зарегистрирована у 11,8% школьников в возрасте 12–17 лет, в т.ч. Ож — у 2,3% обследованных. В среднем по выборке, ИзМТ у мальчиков в возрасте 12–17 лет выявлена в 8,7% случаев, Ож — в 2,5%, у девочек — в 7,7% и 1,6%, соответственно [5]. Десятилетнее проспективное наблюдение за мальчиками-подростками, проведенное сотрудниками Государственного научно-исследовательского центра профилактической медицины, показало, что у половины из них ИзМТ и Ож имеют происхождение в детском и подростковом возрастах [6]. О связи МТ у детей с ИзМТ во взрослом состоянии отмечено также в известном проспективном исследовании the Bogalusa heart study [7].

Прогнозирование развития ИзМТ и Ож для оказания помощи конкретному индивидууму (в предотвращении и коррекции этой проблемы) возможно [6], но не очень эффективно по причине его долгосрочности. При наличии удобных и дешевых технических средств, позволяющих индивидууму производить измерения веса чаще, чем во время ежегодных посещений участкового врача, пациент и участковый врач могут получить предупреждение о возможном развитии проблемы гораздо ранее, а не через годы от начала ее появления, и человек при желании сможет предотвратить, скорее всего

с помощью врача, появление чрезмерного веса или Ож у себя и своего ребенка.

Цель настоящего исследования — разработать методы оценки тренда индекса массы тела (ИМТ) детей и взрослых для автоматизированной системы предупреждения ИзМТ и Ож.

## Материал и методы

Работа базируется на результатах трех исследований, в которых участвовал Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины:

- Международное кооперативное исследование по ювенильной артериальной гипертензии (International collaborative study on juvenile hypertension), которое было начато в 1977г [8]. Исходно обследованы 3413 школьников обоего пола нескольких районов г. Москвы 1964 г рождения. Для проспективного обследования были отобраны лица с повышенным давлением ( $n=431$ ), группу сравнения составила 12% выборка из лиц с более низким давлением ( $n=433$ ). До 1980г дети обследовались ежегодно, затем в 1982, 1984, 1987, 1990–1991, 1999–2001гг. Средний возраст обследованных при первом обследовании составил 12,8 лет.

- Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения RLMS (Russia Longitudinal Monitoring Survey), проводившийся ежегодно, начиная с 1992г, и осуществлялся Государственным комитетом по статистике России (Госкомстат) и Центром народонаселения Университета Северной Каролины в Чапел Хилле (США). С 1994г “Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения” (RLMS) осуществлялся исследовательским центром ЗАО “Демоскоп” совместно с Центром народонаселения Университета Северной Каролины в Чапел Хилле (США) и Институтом социологии РАН. В настоящей работе использованы данные этого исследования в 1992–1995гг, включающие результаты антропометрии 3200 детей ( $n=11510$  измерений) в возрасте от рождения до 16 лет на протяжении трех лет.

- Восьмилетнее проспективное наблюдение за школьниками четырех школ г. Москвы с измерением антропометрических показателей, осуществлявшееся сотрудниками НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГБНУ “Научный центр здоровья детей”. В анализ включены данные 3156 человеко-визитов (измерений) у 661 школьника, каждый из которых был обследован от 1 до 8 раз.

- Многоцентровое эпидемиологическое исследование ЭССЕ-РФ (Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации) стартовало в 2012г по инициативе и при поддержке Минздрава России. Исследование ЭССЕ-РФ выполняется под эгидой ГНИЦ профилактической медицины, Центра сердца, крови и эндокринологии им. В. А. Алмазова и Российского кардиологического научно-производственного комплекса. Исследование проводится на основе представительной выборки в 12 субъектах РФ, отличающихся по климатогеографическим, экономическим и демографическим характеристикам. Объектом многоцентрового исследования ЭССЕ-РФ являются представительные выборки из неорганизованного мужского и женского населения в возрасте 25–64 лет [9].

Таблица 1

Характеристики моделей изменения (роста) ИМТ по данным трех исследований детей и подростков

Наименование исследования	Виды аппроксимации	Пол	R <sup>2</sup>	Популяционная дисперсия σ <sup>2</sup>	Отношение дисперсий (1-R <sup>2</sup> )
Международное кооперативное исследование по ювенильной артериальной гипертензии (все данные)	Кубическая	Мужской	0,854		0,146
		Женский	0,848		0,152
	Квадратичная	Мужской	0,853		0,147
		Женский	0,844		0,156
	Линейная	Мужской	0,844	14,67	0,156
		Женский	0,837	17,39	0,163
Исследование детей и подростков в рамках RLMS	Кубическая	Мужской	0,758		0,242
		Женский	0,739		0,261
	Квадратичная	Мужской	0,758		0,242
		Женский	0,739		0,261
	Линейная	Мужской	0,758	14,83	0,242
		Женский	0,739	14,87	0,261
Восьмилетнее проспективное наблюдение за московскими школьниками	Кубическая	Мужской	0,900		0,100
		Женский	0,902		0,098
	Квадратичная	Мужской	0,900		0,100
		Женский	0,902		0,098
	Линейная	Мужской	0,900	13,40	0,100
		Женский	0,902	12,46	0,098

За ИМТ и Ож у детей и подростков <18 лет принимали значения ИМТ (индекса Кетле), соответствующие критериям ИзМТ (индекс Кетле ≥25 кг/м<sup>2</sup>) и Ож (индекс Кетле ≥30 кг/м<sup>2</sup>) у взрослых [10].

Обработку данных и статистический анализ проводили с помощью многомерного регрессионного анализа в процедуре SAS PROC GLM, в варианте с повторными измерениями [11]. В качестве независимой переменной выступал возраст, зависимой переменной являлся ИМТ. Анализ проводили раздельно для каждого пола.

### Результаты и обсуждение

Для достижения цели этого исследования тестировалась кубическая, квадратичная и линейная модели изменения (роста) ИМТ (индекса Кетле). В качестве критерия аппроксимации (наилучшего приближения к исходным данным) использовали коэффициент множественной корреляции R<sup>2</sup>. В таблице 1 представлены характеристики моделей. В третьем исследовании моделирование проводилось для лиц >4 лет, поскольку в раннем детстве имеется явная нелинейность изменения ИМТ с возрастом (рисунок 1). Величина R<sup>2</sup> в рамках одного исследования одинакова для мальчиков и девочек, а остаточная дисперсия (σ<sup>2</sup><sub>ост</sub>), рассчитанная по формуле: σ<sup>2</sup><sub>ост</sub>=(1-R<sup>2</sup>)\*σ<sup>2</sup><sub>поп</sub>, составляет 10-25% от популяционной дисперсии σ<sup>2</sup><sub>поп</sub>. Следует также отметить, что в более однородном (коротком) исследовании остаточная дисперсия составляет меньшую долю от популяционной дисперсии. Это вполне объяснимо, поскольку меньшее число измеряющих (врачей, медсестер и прочего проводящего исследования персонала) и приборов (весов и ростометров) дает меньшую совокупную ошибку. Кроме того, большая степень

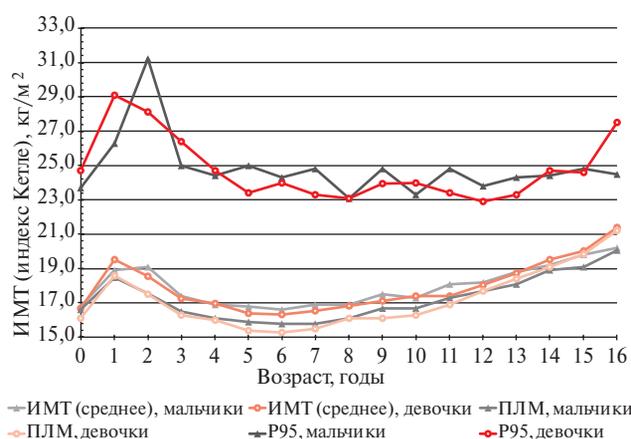


Рис. 1 Возрастная динамика средних значений ИМТ (индекса Кетле) вместе с прогнозируемым ИМТ в линейной модели у мальчиков и девочек.

Примечание: ПЛМ — прогнозируемый ИМТ в линейной модели, P95 — 95-й процентиль ИМТ (здесь и далее).

аппроксимирующего полинома дает более высокое значение R<sup>2</sup>, даже если и значимое, то величина приращения относительно линейной модели практически пренебрежима, поэтому можно ограничиться линейной моделью. Это означает, что, по крайней мере, локально (при небольшом возрастном интервале), можно ограничиваться линейной зависимостью ИМТ от возраста, а ошибка такой аппроксимации рассчитывается как  $\sqrt{0,15 \cdot \sigma^2_{\text{поп}}} = 1,6 \text{ кг/м}^2$ .

Возрастная динамика ИМТ в исследовании по ювенильной артериальной гипертензии показана на рисунке 2 (для мальчиков) и рисунке 3 (для девочек). Представлены кривые для фактических дан-

Таблица 2

Коэффициенты регрессии в линейной модели для 3-х исследований детей и подростков

Наименование исследования	Пол	$\beta \pm SE(\beta)$
Международное кооперативное исследование по ювенильной артериальной гипертензии (все данные)	Мужской	0,313±0,007
	Женский	0,273±0,007
Международное кооперативное исследование по ювенильной артериальной гипертензии (возраст не более 20 лет)	Мужской	0,495±0,019
	Женский	0,447±0,018
Исследование детей и подростков в рамках RLMS (возраст от 4 до 16 лет)	Мужской	0,311±0,008
	Женский	0,642±0,009
Восьмилетнее проспективное наблюдение за московскими школьниками (возраст от 7 до 15 лет)	Мужской	0,637±0,018
	Женский	0,696±0,017

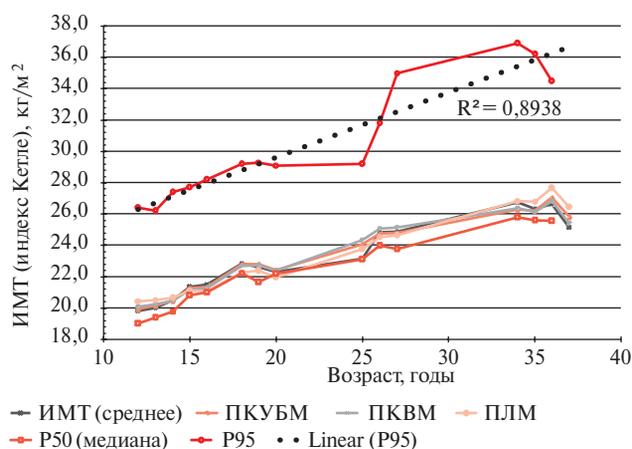


Рис. 2 Возрастная динамика средних значений и медиан ИМТ (индекса Кетле) вместе с прогнозируемым ИМТ в линейной, квадратичной и кубической моделях у лиц мужского пола.

Примечание: P50 — 50-й процентиль (медиана) ИМТ, ПКВМ — прогнозируемый ИМТ в квадратичной модели, ПКУБМ — прогнозируемый ИМТ в кубической модели (здесь и далее).

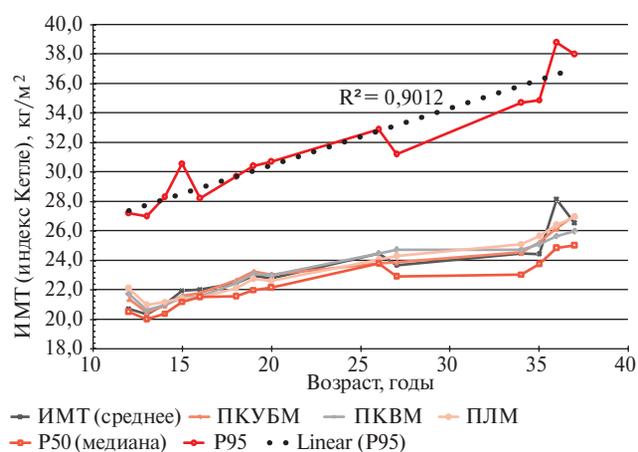


Рис. 3 Возрастная динамика средних значений и медиан ИМТ (индекса Кетле) вместе с прогнозируемым ИМТ в линейной, квадратичной и кубической моделях у лиц женского пола.

ных ИМТ (среднее и медиана для каждой возрастной группы) вместе с прогнозируемым ИМТ в кубической, квадратичной и линейной моделях, а также верхние 95-процентные отрезные точки (P95)

повозрастных эмпирических распределений. Коэффициенты линейной регрессии в этом исследовании составляют ~0,50 кг/м<sup>2</sup> в год для мальчиков и 0,55 кг/м<sup>2</sup> в год для девочек.

На рисунке 1 показана возрастная динамика ИМТ у детей 1-16 лет жизни по данным исследования RLMS. Представлены средние значения ИМТ, верхние 95-процентные отрезные точки распределений ИМТ и прогнозируемые значения ИМТ в линейной модели у мальчиков и девочек. До 14 лет практически нет различий между мальчиками и девочками по этим характеристикам, тогда как в дальнейшем различия становятся очевидными из-за более высокого роста и меньшего значения ИМТ мальчиков.

На рисунках 4 и 5 также представлена возрастная динамика средних значений и медиан ИМТ, а также прогнозируемые значения ИМТ в линейной, квадратичной и кубической моделях в 8-летнем проспективном исследовании московских школьников. Коэффициенты линейной регрессии в этом исследовании составляют ~0,64 кг/м<sup>2</sup> в год для мальчиков и 0,70 кг/м<sup>2</sup> в год для девочек.

Коэффициенты регрессии в линейной модели для ИМТ по проведенным исследованиям и полу представлены в таблице 2. В более ранних исследованиях наблюдается несколько меньшая скорость увеличения ИМТ, но при этом большая скорость его прироста у девочек по сравнению с мальчиками. Максимальная скорость увеличения ИМТ приходится на возраст 12-18 лет. Более того, ожидаемый прирост ИМТ младших школьников по полученным данным составляет половину от ожидаемого прироста ИМТ старших школьников и молодежи послешкольного периода (рисунок 6). Кривая возрастной динамики ИМТ у мужчин в исследовании ЭССЕ-РФ практически продолжает данные Международного кооперативного исследования по ювенильной артериальной гипертензии (ЮАГ), тогда как у женщин эта кривая расположена значительно ниже. Эту особенность можно объяснить тем, что современные российские женщины весьма озабочены набором излишнего веса и пытаются его контролировать, чего не наблюдалось в советский период [12].

Предложены два варианта процедуры принятия решения при экстремальном индивидуальном приросте ИМТ:

- Известно только последнее значение ИМТ индивидуума.
- Известны несколько последних измерений ИМТ<sub>i</sub> (i=1,...k).

В первом варианте, решение принимается по общепопуляционному тренду изменения ИМТ в данном возрастном диапазоне, исходя из формулы:

$$\text{ИМТ}(\text{age}) = \text{ИМТ}(\text{age}_0) + \beta * (\text{age} - \text{age}_0) = \text{ИМТ}(\text{age}_0) + \beta * \Delta \text{age}, \text{ где}$$

age — возраст, для которого прогнозируется ИМТ на основании данных об ИМТ в возрасте age<sub>0</sub>;

β — коэффициент регрессии из таблицы 2 для соответствующего пола;

Δage — приращение возраста, для которого надо вычислить ожидаемый ИМТ (обычно это полгода — год).

Во втором варианте, решение принимается на основании индивидуального тренда по последним k-измерениям его ИМТ. Алгоритм расчетов приведен в Приложении 1.

Поскольку физический смысл параметра β-коэффициента в линейном уравнении регрессии — скорость увеличения ИМТ в год, то оба решающих правила сводятся к сравнению текущего ИМТ(age) и верхней границы нормы ИМТ<sub>95</sub>(age+Δage), где ИМТ<sub>95</sub> — верхняя 95%-отрезная точка ИМТ в возрасте age+Δage. Каким бы образом она не определялась, необходимо сравнивать ΔИМТ=ПИМТ(age+Δage)-ИМТ<sub>95</sub>(age+Δage) с β-коэффициентом, где ПИМТ — прогнозируемый ИМТ. Так, если возраст увеличился на 1 год (Δage=1(год)) и, если ИМТ+β>=ИМТ<sub>95</sub>(age+1), — индивидуума и необходимо информировать об избыточности его веса для принятия соответствующих мер.

В 2009г была предложена система предотвращения и слежения за состоянием Ож (Патент № 2421133) [13], которая включает, по крайней мере, один стационарный модуль предупреждения ИзМТ и Ож путем сбора антропометрической информации о человеке в фиксированном месте (дома, школе, медицинском учреждении и т.д.) и, по крайней мере, один модуль предупреждения ИзМТ и Ож на борту автомобиля, путем сбора антропометрической информации, по крайней мере, об одном человеке, находящемся в автомобиле. Система также включает коммуникационные средства для связывания, по крайней мере, одного стационарного модуля и, по крайней мере, одного модуля предотвращения ИзМТ и Ож на борту автомобиля, с основной службой предупреждения развития Ож для прогнозирования и профилактики развития Ож у указанного человека. В описанной Глобальной Системе предотвращения и слежения за ИзМТ и Ож существует возможность иметь в автомобиле средства контроля

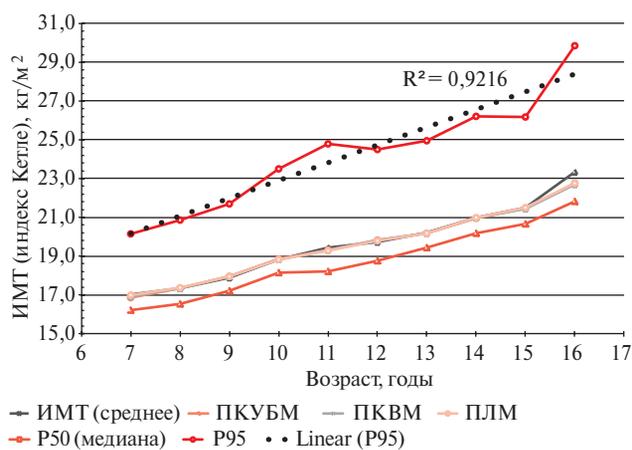


Рис. 4 Возрастная динамика средних значений и медиан ИМТ (индекса Кетле) вместе с прогнозируемым ИМТ в линейной, квадратичной и кубической моделях у мальчиков.

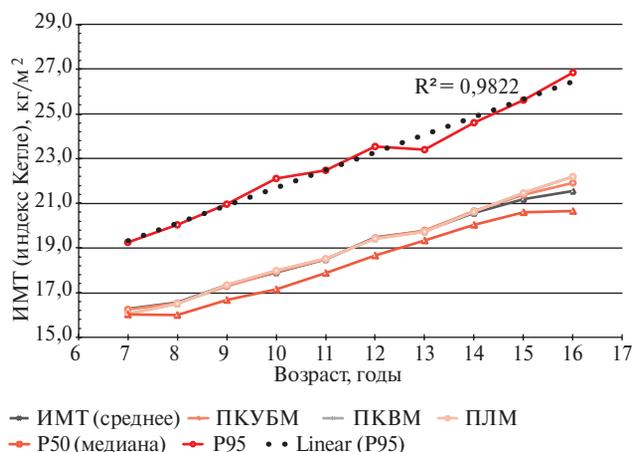


Рис. 5 Возрастная динамика средних значений и медиан ИМТ (индекса Кетле) вместе с прогнозируемым ИМТ в линейной, квадратичной и кубической моделях у девочек.

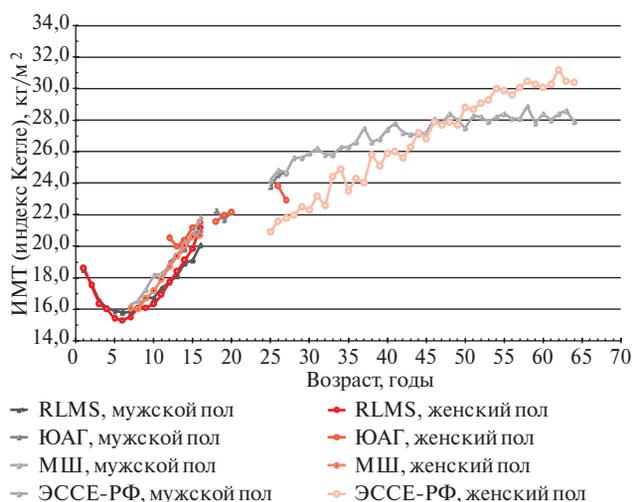


Рис. 6 Возрастная динамика медиан индекса Кетле у лиц мужского и женского пола в 4-х популяционных исследованиях.

веса человека, которые измеряют и запоминают вес человека, находящегося на автомобильном сиденье. Путем сбора достаточного для качественной оценки тренда относительной массы тела (ОМТ) к ИзМТ или Ож количества дешевых и удобных измерений веса человека [14], занимающего место в автомобиле (водителя или пассажира), система контроля веса человека может послать автоматическое предупреждение как самому человеку, так и его врачу в случае обнаружения тренда к избыточному весу или Ож. Наличие средств автоматической посылки предупреждения человеку и его врачу, в случае обнаружения тренда ОМТ к ИзМТ или Ож является необходимым для эффективного и своевременного предотвращения и коррекции ИзМТ и Ож [13].

## Заключение

Многомерный регрессионный анализ динамики ИМТ (индекса Кетле) в четырех популяционных исследованиях, различающихся по срокам наблюдения и возрастному диапазону, позволил разработать метод оценки тренда ОМТ детей и взрослых к ИзМТ в коротком временном периоде. Эта информация в отношении ребенка или взрослого должна регистрироваться и оперативно сообщаться врачу. В результате совместной работы врача и пациента возможна своевременная коррекция избыточной прибавки веса как у ребенка, так и взрослого. Предлагаемый метод может быть использован в защищенной патентом (№ 2421133) автоматизированной системе предупреждения ИзМТ и Ож [13].

## Литература

- World Health Organization. Obesity and overweight. Fact sheet N°311. Updated January 2015. Russian, available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/ru/>, 8 March 2015. Russian (Всемирная Организация здравоохранения. Ожирение и избыточный вес. Информационный бюллетень №311. Январь 2015г).
- National Center for Health Statistics. Health, United States, 2013: With Special Feature on Prescription Drugs. Maryland: Hyattsville, 2014; 511 p.
- The challenge of obesity in the WHO European Region and the strategies for response. Summary. Edited by Branca F, Nikogosian H and Lobstein T. WHO, 2009; xii + 392 p. Russian (Проблема ожирения в Европейском регионе ВОЗ и стратегии ее решения / Под ред. Branca F, Nikogosian H, Lobstein T. ВОЗ, 2009; xii + 392 с).
- Shalnova SA, Deev AD, Karamnova NS. Gender-specific associations between educational status and body weight in the Russian national representative sample. Cardiovascular Therapy and Prevention 2009; 8(7): 17-24. Russian (Шальнова С.А., Деев А.Д., Карамнова Н.С. Гендерные особенности связи образовательного статуса и характеристик массы тела по данным обследования российской национальной представительной выборки. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2009; 8(7): 17-24).
- Dedov II, Melnichenko GA, Butrova SA, et al. Obesity in adolescents. Results of Russian epidemiological trial. Ter Arkh 2007; 79(10): 28-32. Russian (Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Бутрова С.А., Савельева Л.В. Ожирение в подростковом возрасте. Результаты российского эпидемиологического исследования ожирения в подростковом возрасте. Тер архив 2007; 79(10): 28-32).
- Rozanov VB, Alexandrov AA, Shugaeva EN, et al. Overweight prognostic value in adolescent boys: 10-year prospective study. Cardiovascular Therapy and Prevention 2007; 4: 72-9. Russian (Розанов В.Б., Александров А.А., Шугаева Е.Н. и др. Прогностическое значение избыточной массы тела у мальчиков-подростков: 10-летнее проспективное наблюдение. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2007; 6(4): 72-9).
- Freedman DS, Khan LK, Serdula MK, et al. The relation of childhood BMI to adult adiposity: the Bogalusa heart study. Pediatrics 2005; 115 (1): 22-7.
- International collaborative study on juvenile hypertension. Torok E., Csukas M., Gyarfás I., eds. — Budapest: Hungarian Institute of Cardiology, 1987; 287 p.
- Research Organizing Committee of the ESSE-RF project. Epidemiology of cardiovascular diseases in different regions of Russia (ESSE-RF). The rationale for and design of the study. Profilakticheskaja meditsina 2013; 16(6): 25-34. Russian (Научно-организационный комитет проекта ЭССЕ-РФ. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России. Обоснование и дизайн исследования. Профилактическая медицина 2013; 16(6): 25-34).
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. BMJ 2000; 320 (7244): 1-6.
- SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4<sup>th</sup> ed., Vol. 1 & 2. — Cary, North Carolina: SAS Institute, Inc., 1990.
- Dennis BH, Thomas RP, Irving SH, et al. Nutrient Intake in Women Aged 20-69 Years from US and USSR Lipid Research Clinic Populations. Atherosclerosis Reviews, Volume 17: Lipoproteins and Atherosclerosis; RI Levy, AN Klimov, VN Smirnov and HA Tyroler, eds. York: Raven Press, 1988; pp. 221-42.
- Global system of preventing and controlling excessive weight and obesity: Patent 2421133 Russian Federation: МПК51 А61В 5/103, А61В 5/107, G01G 9/00, G01G 19/40, G01G 19/64 / EG Kriger (US); Proprietors: EG Kriger (US), VV Kushnerev (RU), AA Alexandrov (RU), AD Deev (RU). — #2009114799/14, Application: 21.04.2009; Date of publication: 20.06.2011 Bull. 17. — 47p. Russian (Глобальная система предотвращения и слежения за избыточным весом и ожирением: пат. 2421133 Рос. Федерация: МПК51 А61В 5/103, А61В 5/107, G01G 9/00, G01G 19/40, G01G 19/64 / Е.Г. Кригер (US); патентообладатели Е.Г. Кригер (US), В.В. Кушнерев (RU), А.А. Александров (RU), А.Д. Деев (RU). — № 2009114799/14; заявл. 21.04.2009; опубл. 20.06.2011 Бюл. № 17. — 47 с).
- Technology and methods of on-board vehicle occupant accurate weighing by a simplified weighing apparatus based on weighing moderator and its applications in on-board occupant weighing systems: United States Patent application #14/282715, Yefim G. Kriger, filed May 20, 2014; published December 4, 2014.

## Приложение 1

### Параметры регрессии серии индивидуальных измерений антропометрических данных

Пусть имеется серия длины  $n$  измерений показателя относительной массы тела (ОМТ) у одного индивидуума:  $ИМТ_i$  ( $ИМТ_{1,-,-,-}ИМТ_n$ ) в возрасте  $age_i$  ( $age_{1,-,-,}age_n$ ) — выборка индивидуальных измерений  $ИМТ_i$  в возрасте  $age_i$ . Предполагается, что  $ИМТ_i$  связан с возрастом линейным соотношением:  $ИМТ_i = a + b \cdot age_i + \varepsilon_i$ , где  $a$  и  $b$  — неизвестные константы, оцениваемые по выборке,  $\varepsilon_i$  — нормально распределенная ошибка с дисперсией  $\sigma^2$ . Предположение линейности не является ограничительным, поскольку рассматриваются интервалы времени в рамках небольшого временного периода (в пределах до года). Оценкой константы  $b$  является выборочный коэффициент регрессии  $\beta = \frac{\sum(ИМТ_i - NИМТ) \cdot (age_i - Nage)}{\sum(age_i - Nage)^2}$ , где  $NИМТ$  — среднее значение  $ИМТ$  в выборке,  $Nage$  — средний возраст ( $age$ ) в выборке, а суммирование происходит по  $i$  ( $i=1, \dots, n$ ).

В предположении, что от выборки к выборке возраст фиксирован, а  $ИМТ$  измеряется несмещенно с некоторой нормально распределенной ошибкой  $\varepsilon_i$  с дисперсией ошибки  $\sigma^2$ , можно показать, что  $\beta$  имеет ожидаемое значение  $b$  и дисперсию  $\sigma^2 / \sum(age_i - Nage)^2$ . Дисперсию  $\sigma^2$  можно оценить как остаточную сумму квадратов от выборочной регрессии:  $S^2 = \frac{\sum(ИМТ_i - NИМТ)^2 - \beta^2 \sum(age_i - Nage)^2}{n-2}$ . Оказывается, что в указанных предположениях величина  $t = \frac{(\beta - b) \cdot \sum(age_i - Nage)^{0.5}}{S}$  имеет распределение Стьюдента с  $n-2$  степенями свободы и не зависит от набора ( $age_i$ ).