

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ШКОЛЬНИКОВ
БЕЛАРУСИ БИОЭЛЕМЕНТАМИ ОСТЕОТРОПНОГО ДЕЙСТВИЯ
Ca, Mg, P ПО ДАННЫМ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ
И ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ВОЛОС**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF OSTEOTROPIC
BIOELEMENTS Ca, Mg, P IN SCHOOLCHILDREN FROM BELARUS
ACCORDING TO ESTIMATION OF NUTRITION
AND DATA OF HAIR SPECTROMETRY**

**Н.А. Гресь^{1*}, Э.В. Руденко¹, Е.В. Руденко¹, Т.С. Кухта²
N.A. Gres^{1*}, E.V. Rudenka¹, A.V. Rudenka¹, T.S. Kuhta²**

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Республика Беларусь

² Объединенный институт проблем информатики НАНБ, Минск, Республика Беларусь

¹ Belarusian Medical Academy of Postgraduate Training, Minsk, Republic of Belarus

² The Joined Institute of the Problems of Informatics of the National Academy of Science of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кальций, магний, фосфор, питание, спектрометрия волос

KEY WORDS: calcium, magnesium, phosphorus, nutrition, hair spectrometry.

РЕЗЮМЕ: Обеспеченность детей кальцием, магнием и фосфором по данным оценки фактического питания в сопоставлении с уровнем этих биоэлементов в волосах по результатам атомно-эмиссионной спектрометрии изучена у 191 здорового школьника 10–17 лет. При достаточном содержании в волосах кальция и магния дефицит фосфора выявлен у 84%. В то же время поступление анализируемых остеотропных биоэлементов с фактическим питанием снижено, согласно предлагаемым нормам, практически у всех обследованных. Среди подвергнутых анализу причин полученного несоответствия как одна из них рассматривается необходимость пересмотра существующих «нормативов» содержания кальция и фосфора в суточном пищевом рационе. При оценке микронутриентной обеспеченности человека также целесообразно дополнить изучение поступления микроэлементов с продуктами питания спектрометрическим исследованием элементного состава волос.

ABSTRACT: The provision of calcium, magnesium and phosphorus was evaluated in 191 healthy schoolchildren at the age 10–17 years according to

assay of their levels in diet and hair samples using the method of atomic-emission spectrometry. The level of calcium and magnesium in hair samples was normal, but the deficit of phosphorus was revealed in 84% of the examined persons. At the same time the content of the analyzed bioelements in diet according to the existing standards was decreased in virtually all examined cases. Among possible ways to solve this discrepancy the reevaluation of the existing standard of the calcium and phosphorus content in daily nutrition can be considered. It is valuable to complete the estimation of human elemental status by investigation of mineral content of the daily nutrition with the evaluation of mineral content of hair by spectrometry.

ВВЕДЕНИЕ

Поступление химических элементов из внешней среды в организм человека осуществляется посредством пищевой цепочки. В целом считается, что рацион питания, соответствующий минимальной потребительской корзине, обеспечивает физиологические потребности человека (Скальная и др., 2004). Однако реальная структура питания многих детей и подростков в настоящее время существенно отличается от предлагаемой потребитель-

* Адрес для переписки: Гресь Ника Александровна, к.м.н., доц.; ЦНИЛ БелМАПО, Республика Беларусь, 220013, Минск, ул. П. Бровки, 3-3; E-mail: n_gres@mail.ru

ской корзины. Она характеризуется более низким содержанием молочных и мясных продуктов, морепродуктов, овощей, фруктов при повышении количества сахара, соли, хлебобулочных и кондитерских изделий. В контексте изучаемой проблемы обеспеченности детей и подростков биоэлементами остеотропного действия это приводит к снижению уровня их фактического потребления (Скальная и др., 2004; Кедрова и др., 2006; Лавинский и др., 2006). В то же время правильная оценка и интерпретация данных фактического питания определяет адекватность рекомендаций по использованию препаратов кальция для профилактики нарушений структуры костной ткани.

Целью данного исследования стало изучение информативности данных фактического питания в сопоставлении с показателями элементного состава волос для оценки обеспеченности организма детей биоэлементами остеотропного действия (кальций, магний, фосфор) во взаимосвязи с показателем состояния структуры костной ткани.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У 191 школьника Беларуси в возрасте 10–17 лет без клинических признаков отклонений состояния здоровья было проведено комплексное обследование, включающее изучение фактического питания, многоэлементный спектральный анализ волос и оценку структурного состояния костной ткани. В зависимости от территории проживания сформированы 2 группы наблюдения: 110 школьников из Южного Полесья, г. Лельчицы (мальчики — 52, девочки — 58) и 82 человека из Северного Поозерья, г. Лепель (мальчики — 32, девочки — 50).

Оценка структурного состояния костной ткани выполнена на приборе Achilles InSight (General Electric Medical Systems, Lunar, США). Ультразвуковые параметры SoS (скорость прохождения звуковой волны через область пятки) и коэффициент BUA (ослабление звуковой волны по мере ее продвижения в костной ткани) анализировались программой Achilles InSight с расчетом в относительных единицах клинически значимого показателя, называемого «индекс жесткости костной ткани» — stiffness index, *stf* (Sawjer et al., 2007). Выбор ультразвукового метода оценки структурного состояния костной ткани определен условиями исследования — проведением массового скрининга в детском возрасте.

Общий баланс кальция в организме и связанных с ним остеотропных биоэлементов магния и фосфора изучен по данным атомно-абсорбционной спектрометрии волос (спектрометр Vista PRO, Varian, США) и проанализирован в соответствии с референтными значениями (Скальный, 2004; Bertram et al., 1992).

Оценка фактического питания выполнена опросно-анкетным методом трехдневного воспроизведения рациона питания с последующим расчетом суточного поступления питательных ве-

ществ на основе аналитических данных об их содержании в пищевых продуктах. В суточном рационе определяли содержание белков растительного и животного происхождения; незаменимых и заменимых аминокислот; биоэлементов кальция, магния и фосфора.

Статистическая обработка показателей проведена с использованием методов описательной статистики и корреляционного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ДЕТЕЙ КАЛЬЦИЕМ, МАГНИЕМ, ФОСФОРОМ И БЕЛКОВЫМИ КОМПОНЕНТАМИ ПИЩИ ПО ДАННЫМ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

Согласно методическим рекомендациям, разработанным в РБ и РФ (Нормы..., 2002; Нормы..., 2008), физиологическая потребность детей в кальции составляет от 400 до 1200 мг/сут., установленный уровень потребления кальция равен 500–1200 мг/сут. (верхний допустимый уровень — 2500 мг/сут.). Среднее потребление кальция в разных странах составляет 680–950 мг/сут., в РФ — 500–750 мг/сут.

Для магния физиологическая потребность у детей находится в пределах от 300 до 400 мг/сут., установленные уровни потребления 200–500 мг/сут. (верхний допустимый уровень не установлен). Среднее потребление магния соответствует в разных странах значениям 210–350 мг/сут., в РФ — 300 мг/сут.

Физиологическая потребность в фосфоре в детском возрасте составляет 300–1200 мг/сут., установленные уровни потребления фосфора в сутки находятся в диапазоне 550–1400 мг/сут. (верхний допустимый уровень не установлен). Среднее потребление фосфора в разных странах составляет 1110–1570 мг/сут., в РФ — 1200 мг/сут.

У обследованных школьников Беларуси по данным средних значений выявлено снижение в рационе питания всех анализируемых остеотропных макроэлементов с нарушением соотношения между ними (табл. 1). Так, содержание кальция составляет 34–37%, магния — 71–76%, фосфора — 42–45% от средних значений нормы, рекомендуемых МЗ РБ. Степень дефицита кальция и фосфора выражена больше, чем недостаток магния. При сравнительной оценке поступления с продуктами питания кальция, магния и фосфора у проживающих в этих двух населенных пунктах кажущаяся более благополучная ситуация у школьников Лепеля достоверно не подтверждена: $p > 0,1$ (табл. 3).

Оценка фактического питания школьников Лельчиц и Лепеля выявила также проблему дефицита белковых компонентов пищи независимо от территории проживания (табл. 2). Дети фактически получили с продуктами питания соответственно только 41,4 и 45,5 г белка в сутки. В то же время, согласно предлагаемым нормативам РБ и РФ, потребность в белке в возрастном периоде 10–18 лет

Таблица 1. Содержание кальция, магния, фосфора в среднесуточном рационе питания у школьников Лельчиц и Лепеля (мг/сут., $M \pm m$)

Место проживания	Показатель	Кальций	Магний	Фосфор	Ca : Mg	Ca : P
Лельчицы	Фактическое содержание	403,4 ± 20,6	213,7 ± 5,5	762,0 ± 20,6	1:0,53	1:1,89
	% нормы	33,6	71,2	42,3		
Лепель	Фактическое содержание	444,1 ± 27,9	227,1 ± 7,7	803,2 ± 29,1	1:0,51	1:1,81
	% нормы	37,0	75,7	44,6		

Таблица 2. Содержание белковых компонентов пищи в среднесуточном рационе питания у школьников Лельчиц и Лепеля (г/сут., $M \pm m$)

Место проживания	Показатель	Белки животные	Белки растительные	Незаменимые аминокислоты	Заменимые аминокислоты
Лельчицы	Фактическое содержание	21,6 ± 1,0	19,8 ± 0,53	13,7 ± 0,5	22,4 ± 0,7
	% нормы	43,2	58,2	60,6	39,4
Лепель	Фактическое содержание	25,3 ± 1,6	20,2 ± 0,8	15,3 ± 0,7	25,1 ± 1,1
	% нормы	50,6	59,4	67,7	44,1

Таблица 3. Достоверность различий средних значений показателей фактического питания школьников в зависимости от территории проживания

Компоненты пищи	Лельчицы	Лепель	t-value	p
Белки растительные	19,8	20,2	-0,36	0,717
Белки животные	21,6	25,3	-2,04	0,045
Незаменимые аминокислоты	13,7	15,3	-2,05	0,043
Заменимые аминокислоты	22,4	25,1	-2,15	0,033
Ca	403,4	444,1	-1,20	0,233
Mg	213,7	227,1	-1,45	0,149
P	762,0	803,2	-1,19	0,238

составляет 81—113 г/сут. (по инструкции, предлагаемой РБ) и 69—87 г/сут. (согласно методическим рекомендациям РФ). Несмотря на выявленное недостаточное поступление с пищей протеинов у детей обеих групп, школьники Лепеля по сравнению с обследованными из Лельчиц имеют достоверно более высокое обеспечение животными белками ($p = 0,044$), незаменимыми ($p = 0,043$) и заменимыми ($p = 0,033$) аминокислотами (табл. 3).

При оценке корреляционных связей анализируемых в продуктах питания компонентов пищи значимые связи между кальцием и магнием не выявлены (табл. 4). Одновременно корреляция кальция и магния с уровнем животных белков положительная. Магний сильно положительно свя-

зан также и с растительными белками. Типична высокая взаимная положительная связь кальция и магния с фосфором. Коэффициент корреляции фосфора и белковых компонентов пищи также высокий ($R_s = 0,83—0,91$), положительный.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ДЕТЕЙ КАЛЬЦИЕМ, МАГНИЕМ, ФОСФОРОМ ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИИ ВОЛОС

Уровень кальция в волосах у школьников Лельчиц и Лепеля (табл. 5) был достоверно ($p < 0,01$) наибольшим у девочек (соответственно 1454,5 ± 143,1 и 2135,7 ± 128,1 мкг/г) по сравнению с мальчиками (300,2 ± 13,7 и 859,2 ± 83,0 мкг/г). Среднее

Таблица 4. Связь между содержанием белковых макронутриентов и макроэлементов кальция, магния и фосфора в рационе питания (значения коэффициентов корреляции)

Компоненты пищи	Белки растительные	Белки животные	Незаменимые аминокислоты	Заменимые аминокислоты	Кальций	Магний	Фосфор
Белки растительные	1,00	0,25	0,52	0,60	0,16	0,76	0,61
Белки животные	0,25	1,00	0,94	0,89	0,67	0,42	0,83
Незаменимые аминокислоты	0,52	0,94	1,00	0,99	0,58	0,61	0,89
Заменимые аминокислоты	0,60	0,89	0,99	1,00	0,55	0,63	0,87
Ca	0,16	0,67	0,58	0,55	1,00	0,24	0,69
Mg	0,76	0,42	0,61	0,63	0,24	1,00	0,74
P	0,61	0,83	0,89	0,87	0,69	0,74	1,00

Таблица 5. Уровень Ca, Mg в волосах (мкг/г) и значения показателя stf (отн. ед.) у школьников Лельчиц и Лепеля (M ± m)

Пол	Населенный пункт	stf	Кальций	Магний
Мальчики	Лельчицы	86,5 ± 1,6	300,3 ± 13,7	32,8 ± 2,0
	Лепель	94,9 ± 1,5	840,2 ± 79,4	83,4 ± 7,7
Девочки	Лельчицы	89,7 ± 1,3	1454,4 ± 143,1	89,1 ± 8,9
	Лепель	90,5 ± 1,4	2120,9 ± 112,3	173,9 ± 8,6

содержание магния также достоверно ($p < 0,01$) преобладало у девочек обоих населенных пунктов и соотносилось с показателями у мальчиков как $89,1 \pm 8,9$ и $175,7 \pm 10,1$ мкг/г против $32,8 \pm 2,0$ и $85,3 \pm 8,0$ мкг/г.

Обеспеченность фосфором, имеющим слабо-выраженные гендерные различия, оценивалась без учета половой принадлежности. У школьников обоих регионов выявлен дефицит этого макроэлемента: Лельчицы — 88% обследованных, Лепель — 80%. Среднее его содержание в волосах соответ-

ствовало $104,4 \pm 4,3$ и $101,5 \pm 2,5$ мкг/г, что ниже референтных значений (130—190 мкг/г). Колебания минимальных и максимальных значений составили соответственно 72—144 и 67—202 мкг/г.

При сравнительном анализе показателей в зависимости от территории проживания обследованные из Лельчиц по сравнению со школьниками Лепеля характеризуются достоверным ($p < 0,001$) снижением содержания в волосах кальция и магния при отсутствии значимых различий для фосфора (табл. 6). Вместе с тем следует отметить, что у

Таблица 6. Достоверность различий средних показателей кальция, магния, фосфора в волосах (мг/г) и индекса stf (отн. ед.) у детей Лельчиц и Лепеля

Показатель	Мальчики				Девочки			
	Среднее арифметическое		t-value	p	Среднее арифметическое		t-value	p
	Лельчицы	Лепель			Лельчицы	Лепель		
stf	86,5	94,9	-3,76	0,0002	89,7	90,5	-0,44	0,6586
Ca	300,3	840,2	-8,15	< 0,0001	1454,4	2120,9	-3,69	0,0004
Mg	32,8	83,4	-7,62	< 0,0001	89,1	173,9	-6,89	< 0,0001
P	114,0	107,8	0,68	0,4996	103,0	96,4	1,02	0,3102

девочек из Лельчиц при более низком уровне кальция и магния в целом их содержание все же соответствует средним референтным значениям, а в Лепеле превышает верхнюю границу нормы. В то же время у мальчиков, проживающих в Лельчицах, среднее содержание кальция меньше нижней границы нормы и число лиц с дефицитом этого элемента среди них составляет 79,6% при минимальном значении показателя в группе девочек (6,9%). Среди детей из Лепеля дефицит кальция выявлен в единичных случаях и составляет в мужских и женских группах соответственно 3 и 2%. Такие же особенности имеет и баланс магния.

ОЦЕНКА СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ

Средние значения показателя жесткости костной ткани *stf* у школьников, проживающих в обоих населенных пунктах, представлены в таблице 5. Девочки имеют практически равновеликие значения коэффициента *stf* как в Лельчицах ($89,7 \pm 1,3$), так и в Лепеле ($90,5 \pm 1,4$). В то же время у мальчиков Лельчиц индекс *stf* достоверно ($p < 0,001$) снижен и соответствует показателю $86,5 \pm 1,6$ против $94,9 \pm 1,5$ в Лепеле.

СОТНОШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ, МАГНИЯ, ФОСФОРА В РАЦИОНЕ ПИТАНИЯ (ПО ДАННЫМ ОЦЕНКИ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ) С ИХ УРОВНЕМ В ОРГАНИЗМЕ (ПО ДАННЫМ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС) И ПОКАЗАТЕЛЕМ ЖЕСТКОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ STF

КАЛЬЦИЙ – ФОСФОР

При формировании костной ткани кальций и фосфор взаимно дополняют друг друга на всех стадиях метаболизма. Согласно проведенным нами исследованиям, в отличие от кальция, баланс фосфора характеризуется однонаправленными изменениями показателей в анализируемых субстратах. Так, дефициту фосфора в организме школьников по данным элементного состава волос (практически 90% обследованных) соответствует недостаточное содержание его в рационе питания (42–45% нормы). Данный факт соотносится и с результатами агрохимической характерис-

тики почв Беларуси: слабую обеспеченность этим элементом имеют до 22,8% пахотных почв республики и 56,6% сенокосов Беларуси (Агрохимическая характеристика..., 2006). Существующую проблему дефицита этого макроэлемента в Беларуси подтверждают также исследования оценки фактического питания школьников, проведенные сотрудниками Республиканского научно-практического центра гигиены и Белорусского государственного медицинского университета (Кедрова и др., 2006; Лавинский и др., 2006).

Диагностические возможности оценки взаимосвязей этих двух макроэлементов расширяет использование соотношения Са : Р. При анализе элементного состава волос значения коэффициента Са/Р в пределах 2–5 позволяют оценить активность энергетических процессов в организме как достаточную (Барашков и др., 2003; Скальный, 2004; Кругка, Puczkowski, 2004). В нашем исследовании они составили у проживающих в Лельчицах и Лепеле $2,89 \pm 0,12$ и $7,89 \pm 0,77$ в мужских и $18,29 \pm 1,49$ и $22,96 \pm 1,5$ в женских группах. Достоверное ($p = 0,005$) превышение коэффициента Са/Р у девочек по сравнению с мальчиками можно расценить как свидетельство нарушения у них процессов фосфорилирования в связи с низкими абсолютными значениями содержания фосфора в волосах и усилением его относительного дефицита соответственно высоким показателям кальция волос. В то же время в зависимости от территории проживания средние значения коэффициента Са/Р не имели достоверных различий как у мальчиков ($p = 0,793$), так и у девочек ($p = 0,317$).

Помимо взаимосвязей содержания кальция и фосфора в волосах не менее значимо их соотношение в потребляемых продуктах питания. На сегодняшний день нет единого мнения о физиологическом соотношении Са : Р в рационе питания. Согласно нормам РБ, оптимальное для всасывания и усвоения кальция отношение кальция к фосфору должно соответствовать 1 : 1,5. По нормативам РФ (2008), эта величина должна составлять 1 : 1 или, если ориентироваться на адекватный уровень потребления (Рекомендуемые уровни..., 2004), 1,5 : 1. В рационе россиян оно приближается к 1 : 2. По данным нашего исследования, этот показатель близок к российскому и составляет 1 : 1,89 (Лельчицы) и 1 : 1,81 (Лепель). При

Таблица 7. Предлагаемые в РБ и РФ нормы суточной физиологической потребности в кальции, магнии и фосфоре у детей 11–18 лет по данным фактического питания

Макроэлемент	Нормы физиологических потребностей (РБ, 2002)	Нормы физиологических потребностей (РФ, 2008)	Рекомендуемый уровень адекватного потребления (РФ, 2004)
Кальций	1200	1200	1250
Магний	300	400	400
Фосфор	1800	1200	800

изучении фактического питания у подростков 14—17 лет ($n = 919$), проживающих в различных регионах Беларуси и имеющих разный уровень социального обеспечения и физической нагрузки (Лавинский и др., 2006), соотношение Са : Р в обследованных группах колебалось от 1 : 1,87 до 1 : 2,4.

КАЛЬЦИЙ — МАГНИЙ

Уровень обеспеченности детей кальцием и магнием по результатам спектрометрии волос не соответствует показателям поступления их в организм по данным оценки фактического питания. При наличии дефицита магния и особенно кальция в диете школьников общий уровень этих биоэлементов в организме у подавляющего большинства обследованных достаточен. Аналогичные выводы сделаны М.Г. Скальной и Р.М. Дубовым (Скальная и др., 2004) при сопоставлении результатов оценки поступления кальция и магния с фактическим питанием и содержанием их в волосах у школьников Москвы.

Согласно полученным нами данным, однонаправленный характер изменений показателей в паре «кальций в волосах — кальций в рационе питания» (41% школьников) имеет место только при значениях показателей ниже нормальных. В остальных случаях для кальция характерно более чем двух- и трехкратное различие между данными анализа рациона и анализа волос. Для магния синхронный характер изменения выявлен у 46% (при нормальных значениях макроэлемента — в 17% и сниженных — у 29% обследованных). Тенденции изменения содержания фосфора в волосах и пищевом рационе совпадают у 28% (сниженные и нормальные его показатели имеют равные доли — по 14%).

КАЛЬЦИЙ — ИНДЕКС ЖЕСТКОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ STF

При оценке взаимосвязей уровня обеспеченности организма кальцием по данным элементного анализа волос с показателем жесткости костной ткани имеет место однонаправленный характер изменений (табл. 6). В частности, у мальчиков из Лельчиц, имеющих дефицит кальция в 79,6% случаев, среднее значение содержания этого макроэлемента в волосах составляет $300,3 \pm 13,7$ мкг/г, что достоверно ниже, чем в Лепеле ($840,2 \pm 79,4$ мкг/г). Соответственно коэффициент *stf* у них достоверно ($p = 0,0002$) уменьшен по сравнению с проживающими в Лепеле ($86,5 \pm 1,6$ против $94,9 \pm 1,5$).

При оценке показателей в паре «индекс *stf*—кальций в волосах» однонаправленные тенденции выявлены в 68,3% случаев, а в паре «индекс *stf*—кальций в рационе питания» — только в 17%. Статистически значимые связи индекса *stf* с уровнем содержания кальция в рационе фактического питания нами не выявлены. Мы расцениваем полученную более сильную связь показателя *stf* с содержанием кальция в волосах как выражение

большей информативности элементного анализа волос при оценке обеспеченности организма детей кальцием по сравнению с данными фактического питания.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ С УЧЕТОМ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ИХ ИНФОРМАТИВНОСТЬ

Однозначная интерпретация полученных данных невозможна и требует учета влияния целого ряда факторов на поступление и баланс рассматриваемых макроэлементов в организме.

1. Наличие других источников поступления остеоотропных биоэлементов (не учтенных в настоящем исследовании).

Несмотря на то что основное количество биоэлементов обеспечивается продуктами питания, поступление в организм кальция и магния с питьевой водой может составлять существенную часть суточного рациона. По данным Скальной М.Г. и Нотовой С.В. (2004), минимальные концентрации этих биоэлементов в питьевой воде в регионе проживания сопровождались их низким содержанием в волосах жителей этого региона. В то же время повышенная концентрация в питьевой воде кальция и магния сочеталась с увеличением их в волосах. Эту зависимость подтверждают высокие значения коэффициента корреляции в паре «химический элемент в волосах — содержание химического элемента в питьевой воде»: для кальция $R_s = 0,83$, для магния $R_s = 0,87$ (Скальная и др., 2004).

2. Различная активность усвоения макроэлементов.

Присутствие в пищевом рационе фитатов, оксалатов, фосфатов и других функциональных антагонистов и синергистов (витаминов, микроэлементов и др.) определяет в значительной степени усвоение многих минеральных веществ. Так, несмотря на высокий уровень содержания кальция и магния в хлебных продуктах, их усвоение снижается из-за высокого содержания фитиновой кислоты. В то же время эти же химические элементы хорошо всасываются из продуктов животного происхождения, которые должны быть существенной составляющей потребительской корзины. Анализ рациона питания, представленный в таблице 2, выявил соотношение белков животного и растительного происхождения, равное 1,1 (Лельчицы) и 1,2 (Лепель). Соответственно, нормальное значение этого показателя (при рекомендуемой в суточном рационе доле белков животного происхождения 60% от общего количества белка) должно соответствовать значению 1,5. То есть, помимо общего дефицита белковых компонентов пищи, у обследованных имеет место нарушение их физиологического соотношения в сторону увеличения доли растительных белков по отношению к животным на 30% (Лельчицы) и 17% (Лепель).

Следует также учитывать зависимость количества остеоотропных биоэлементов в наборе про-

дуктов от их достаточного поступления по пищевой цепи (почва—вода—растение—животное—человек), что определяется биогеохимическими особенностями региона. Пахотные земли Беларуси (Агрохимическая характеристика..., 2006) имеют оптимальную обеспеченность кальцием и магнием. Только 1,6% почв испытывают недостаток кальция и 7,8% площадей пашни недостаток магния в почве для формирования урожая. В то же время до 22,8% пахотных почв республики имеют слабую обеспеченность фосфором, а на лугах применение фосфорных удобрений вообще ничтожно мало.

3. Недостаточная информативность используемых методов статистического анализа.

Значения среднестатистического показателя содержания в пище Ca, Mg и P, наиболее часто используемые при анализе материала, могут нивелироваться крайне неравномерным в большинстве случаев поступлением этих макроэлементов у отдельных индивидуумов, когда их значительный дефицит у одних обследованных «перекрывается» избыточным поступлением у других. Так, в наших исследованиях минимальные значения кальция разнились от максимальных более чем в 6 раз и колебались у различных индивидуумов от сотен (143,3) до тысяч (1078,4) мг/сут. Для магния и фосфора кратность различия наиболее низких и высоких показателей составляла 2,5—3 раза. Во всех группах имели место высокие значения стандартного отклонения.

4. Отсутствие достоверно и объективно обоснованных «нормативов» суточного потребления макроэлементов с продуктами питания.

При бесспорно доказанной необходимости обеспечения организма человека достаточным количеством кальция для нормального формирования костной ткани остается нерешенным вопрос, как обеспечить эту «достаточность». В выводах экспертов Американского национального фонда по изучению остеопороза среди ряда условий использования кальция звучит рекомендация об «...адекватном потреблении кальция с пищей или препаратами» (Osteoporosis..., 1998). Аналогичные рекомендации дают специалисты Российской ассоциации по остеопорозу: «Адекватное потребление кальция и витамина D... важная составная часть профилактики и лечения остеопороза» (Клинические рекомендации..., 2005). Принципиальным является вопрос, как объективно оценить эту «адекватность».

Суточная потребность в кальции в зависимости от возраста определена соответствующими методическими рекомендациями РБ и РФ. При мониторинге питания для оценки вероятностного риска недостаточного потребления пищевых веществ необходимо учитывать, что величины пищевых веществ, представленные в «Нормах», носят групповой характер, а индивидуальная потребность (ИП) каждого человека будет ниже величины физиологической потребности. Показатели ИП в популяции для пищевых веществ имеют

нормальное распределение, т.е. потребности 95% популяции находятся в пределах двух стандартных отклонений от средней величины потребности (СП). СП означает, что одна половина популяции (50%) имеет ИП ниже СП, а другая выше СП. Фактическое потребление на уровне СП будет свидетельствовать о 50% вероятностном риске недостаточного потребления. Около 2,5% популяции будут иметь ИП на два стандартных отклонения (около 30%) ниже СП. Фактическое потребление на этом уровне будет достаточным только для 2,5% популяции, а для подавляющей части популяции (почти 98%) такой уровень потребления будет явно недостаточным. Потребление на этом уровне будет свидетельствовать о 98% вероятностном риске недостаточного поступления. Так, например, согласно критериям для расчета вероятностного риска недостаточного потребления пищевых веществ, в наших исследованиях фактическое потребление кальция с продуктами питания на уровне $403,4 \pm 20,6$ (Лельчицы) и $444,1 \pm 27,9$ мкг/г (Лепель) соответствуют высокой величине вероятностного риска.

В связи с неоднозначностью оценки «нормативов» потребления пищевых веществ российскими учеными был предложен термин «адекватный уровень потребления», который «используется в тех случаях, когда рекомендуемая величина (норма) потребления пищевых и биологически активных веществ не может быть определена» (Рекомендуемые уровни..., 2004). Под ним понимают «уровень суточного потребления пищевых и биологически активных веществ, установленный на основании расчетных или экспериментально установленных величин или оценок потребления пищевых и биологически активных веществ группой (группами) практически здоровых людей (с использованием эпидемиологических методов), для которых данное потребление (с учетом показателей состояния здоровья) считается адекватным».

Отсутствие четко определенных «нормативов» может привести к сложности и относительности трактовки результатов исследований. Проведем сравнительную оценку обеспечения школьников кальцием и фосфором по данным фактического питания в соответствии с предлагаемыми «нормами» потребления и в сопоставлении с «адекватным уровнем потребления» на основании полученных нами результатов. Согласно данным таблицы 7, во всех представленных нормативных документах при практически однозначных показателях суточной потребности в кальции и магнии имеют место значительные расхождения показателей фосфора. Соответственно предлагаемыми «нормативам» РБ и РФ, поступление, например в Лепеле, с продуктами питания кальция ($444,1 \pm 27,9$ мкг/г) и фосфора ($803,2 \pm 29,1$ мкг/г) характеризуется дефицитом по отношению к обоим макроэлементам. При сравнении с «адекватным уровнем потребления» имеет место только дефицит кальция (на уровне около 50%) при достаточном обеспечении фосфором. Если говорить о соотно-

шении Са : Р и за исходную величину «нормы» взять «адекватный уровень потребления», то оно должно составить 1 : 0,6 против пропорции 1 : 1,5 или 1 : 1, полученных согласно нормативным методическим рекомендациям РБ и РФ. В наших исследованиях соотношение Са : Р составляет 1 : 1,8, что максимально приближено к нормативному документу, утвержденному в РБ.

В то же время по результатам спектрометрии волос выявлен противоположный характер связей. Имеет место достаточное обеспечение организма кальцием на фоне абсолютного дефицита фосфора, усугубляющегося его относительной недостаточностью у лиц женского пола, имеющих более высокий по сравнению с мужчинами обменный пул кальция.

Разные результаты оценки обеспеченности организма остеотропными биоэлементами на основании фактического питания и по данным спектрального анализа волос, мы считаем, связаны в первую очередь с различной достоверностью и информативностью используемых методов. Возможно, для решения этой задачи правильнее было бы ориентироваться на результаты спектрометрии волос и считать, что элементный состав волос, сформированный системами регуляции организма и максимально адаптированный к его потребностям, более объективно отражает уровень обеспеченности организма микроэлементами в отличие от оценки фактического питания, где более значима доля элемента случайности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оценке баланса остеотропных биоэлементов по результатам спектроскопии волос в целом следует отметить достаточную обеспеченность организма детей Беларуси кальцием. В то же время полученный нами и постоянно выявляемый большинством исследователей дефицит поступления кальция с фактическим питанием, трактуемый как недостаточное обеспечение данным микроэлементами, может быть связан, помимо целого ряда причин, с несоответствием разработанных «нормативов» содержания биоэлемента в продуктах питания по отношению к суточной потребности в нем человека.

Проблемой является дефицит фосфора в организме с нарушением физиологического соотношения кальция и фосфора, что может привести к снижению энергетического обеспечения метаболизма кальция и рассматриваться как одна из причин формирования нарушений структурно-функционального состояния костной ткани. Особую группу риска представляют лица женского пола в связи с тем, что абсолютный дефицит фосфора у них усугубляется его относительной недостаточностью в силу значительного достоверного превышения по сравнению с мужчинами обменного пула кальция в организме во всех возрастных периодах.

Для решения вопроса об использовании препаратов кальция с целью профилактики струк-

турных нарушений костной ткани обеспеченность кальцием по данным фактического питания не может быть единственным и бесспорным ориентиром без учета информации об индивидуальном уровне кальция в организме. В проведенных нами исследованиях влияние уровня депонированного в организме кальция на структурное состояние костной ткани выражено достоверным снижением коэффициента sf/u детей, имеющих достоверно более низкий уровень содержания кальция в волосах, по сравнению с лицами без отклонения этих показателей от нормы. С нашей точки зрения, учитывая рекомендации по «адекватности» потребления кальция, из 191 обследованного нами школьника в первую очередь эти 29 человек должны получить курс препаратов кальция.

Таким образом, проблема определения оптимального уровня потребления кальция с продуктами питания при исследовании его влияния на растущую костную ткань до сих пор не получила однозначной оценки и требует дальнейшего изучения. На сегодняшний день эффективность региональной политики здорового питания невозможна без совершенствования технологии оценки фактического питания и внедрения в медицинскую практику дополнительных доступных неинвазивных методов диагностики микронутриентной обеспеченности человека (например, по данным элементного анализа волос). Положения, изложенные в статье, предлагаются для дискуссии.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарим профессора Поворознюка В.В., руководителя отдела физиологии и патологии опорно-двигательного аппарата Института геронтологии АМН Украины, за информацию по оценке фактического питания, полученную при проведении комплексного обследования школьников по совместному белорусско-украинскому проекту.

ЛИТЕРАТУРА

Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Минск, 2006. 287 с.

Барашков Г.К., Балкаров И. М., Зайцева Л.И., Кондачан М.А., Константинова Е.А., Деньгин В.В. Диапазон содержания тяжелых металлов (ТМ) в цельной крови взрослых россиян центра страны // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4, Вып. 3. С. 1—5.

Кедрова И.И., Славинский А.В., Гусаревич Н.В. Содержание витаминов и минеральных веществ в рационах питания Республики Беларусь // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. мед. наук. 2006. Вып. 2. С. 43—46.

Клинические рекомендации по диагностике, профилактике и лечению остеопороза. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. 37 с.

Лавинский Х.Х., Дорошевич В.И., Бацукова Н.Л., Замбржицкий О.Н. Научные основы коррекции статуса питания // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. мед. наук. 2006. Вып. 2. С. 47–55.

Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп детского населения. Инструкция по применению. Утв. Гл. гос. сан. врачом РБ 31.12.2002, регистр. № 126-1102.

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08. Утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 18.12.2008.

Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04. М., 2004. 36 с.

Скальная М. Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: физиологические и социальные аспекты. М., 2004. 310 с.

Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Нотова С.В. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России. Оренбург, 2004. 239 с.

Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 215 с.

Bertram H.P. Spurenelemente: Analytik, toxikologisch und medicinische klinische Bedeutung. Mun-chen, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg, 1992. 228 s.

Krupka K., Puczkowski S. Badanie pierwiastków włosów. Laboratorium pierwiastków nieznaczej ilości. Łódź, 2004. 41 s.

Osteoporosis: review of the evidence for prevention, diagnosis and treatment and cost-effectiveness analysis // Osteoporosis Int. 1998, 8(4):31–35.

Sawyer J.A., Bachrach L.K., Fung E.B. Bone densitometry in growing patients. Totowa, New Jersey, USA, 2007. 542 p.