

## СВЯЗЬ МАССЫ ТЕЛА ПРИ РОЖДЕНИИ С СОЦИАЛЬНЫМИ И БИОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

**Цель исследования** – на современном материале, охватывающем представителей различных этнических, расовых и социальных групп населения РФ, разработать математическую модель, описывающую зависимость массы тела при рождении от медико-биологических и социальных факторов.

**Материалы и методы.** Исходные данные получены при обработке медицинской документации (историй родов 1999–2006 гг.). Выборка общим объемом 3055 пар мать-дитя включила представителей городского и сельского населения шести этнотерриториальных групп: мари, коми, бурят, русских Перми, республики Коми и Бурятии. Изучение комплексного влияния 15 биологических и социальных факторов на массу тела новорожденных проводилось методом множественной регрессии.

**Результаты и обсуждение.** В результате анализа получено линейное по параметрам уравнение множественной регрессии, описывающее зависимость массы тела при рождении от некоторых биологических и социальных факторов. Предложенная модель описывает около 30% изменчивости массы тела новорожденных. Коэффициент множественной корреляции  $R = 0,56$ . Модель адекватна (согласно критерию Фишера), статистически значима ( $p < 0,0001$ ) и показала высокую воспроизводимость при проверке на подвыборках.

**Заключение.** Из доступных для анализа факторов, наибольшим статистическим «весом» в объяснении изменчивости массы тела при рождении характеризуются гестационный возраст и масса тела женщины. Дополнительное (модифицирующее) влияние оказывают брачный статус, рост и место жительства (село или город) матери, порядковый номер рождения ребёнка, гемоглобин крови матери, возраст матери.

Предложенная модель не учитывает таких очевидно высоко значимых для массы тела новорожденного показателей, как состояние здоровья и контакт с токсическими веществами матери, качество питания и медицинского сопровождения.

**Ключевые слова:** регрессионная модель; размеры тела; неонатология; гестационный возраст; брачный статус; город–село; порядковый номер рождения; гемоглобин крови; возраст матери

---

### Введение

Особенности внутриутробного развития ребёнка во многом обусловлены «окружающей средой», которую представляет собой организм матери [World Health Organization, 1980]. Воздействие внешней среды на плод модифицируется адаптивными реакциями матери, сила и адекватность которых зависит от индивидуальных медико-биологических особенностей женщины, определяемых статусом здоровья и питания, уровнем доходов, комфортностью среды, качеством медицинского обслуживания и т.п. В итоге, размеры новорожденных не только выступают показателем состояния здоровья и физического развития отдельного ребёнка, но служат и важным индикатором каче-

ства жизни популяции в целом [Федотова, Боровкова, 2012; Вершубская, Козлов, Касаткина, 2014; Ward, 1993; Mironov, 2007, 2012; McGovern, 2011; Aizer et al., 2014; Amosu et al., 2014].

Хотя сегодня масса тела младенцев часто используется демографами и специалистами в области социальной (популяционной) медицины в качестве интегрального показателя благополучия той или иной группы, ряд вопросов теоретического плана всё ещё требует углублённого анализа.

В частности, недостаточно исследовано влияние различных факторов на массу тела при рождении.

Наиболее известна в данном отношении работа P.Ward, остающаяся одним из наиболее обстоятельных и масштабных исследований зависимости

размеров новорожденных от экономического и социального статуса их родителей [Ward, 1993]. Наиболее существенным недостатком является то, что автор строил математическую модель, изначально учитывающую малую долю (4-5%) изменчивости изучаемого признака. В результате, хотя выводы и выглядят убедительно, вне поля зрения осталось влияние целого ряда факторов, роль которых может оказаться весьма существенной. Причина в том, что P.Ward опирался на медико-статистические материалы XIX века, которые не включали антропометрические характеристики и расовую принадлежность матери, влияние климатических условий и многие другие показатели, которые стали накапливаться лишь в XX веке.

**Цель исследования** – на современном материале, охватывающем представителей различных этнических, расовых и социальных групп населения РФ, разработать математическую модель, описывающую зависимость массы тела при рождении от медико-биологических и социальных факторов.

### Материалы и методы

Изучение сочетанного, комплексного влияния биологических и социальных факторов на массу тела новорожденных проводилось методом множественной регрессии.

Исходные данные получены при обработке медицинской документации (историй родов 1999-2006 гг.) отделов родовспоможения лечебно-профилактических учреждений городов Козьмодемьянск, Пермь, Сыктывкар и Улан-Удэ. Выборка включила представителей городского и сельского населения шести этнотерриториальных групп: мари, коми, бурят, а также русских Перми и республик Коми и Бурятия (табл. 1). Общее количество включённых в анализ карт историй родов  $N=3055$ . Поскольку в некоторых картах данные по отдельным признакам отсутствовали, размеры выборок по парам анализируемых значений оказались несколько ниже (конкретные объёмы выборок приведены в результирующей таблице).

Учитывались следующие показатели. *Характеристики матери*: этническая принадлежность; возраст на момент поступления в медицинское учреждение; место жительства (город, село); длина и масса тела в предродовом периоде; стандартные акушерские размеры таза (*distanciae cristarum, spinarum, trochanterica, conjugata externa*); гемоглобин крови в предродовом периоде; порядковый номер настоящей беременности; возраст менархе;

**Таблица 1. Характеристики выборок**  
**Table 1. Characteristics of study samples**

Этно-территориальная группа	Место жительства	Выборка N	Годы родов
Русские Пермь	город	823	2006
Русские Р. Коми	село	183	2004
	город	296	2004
Русские Улан-Удэ	город	360	2006
Буряты Улан-Удэ	город	387	2006
Марийцы	село	352	1999-2000
	город	116	1999-2000
Коми	село	259	2004
	город	279	2004
Общая численность – 3055			

брачный статус (брак зарегистрирован, не зарегистрирован, одинокая). *Характеристики новорожденного*: порядок рождения, пол; гестационный возраст (в неделях); длина и масса тела; объёмы головы и груди.

Масса тела новорожденных мальчиков и девочек в некоторых из рассматриваемых групп различается [Вершубская, Козлов, 2011; Вершубская, Козлов, 2012]. Для элиминации влияния пола младенца на его массу, а также устранения возможной систематической ошибки взвешивания в каждом медицинском учреждении, изучаемый признак был нормирован по полу отдельно для каждого роддома. То есть над переменной «масса новорожденного» было произведено преобразование вида

$$X_i r = \frac{X_i - M}{SD}, \text{ где}$$

$X_i$  – масса тела новорожденного,  $M$  – среднее арифметическое,  $SD$  – стандартное отклонение (для каждого пола и роддома).

Построение модели первоначально основывалось на визуальном, корреляционном и дисперсионном анализе связей всех доступных показателей с массой тела новорожденного и между собой. В качестве предикторов были выбраны показатели имеющие наименьшие взаимные корреляции и наибольшее влияние на отклик.

В частности, признаки, отражающие размеры тела матери (длина и масса, акушерские размеры таза) коррелируют с массой тела новорожденного [Каарма, 1981; Козлов, Чистикина, Вершубская, 1994; Вершубская, Козлов, 2011; Вершубская, Козлов, 2012]. Поскольку размеры таза женщины также довольно сильно связаны между собой, на первом этапе исследования в модель был включён только один размер таза – *D.cristarum*. Пошаговый регрессионный анализ показал, что независимый вклад этого параметра в объяснение изменчивости

массы новорожденного пренебрежимо мал при контролируемых длине и массе тела матери. Кроме того, этот размер таза демонстрирует большую тесноту связи с массой матери, чем длина её тела. Поэтому параметр  $D.cristarum$  был исключен из модели, как избыточный. Предварительный анализ показал также, что наборы факторов в моделях для мальчиков и девочек по отдельности не отличаются. Исходя из этого, мы сочли рациональным построение общей модели.

## Результаты

Обобщенное статистическое описание модели приведено в таблице 2. Параметры, включенные в модель, а также коэффициенты регрессии и их статистические характеристики приведены в таблице 3.

В целом уравнение множественной регрессии значимо с высокой степенью достоверности ( $p < 0,0001$ ). Это означает, что на основании значений независимых переменных (предикторов, включенных в модель регрессии) можно предсказать массу тела новорожденного гораздо точнее, чем случайным образом.

Коэффициент множественной корреляции равен 0,56, коэффициент детерминации  $R^2 = 0,31$ . То есть, включенными в модель независимыми переменными объясняется более 30% изменчивости массы тела новорожденного.

Чтобы оценить относительный вклад различных независимых переменных в вариацию массы тела при рождении, рассмотрим приведённые в таблице 3 стандартизованные коэффициенты регрессии (в-коэффициенты). Видно, что наибольший эффект оказывают гестационный возраст новорожденного и масса тела матери. Остальные переменные имеют хоть и достоверное, но на порядок меньшее значение.

Отметим отрицательный в-коэффициент квадрата возраста матери. Это значит, что при его отклонении от определенных значений, масса новорожденного в среднем уменьшается (при выравнивании по всем остальным включенным в модель независимым переменным). Следует обратить внимание и на обратную связь между содержанием гемоглобина в крови матери и массой новорожденного.

**Таблица 2. Обобщенное статистическое описание модели**

**Table 2. Summary statistics for the birth weight regression model**

Статистический показатель	Значение
Коэффициент множественной корреляции R	0,5591
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	0,3125
Скорректированный коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	0,3106
Значение F-критерия (8,2870)	163,0981
Уровень значимости p меньше	0,0000
Стандартная ошибка модели	0,8293

## Обсуждение

Предложенная модель описывает небольшую часть изменчивости массы тела новорожденных (ок 30%). Это объясняется тем, что мы могли анализировать только те показатели, информация о которых содержится в медицинской документации – историях родов. Неучтенным остался вклад таких важных факторов, как качество питания и медицинского обслуживания, состояние здоровья матери в дородовой период и, особенно, в период вынашивания, хотя он, несомненно, велик.

Вид аналитической зависимости (вид регрессионной кривой) выбирался исходя из анализа полей корреляции визуально, а затем подтверждался экспериментально путем сравнения величины остаточной дисперсии для разных моделей регрессии.

Все включенные в модель факторы надежны с высокой степенью достоверности (см. табл. 3). Модель адекватна (по критерию Фишера) и статистически значима (см. табл. 2). Она проверялась на подвыборках и показала высокую воспроизводимость.

Предикторы в таблице 3 расположены в порядке убывания их вклада в изменчивость массы тела при рождении. Два первых из них – гестационный возраст и масса тела матери, ожидаемо объясняют большую часть этой изменчивости. Однако интересно, что такие социальные показатели как брачный статус и место жительства (село/город), тоже оказываются значимыми в рассматриваемой модели.

## Заключение

Представленная в настоящей публикации модель регрессионной зависимости массы тела мла-

**Таблица 3. Параметры и статистические характеристики регрессионной модели массы тела новорожденного****Table 3. Regression summary for the birth weight model**

Параметр	N	$\beta$	SE $\beta$	B	SE B	p
Константа	--	--	--	-14,361	0,6438	0,000000
Гестационный возраст	3010	0,450	0,0157	0,328	0,0114	0,000000
Масса тела матери	2932	0,242	0,0174	0,021	0,0015	0,000000
Брачный статус	3035	0,078	0,0158	0,118	0,0240	0,000001
Длина тела матери	3037	0,071	0,0173	0,011	0,0028	0,000049
Место жительства (город-село)	3055	-0,068	0,0157	-0,078	0,0179	0,000015
Порядковый номер рождения	3055	0,057	0,0167	0,075	0,0219	0,000659
Гемоглобин матери	2998	-0,046	0,0155	-0,003	0,0011	0,002891
Квадрат возраста матери	3052	-0,037	0,0164	-0,001	0,0004	0,025082

Примечания: N – количество пар анализируемых значений.  $\beta$  – стандартизованные коэффициенты регрессии. B – коэффициент регрессии. SE – стандартная ошибка. p – уровень значимости отличия от нуля коэффициента регрессии.

Notes: N – number of pairs in analysis.  $\beta$ -standardized regression coefficient. B – regression coefficient. SE – standard error. p – statistical significance.

денца от социальных и биологических показателей построена на материале, охватывающем широкий спектр изменчивости характеристик российских женщин фертильного возраста и их новорожденных детей. Анализируемая выборка включила представителей различных этнических и расовых групп (европеоидов и монголоидов), а также жителей крупных и малых городов и сельских поселений.

Исследование показало, что наибольшим статистическим «весом» в объяснении изменчивости массы тела при рождении характеризуются гестационный возраст и масса тела женщины. Дополнительное (модифицирующее) влияние оказывают брачный статус матери, рост матери, место жительства (село или город), порядковый номер рождения ребёнка, гемоглобин крови матери, возраст матери. Эти показатели связаны с качеством жизни женщины: условиями вынашивания беременности, комфортностью среды проживания, статусом питания, но далеко не полностью их описывают. Полученные результаты согласуются с мнением, согласно которому основные антропометрические параметры заданы биологически, тогда как проявляющиеся в ходе раннего развития ребёнка вариации размеров тела во многом обусловлены условиями среды [Brizzee, Dunlap, 1986; WHO Multicentre..., 2009].

## Благодарности

Работа выполнена в рамках НИР АААА-А19-119013090163-2 «Антропология евразийских популяций (биологические аспекты)» при частичной поддержке гранта РФФИ 18-09-00487.

## Библиография

- Вершубская Г.Г., Козлов А.И.* Долговременные изменения размеров тела новорожденных и их матерей в Сибири и на Европейском Севере РФ // Вестник археологии, антропологии и этнографии, 2011. № 2 (15). С. 142-151.
- Вершубская Г.Г., Козлов А.И.* Долговременные изменения размеров тела новорожденных Пермского края // Пермский медицинский журнал, 2012. Т. 29. № 6. С. 97-105.
- Вершубская Г.Г., Козлов А.И., Касаткина Я.А.* Влияние доходов и питания населения на размеры тела новорожденных // Педиатрия. Журнал им.Г.Н.Сперанского, 2014. Т. 93. № 1. С. 115-117.
- Каарма Х.Т.* Система антропометрических признаков у женщин. Таллинн: Валгус, 1981. 168 с.
- Козлов А.И., Чистикина Г.Л., Вершубская Г.Г.* Этническая изменчивость акушерских размеров таза // Женщина в аспекте физической антропологии. М.: РАН, 1994. С. 110-117.
- Федотова Т.К., Боровкова Н.П.* Изменчивость размеров тела новорожденных в связи с некоторыми биосоциальными факторами // Вестник антропологии, 2012 № 20. С. 52-62.

## Сведения об авторах

*Вершубская Галина Григорьевна;*  
ORCID ID: 0000-0003-2452-1532; ggver@ya.ru;  
*Козлов Андрей Игоревич, д.б.н.;*  
ORCID ID: 0000-0002-6710-4862; dr.kozlov@gmail.com.

Поступила в редакцию 10.03.2020,  
принята к публикации 20.03.2020.

Vershubskaya G.G., Kozlov A.I.

Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology,  
Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia

## BIRTH WEIGHT RELATION TO SOCIAL AND BIOLOGICAL FACTORS

**The aim of the study was to develop a mathematical model describing the birth weight connection to medical, biological, and social factors, employing the contemporary data obtained in various ethnic, racial, and social groups of the Russian Federation.**

**Materials and methods.** The original data were gathered from the 1999-2006 labor and delivery medical records. The study subjects (a total  $n=3055$ ) represent urban and rural population of the six ethno-territorial groups: Mari, Komi, Buryat, and Russians of Perm, the Komi Republic and Buryatia. A complex effect of 15 biological and social factors on the body weight of newborn was tested by the method of multiple regression.

**Results and discussion.** The analysis resulted in a multivariate parametrically linear regression equation that describes the association of birth weight with certain biological and social factors. The proposed model explains about 30% of the birth weight variability. Multiple correlation coefficient  $R=0.56$ . The model is adequate (according to Fisher criterion), statistically significant ( $p < 0.0001$ ) and highly reproducible when tested on sub-samples.

**Conclusion.** Of the variables that have been included in the model, gestational age and maternal weight turned to be the most statistically important predictors of the outcome. Far less significant confounders are maternal marital status, stature, type of residence (village or city), hemoglobin level, age, and the sequential number of birth.

The analysis does not account for the highly important characteristics obviously influencing birth weight, such as maternal health conditions and her exposure to toxic substances, nutrition and the quality of medical care.

**Keywords:** regression model; body size; newborn; gestational age; marital status; urban-rural; birth order; hemoglobin; maternal age

### References

- Vershubskaya G.G., Kozlov A.I. Dolgovremennye izmeneniya razmerov tela novorozhdennyh i ih materej v Sibiri i na Evropejskom Severe RF [Long-term changes in body dimensions of newborns and their mothers in Siberia and in European North of Russian Federation]. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii* [Bulletin of Archaeology, Anthropology, and Ethnography], 2011, 2 (15), pp. 142-151. (In Russ.).
- Vershubskaya G.G., Kozlov A.I. Dolgovremennye izmeneniya razmerov tela novorozhdennyh Permskogo kraja [Long-term changes in body dimensions of Perm region newborns]. *Permskij medicinskij zhurnal* [Perm Medical Journal], 2012, 29 (6), pp. 97-105. (In Russ.).
- Vershubskaya G.G., Kozlov A.I., Kasatkina Ya.A. Vliyanie dohodov i pitaniya naseleniya na razmery tela novorozhdennyh [Newborns' body mass in connection with population food consumption]. *Pediatrics. Zhurnal im. G.N.Speranskogo* [Pediatrics. Journal named after G.N.Speransky], 2014, 93 (1), pp. 115-117. (In Russ.).
- Kaarma H.T. *Sistema antropometricheskikh priznakov u zhenshchin* [The System of Anthropometric Traits in Women]. Tallinn, Valgus Publ., 1981. 168 p. (In Russ.).
- Kozlov A.I., Chistikina G.L., Vershubskaya G.G. Etnicheskaya izmenchivost' akusherskih razmerov taza [The ethnic variability of the obstetric pelvis sizes]. In *Zhenshchina v aspekte fizicheskoy antropologii* [Woman in the Aspect of Physical Anthropology]. Moscow, RAN Publ., 1994, pp. 110-117. (In Russ.).
- Fedotova T.K., Borovkova N.P. Izmenchivost' razmerov tela novorozhdennyh v svyazi s nekotorymi biosocial'nymi faktorami [Variability of newborn's body dimensions in connection with some bio-social factors]. *Vestnik antropologii* [Bulletin of Anthropology], 2012, 20, pp. 52-62. (In Russ.).
- Aizer A., Higa F.B., Winkler H. *Inequality, Relative Income and Newborn Health*. Brown University, Dept. of Economics, 2014. 52 p.
- Amosu A.M., Degun A.M., Daniel Ter Goon. Maternal socio-demographic characteristics as correlates of newborn birth weight in urban Abeokuta, Nigeria. *Biomedical Research*, 2014, 25 (4), pp. 612-616.
- Brizzee K.H., Dunlap W.P. *Growth. Comparative primate biology, vol.3: Reproduction and development*. New York, Alan R.Liss, 1986. pp. 363-413.
- McGovern M.E. *Still Unequal at Birth: Birth Weight, Socioeconomic Status and Outcomes at Age 9*. Dublin, University College Dublin, WP11/25, 2011. 25 p.
- Mironov B. Birth weight and physical stature in St. Petersburg: Living standards of women in Russia, 1980–2005. *Econ. Hum. Biol.*, 2007, 5 (1), pp. 123-143.
- Mironov B. *The Standard of Living and Revolutions in Russia, 1700–1917*. L., N.Y., Routledge, Taylor and Francis Group, 2012. 668 p.
- Ward P.W. *Birth Weight and Economic Growth: Women's Living Standards in the Industrializing West*. Chicago-London, Univ. of Chicago Press, 1993. 234 p.
- WHO Multicentre Growth Reference Study Group. *WHO Child Growth Standards: Growth velocity based on weight, length and head circumference: Methods and development*. Geneva, World Health Organization, 2009. 242 p.
- World Health Organization. *The incidence of low birth weight: A critical review of available information*. Geneva, World Health Stat. Q., 1980. 33 p.

### Information about Authors

Vershubskaya Galina; ORCID ID: 0000-0003-2452-1532; ggver@ya.ru;

Kozlov Andrew I., PhD, D.Sci.; ORCID ID: 0000-0002-6710-4862; dr.kozlov@gmail.com.