



青少年身体发育与血细胞组成的相关性

PHYSICAL DEVELOPMENT AND BLOOD COMPOSITION CORRELATION IN ADOLESCENTS

© V.O. Erkudov¹, A.J. Volkov², A.P. Pugovkin¹, O.I. Musaeva², M.V. Chistyakova³,
S.S. Rogozin¹, M.A. Pakhomova¹, L.D. Balashov¹

¹ St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia;

² Saint Petersburg District Polyclinic No. 109, Children's Polyclinic Department No. 3, Saint Petersburg, Russia;

³ School No. 225, Admiralteysky District of Saint Petersburg, Saint Petersburg, Russia

For citation: Erkudov VO, Volkov AJ, Pugovkin AP, et al. Physical development and blood composition correlation in adolescents. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2020;11(3):41-47. <https://doi.org/10.17816/PED11341-47>

Received: 10.04.2020

Revised: 20.05.2020

Accepted: 23.06.2020

绪论这项研究的目的是建立由Z指数确定的青春期男孩的身高和体重偏差与其外周血细胞组成之间的关系。**材料与方法。**在常规的预防检查中测量了83名年轻男性的身体长度。根据测量结果,根据世界卫生组织2007年身高的参考值的标准计算Z指数。血液的细胞成分是用现代血液学分析仪测定的。计算Spearman相关系数,对所得结果进行统计分析。**结果。**通过分析血液学指标的值与Z指数所确定的体重和身体长度的偏差之间的关系,可以看出如下关系。血红蛋白浓度与身体质量指数的Z指数呈中度正相关,红细胞压积与身体质量指数的Z指数和体长呈中度正相关。血红蛋白浓度与体长Z指数呈弱正相关;红细胞数量与身体质量指数的Z指数和体长值的关系;MCV与身体质量指数的Z指数和体长。MCH、MCHC、白细胞、血小板计数与身体质量指数、体长Z指数无相关性。**结论。**在血色正常条件下,红细胞数量、血红蛋白含量和体长偏差的相关性得到了显示。所得的规律可以通过假设红细胞生成特征与身体尺寸之间的关系来解释。可以认为,身体质量指数较低的儿童红细胞和血红蛋白的数量较低是由于他们的身体普遍缺乏可塑性造成的。所得结果可用于鉴别和分析身体发育与内环境形态功能特征之间关系的标记物。

关键词: 体型分类; 青少年; 红细胞; 血小板; 身体质量指数

The goal of the study was to assess the correlation between height and body mass deviations measured with the aid of Z-index in teens and cell component of their peripheral blood. **Materials and methods.** Apical height was measured in 83 adolescent boys in the course of regular prophylactic medical examination. Z-index was calculated according to WHO Growth Reference, 2007. Cell blood composition was studied with the help of automatic hematologic analyzer. The empiric data was processed statistically using Spearman's correlation coefficient. **Results.** The analysis of hematologic parameters correlation with deviations of height and bodymass by Z-index has yielded relationship as follows: moderate positive correlation of Hb concentration with bodymass index Z-index, hematocrite – with bodymass and height Z-index. Besides there is a mild positive correlation of Hb concentration with bodymass Z-index; RBC number with bodymass and height Z-index, MCV – with bodymass and height Z-index. There is no correlation of MCH, MCHC, WBC and Plt number with bodymass and height Z-index. **Conclusion.** The study has demonstrated there is a correlation between RBC number, Hb concentration and height deviations in case of normochromicity. The relationship ascertained may be explained by an assumption that peculiarities of erythropoiesis correlate with body size. Lower RBC number and Hb concentration in children with smaller bodymass index may be due to general plastic deficiency in their organism. The results obtained in the present study may be used to reveal and analyze physical development and the organism morpho-functional peculiarities correlation markers.

Keywords: somatotype; adolescents; RBC; platelets; bodymass index.

绪论

物理发育与内部环境参数关系的分析问题由来已久[9]。然而，它是通过改进数据收集的技术手段而发展起来的[2, 3, 7, 14, 15]。体细胞分型的使用使能够证实人类体质及其功能特征[2, 3, 6, 7, 14, 15]和血细胞数量特征之间的关系[3]。尽管统一解决这一问题的方法有一定的局限性，这种方法开启了对环境和生物因素进行基本描述的可能性，这些因素决定了体型与内部环境参数之间的关系[3, 9, 14]。

然而，这些研究的结果并不适合在临床中使用，因为在日常卫生保健实践中对使用躯体分型有限制：通常情况下，专家来确定身体的类型时，用眼估计，而不使用特殊的技术[9]。因此，有必要对身体发育不同《水平》的受试者的血细胞数量进行比较，即按照某种公认的分类，对一定长度和体重的受试者的血细胞数量进行排序。对于哪一种评估身体发育的方法应该被考虑作为参考，文献中没有明确的意见[8, 10 - 12]。一些专家坚持在俄罗斯制定更新的标准，考虑到人口物质发展的民族、地区和宪法特点[8]，并考虑A. V. Mazurin和I. M. Vorontsov的厘数表方法由于儿童发展速度的加快而过时[10]。然而，大多数作者[10 - 12]建议使用世界卫生组织的建议来达到这些目的[16]。该方法使用方便，应用材料公开[11, 12]。此外，世卫组织的标准是根据对来自五大洲6个国家的儿童人体测量数据进行的多中心研究的结果制定的[16]。将儿童纳入制定标准的研究的条件是提供母乳喂养、正常护理、令人满意的卫生保健条件以及获得医疗服务的机会，这些共同应确保实现儿童生长和发育的遗传潜力[16]。

这项研究的目的是建立由Z指数确定的青春期的身高和体重偏差与其外周血细胞组成之间的关系。

材料与方法

这项研究是在对儿童进行常规检查时进行的，其根据俄罗斯联邦卫生部第27号命令，于2017年8月10日起在圣彼得堡国立卫生保健机构第3号儿童门诊部《第109号城市综合诊所》执行。所有参与研究的人都签署了一份《自愿知情同意书，同意进行预防性检查和个人资料处理》。研究人员测量了83名14至17岁青年男子的身体长度和体重。身体长度是使用落地医疗生长仪PM2 Diacom (Diacoms 有限责任公司，俄罗斯)进行估算，测量精度高达5毫米。体重是用电子医疗秤EMS150-Mass-K (Mass-K股份公司，俄罗斯)测量的，根据负载的不同，测量精度为50-150克。身体质量指数是由一种公认的方法确定的。根据世界卫生组织2007年身高的参考值的标准，采用世界卫生组织人类计划 (AnthroPlus) 计算体长Z指数和身体质量指数。

¹ 卫生部关于《组织执行俄罗斯联邦2017年8月10日第514-n号命令“关于对未成年人进行预防性体检程序的工作的第27号命令”》。

血液学参数采用Advia 2120 (Siemens Healthcare Diagnostics Inc., 德国)和Sysmex XT4000i (Sysmex Corporation, 日本)自动分析仪进行测定。评价：血红蛋白、红细胞和白细胞浓度，血细胞容量计指数、红细胞平均血红蛋白含量的 (红细胞平均血红蛋白量，MCH)、平均红细胞血红蛋白的浓度 (平均红细胞血红蛋白浓度、MCHC)、平均红细胞体积 (平均红细胞体积，MCV)，血小板的数量。

通过计算斯皮尔曼相关系数 (r_s) 估计长度_Z指数与身体质量指数的比值。对于 r_s 值从0到0.4，统计关系较弱；0.4至0.8为中度；从0.8到1为强。使用Microsoft Office 2010应用程序包中的内置Excel函数和2.17 (挪威，奥斯陆，2012) 统计数据处理程序进行计算[17]。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

所有数据以以下形式表示：人体测量、血液学参数或Z指数 (95%置信区间的下限；人体测量、血液学参数或Z指数的95%可信区间的上界 (μ ；上界；下限95% CI)。

结果

表1给出了受检青少年的人体测量和血液学参数。

通过分析血液学指标的值与Z指数所确定的体重和身体长度的偏差之间的关系，可以看出如下关系 (表2)。发现血红蛋白浓度与身体质量指数Z指数，血细胞比容与身体质量指数Z指数和身体长度的Z指数中等正相关。血红蛋白浓度与体长Z指数呈弱正相关；红细胞数量与身体质量指数的Z指数和体长值的关系；MCV与身体质量指数的Z指数和体长的Z指数。MCH、MCHC、白细胞、血小板计数与身体质量指数、体长Z指数无相关性。

讨论成果

在这项工作中获得的数据表明，在青少年中，红细胞的数量组成与体重和身体长度的偏差之间存在相关性。白细胞的数量和身体发育的参数之间没有关系。这可能是由于血液中白细胞的数量不像红细胞的组成那样稳定，这可以用众所周知的事实来解释，即这些细胞的迁移到组织和返回取决于身体的功能状态[5]。值得注意的是，在儿童中，红细胞数量和血红蛋白含量与体重和体长的Z指数的相关性伴有血色正常，由于单个红细胞血红蛋白浓度 (MCH) 与受试者身体发育之间缺乏相关性。考虑上述情况，我们可以得出结论，体长和体重减少或增加的儿童红细胞和血红蛋白数量少于或多于世卫组织提出的标准值与红细胞生成的特征有关，而与任何功能，如年龄、性别或环境造成的缺陷无关。在这种情况下，血液中会有血红蛋白过少或血红蛋白过多。在文献中，关于小体型胎儿中少量促红细胞生成素的信息是有限的[18]。

分析得到的结果和文献数据[9, 15]，与世卫组织的标准相比，体长值较低的儿童的红细胞和血红

表 1 / Table 1

人体测量和血液学指标在被检查的青少年的价值μ（上界； 下限95% CI）
Antropometric and hematologic parameters in studied adolescents μ (UB; LB 95% CI)

指标 / Parameter	数值 / Value
身体长度, 厘米 / Stature, cm	168,99 (166,68; 171,30)
Z-体长指数 / Z-index of Height	0,58 (0,229; 0,87)
体重, 公斤 / Bodymass, kg	58,79 (54,98; 62,61)
Z-身体质量指数 / Z-index of Bodymass index	0,29 (−0,03; 0,60)
血红蛋白浓度, 克/升 / Hb concentration, g/l	143,69 (140,53; 146,85)
血球容积指数, % / Hematocrite, %	42,05 (41,096; 42,996)
红细胞数, ×10 ¹² /L / RBC, ×10 ¹² /l	5,01 (4,90; 5,13)
MCV, 毫微微升 / MCV, fl	84,63 (83,32; 85,94)
MCH, 微微克 / MCH, pg	28,92 (28,46; 29,38)
MCHC, 克/升 / MCHC, g/l	341,96 (339,03; 344,86)
白细胞总数, ×10 ⁹ /L / WBC, ×10 ⁹ /l	6,46 (6,07; 6,86)
血小板计数, ×10 ⁹ /L / Platelets, ×10 ⁹ /l	311,04 (291,32; 330,76)

注: MCH—平均红细胞血红蛋白量, MCHC—平均血红蛋白浓度, MCV—平均红细胞体积。

表 2 / Table 2

血液学指标与身体质量指数和体长Z指数的相关性
Hematologic parameters correlation with Z-indexes of bodymass index and height

血液指标 / Hematologic parameters	Z—身体质量指数 / Z-index of Bodymass index		Z—体长指数 / Z-index of height	
	<i>r_s</i>	<i>p</i>	<i>r_s</i>	<i>p</i>
血红蛋白浓度, 克/升 / Hb concentration, g/l	0,42	0,0017601	0,34	0,012231
血球容积指数, % / Hematocrite, %	0,47	0,0004636	0,42	0,0019102
红细胞数, ×10 ¹² /L / RBC, ×10 ¹² /l	0,38	0,0064244	0,30	0,033608
MCV, 毫微微升 / MCV, fl	0,28	0,043068	0,28	0,046258
MCH, 微微克 / MCH, pg	0,19	0,18145	0,20	0,16033
MCHC, 克/升 / MCHC, g/l	−0,17	0,21441	−0,16	0,23717
白细胞总数, ×10 ⁹ /L / WBC, ×10 ⁹ /l	0,19	0,16912	0,21	0,14549
血小板计数, ×10 ⁹ /L/ Platelets, ×10 ⁹ /l	−0,03	0,83391	−0,15	0,28882

注: MCH—平均红细胞血红蛋白量, MCHC—平均血红蛋白浓度, MCV—平均红细胞体积。

蛋白数量较低，这是由于他们的身体普遍存在塑性缺陷，因为血红蛋白的合成和红细胞的形成需要正常水平的蛋白质代谢。在之前的研究中，我们已经表明，青少年瘦长型的体型与体重不足有关[4]，既血中红细胞和血红蛋白较少也有关[3]，相比之下，睡眠过度体型，伴大量红细胞和血红蛋白，以体重超标和肥胖为特征[4]。与睡眠过度体型的人相比，瘦长型体型的人表现出更强的白细胞酶活性[15]，根据作者的说法，这也是证明不同类型体质的人的蛋白质代谢特性的另一个事实。

骨髓基质因子在造血调节中的独占作用是众所周知的[5, 6]。观察到的身体质量和长度的偏差和红细胞数量的依赖关系，可以作为形成解释这些差异机制的假设的基础。可以假设，不同身高、体重、蛋白质代谢、体组成的儿童在骨髓干细胞造血微环境中存在形态和功能上的差异，从而影响红细胞的分化。

在以往的研究中，我们发现儿童睡眠过多存在血小板增多，并伴有体重增加和肥胖[3, 4]。鉴于血小板计数增加与血栓形成倾向的相关性[1, 13]，提示高脂肪褶皱厚和骨架粗大的受试者可能存在血栓形成增加的风险[3]。本文给出的结果表明，在研究身体发育与一般内环境状态，特别是血凝块过度形成的倾向之间的相关性的可能标记时，人们倾向于采用一种体质上的但不《规范》的方法。

结论

值得注意的是，如果样本量增加，这类研究的结果可能会建立监管标准，其允许对不同年龄的儿童血液细胞组成进行定量评估，并考虑到他们在体重和身体长度上的偏差。这些标准在临床实践中的应用将限制关于红细胞、血小板和血红蛋白浓度的减少和增加的错误阳性和阴性结论。

REFERENCES

1. Алексеев В.С., Платонов А.А., Малов А.Г., Алексеев С.В. Тромбоцитоз после спленэктомии у детей // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2008. – Т. 167. – № 4. – С. 53–55. [Alekseev VS, Platonov AA, Malov AG, Alekseev SV. Thrombocytosis after splenectomy in children. *Vestn Khir Im I I Grek*. 2008;167(4):53–55. (In Russ.)]
2. Бутова О.А. Параметры иммунного статуса и оси морфологической типологии // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 2. – С. 133–136. [Butova OA. Parameters of immune status and axes of morphological typology. *Fiziol Cheloveka*. 2006;32(2):133–136. (In Russ.)]
3. Еркудов В.О., Волков А.Я., Пуговкин А.П., Мусаяева О.И. Конституциональные особенности клеточного состава крови у подростков и юношей // Морфология. – 2018. – Т. 154. – № 5. – С. 50–56. [Yerkudov VO, Volkov AY, Pugovkin AP, Musayeva OI. Constitutional characteristics of the blood cell composition in male teenagers. *Morfologiya*. 2018;154(5):50–56. (In Russ.)]
4. Еркудов В.О., Скрипченко Н.В., Заславский Д.В., и др. Значение конституциональных факторов в развитии дефицита и избытка массы тела у подростков // Вопросы практической педиатрии. – 2019. – Т. 14. – № 4. – С. 21–29. [Erkudov VO, Skripchenko NV, Zaslavskiy DV, et al. Role of constitutional factors in the development of underweight and overweight in adolescents. *Problems of practical pediatrics*. 2019;14(4):21–29. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20953/1817-7646-2019-4-21-29>.
5. Зайчик А.Ш., Чурилов Л.П., Беляева И.В., и др. Общая патофизиология. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2001. – 624 с. [Zaychik AS, Churilov LP, Belyaeva IV, et al. *Obshchaya patofiziologiya*. Saint Petersburg: ELBI-SPb; 2001. 624 p. (In Russ.)]
6. Захаров Ю.М. Регуляция эритропоэза в эритробластических островках костного мозга // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2011. – Т. 97. – № 9. – С. 980–994. [Zakharov YuM. Regulation of erythropoiesis in the erythroblast islands of the bone marrow. *Russian journal of physiology*. 2011;97(9):980–994. (In Russ.)]
7. Казакова Т.В., Фефелова В.В., Николаев В.Г., Ермошкина А.Ю. Сравнительный анализ показателей деятельности вегетативной нервной системы в зависимости от пола и типа телосложения // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2009. – Т. 29. – № 6. – С. 54–60. [Kazakova TV, Fefelova VV, Nicolaev VG, Ermoshkina AY. The comparative analysis of the indexes of autonomic nervous system activity beside persons of the juvenile age in dependence from sex and type of the physique type. *Bull Sib Otd Ross Akad Med Nauk*. 2009;29(6):54–60. (In Russ.)]
8. Кильдиярова Р.Р. Оценка физического развития детей с помощью перцентильных диаграмм // Вопросы современной педиатрии. – 2017. – Т. 16. – № 5. – С. 431–437. [Kildiyarova RR. Assessing physical development of children with percentile diagrams. *Current pediatrics*. 2017;16(5):431–437. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15690/vsp.v16i5.1808>.
9. Клиорин А.И., Тиунов Л.А. Функциональная неравнозначность эритроцитов. – Ленинград: Наука, 1974. – 147 с. [Kliorin AI, Tiunov LA. *Funktsional'naya neravnoznachnost' eritrotsitov*. Leningrad: Nauka; 1974. 147 p. (In Russ.)]
10. Макарова С.Г. Действительно ли существует необходимость в создании «Региональных перцентильных кривых» массо-ростовых показателей? (комментарий к статье Р.Р. Кильдияровой «Оценка физического развития детей с помощью перцентильных диаграмм») // Вопросы современной педиатрии. – 2017. – Т. 16. – № 5. – С. 438–440. [Makarova SG.

- Is there really a need to create “regional percentile curves” of weight-height parameters? (comment to the article by Rita R. Kildiyarova “Assessing physical development of children with percentile diagrams”). *Current pediatrics*. 2017;16(5):438-440. (In Russ.) <https://doi.org/10.15690/vsp.v16i5.1809>.
11. Мартинчик А.Н., Батурич А.К., Кешабянц Э.Э., Пескова Е.В. Ретроспективная оценка антропометрических показателей детей России в 1994–2012 гг. по новым стандартам ВОЗ // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2015. – Т. 94. – № 1. – С. 156–160. [Martinchik AN, Baturin AK, Keshabyants EE, Peskova EV. Retrospective assessment of anthropometric measurements of children in Russia 1994–2012 according to the new who standards. *Pediatrriia*. 2015;94(1):156-160. (In Russ.)]
 12. Прахин Е.И., Грицинская В.Л. Характеристика методов оценки физического развития детей // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2004. – Т. 83. – № 2. – С. 60–62. [Prahin EI, Gritsinskaya VL. Estimation of child’s physical development-characteristic of methods. *Pediatrriia*. 2004;83(2):60-62. (In Russ.)]
 13. Тульцева С.Н. Тромбофилия как фактор риска развития тромбозов центральной вены сетчатки у лиц молодого возраста // Офтальмологические ведомости. – 2008. – Т. 1. – № 1. – С. 46–51. [Tultseva SN. Thrombophilia as a risk factor of central retinal vein thrombosis development among young people. *Ophthalmology journal*. 2008;1(1):46-51. (In Russ.)]
 14. Фефелова В.В., Фефелова Ю.А., Казакова Т.В., и др. Изменение активности ферментов основных метаболических путей лимфоцитов крови при пищевой нагрузке у девушек с разным компонентным составом тела (жировым, мышечным, костным) // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2015. – Т. 159. – № 3. – С. 285–289. [Fefelova VV, Koloskova TP, Fefelova YA, et al. Effect of food load on activities of enzymes of the main metabolic pathways in blood lymphocytes in girls with different anthropometric parameters. *Biull Eksp Biol Med*. 2015;159(3):285-289. (In Russ.)]
 15. Фефелова Ю.А. Изменение липидного спектра сыворотки крови у девушек разных соматотипов после пищевой нагрузки // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 1. – С. 119–124. [Fefelova YuA. Changes in the lipid composition of blood serum in girls with different somatotypes after a meal. *Fiziol Cheloveka*. 2010;36(1):119-124. (In Russ.)]
 16. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, et al. Comparison of the World Health Organization (WHO) Child Growth Standards and the National Center for Health Statistics/WHO international growth reference: implications for child health programmes. *Public Health Nutr*. 2006;9(7):942-947. <https://doi.org/10.1017/phn20062005>.
 17. Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electronica*. 2001;4(1):9.
 18. Mikovic Z, Mandic V, Parovic V, et al. Erythropoietin in amniotic fluid as a potential marker in distinction between growth restricted and constitutionally small fetuses. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2014;27(11):1134-1137. <https://doi.org/10.3109/14767058.2013.851184>.

◆ Information about the authors

Valeriy O. Erkudiv – MD, PhD, Senior lecturer of Normal Physiology Dept. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: verkudov@gmail.ru.

Aleksej J. Volkov – Head of Children’s Polyclinic Department No. 3. Saint Petersburg Regional Polyclinic No. 109, Saint Petersburg, Russia. E-mail: pd3@zdrav.spb.ru.

Andrey P. Pugovkin – PhD, Dr. Biol. Sci., Full Professor of Normal Physiology Dept. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: apugovkin@mail.ru.

Oksana I. Musaeva – Head of Children’s Polyclinic Department No. 3. Saint Petersburg Regional Polyclinic No. 109, Saint Petersburg, Russia. E-mail: oksanamusaeva@yandex.ru.

Mar’jana V. Chistjakova – 10-year Student. School No. 225 of Admiralteysky District, Saint Petersburg, Russia. E-mail: m.chistyakova714@yandex.ru.

Sergei S. Rogozin – Senior Lab. Attendant of Normal Physiology. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: box.rogozin@yandex.ru.

Maria A. Pakhomova – MD, Senior Researcher. Research Center. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: mariya.pahomova@mail.ru.

Leo D. Balashov – MD, PhD, Associate Professor, Pathophysiology Dept. St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: avas7@mail.ru.