

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ ДЕТЕЙ В МАРОККО И БИОДОСТУПНОСТЬ ЖЕЛЕЗА, ЦИНКА И КАЛЬЦИЯ В МОЛОКЕ И ДЕТСКИХ МОЛОЧНЫХ СМЕСЯХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ *IN VITRO*

FEEDING PRACTICE OF BABIES IN MOROCCO AND *IN VITRO* BIOAVAILABILITY OF IRON, ZINC AND CALCIUM FROM INFANT MILK

Ф. Заида¹, Н. Лeko¹, Д. Бужле², Ф. Буро², П. Арон², А. Седки¹
F. Zaida¹, N. Lekouch¹, D. Bouglй², F. Bureau², P. Arhon², A. Sedki¹

¹ Лаборатория экотоксикологии, научный факультет Семлалия, Марракеш, Марокко; e-mail: sedki@ucam.ac.ma

² Лаборатория физиологии питания и пищеварения, Университетский больничный центр в Кане, Франция.

¹ Laboratory of Ectotoxicology, Faculty of Science Semlalia, Marrakech, Morocco; e-mail: sedki@ucam.ac.ma

² Laboratory of Digestive and Nutritional Physiology, Centre Hospitalier Universitaire de Caen, France.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биодоступность, железо, цинк, кальций, грудное молоко, коровье молоко, детские молочные смеси.

KEY WORDS: bioavailability, iron, zinc, calcium, human milk, cow's milk, infant formula.

РЕЗЮМЕ: Женское молоко является основным источником питательных веществ для ребенка в первые месяцы жизни. Однако раннее прекращение кормления грудью и использование коровьего молока или неадаптированного детского питания приводит к многочисленным дефицитам элементов. В работе представлены результаты обследования 228 детей 0–6 месяцев г. Марракеш (Марокко). В исследованной группе 44 % детей находились исключительно на грудном вскармливании, 37 % — на смешанном (грудное молоко + коровье молоко), остальные дети наряду с грудным молоком получали детские молочные смеси. В работе исследовалось влияние социального уровня семей на состояние питания ребенка. Для оценки биодоступности Fe, Zn и Ca грудного, коровьего молока и детских смесей для детей первого года жизни проводились исследования биодоступности этих элементов *in vitro*. Метод оценки включал стадии расщепления молочного продукта в условиях, моделирующих желудочно-кишечный тракт новорожденных, и последующий диализ гидролизата через молекулярную мембрану, позволяющую отделять соединения с молекулярным весом более 1000 Да. После диализа анализировали содержание Fe, Zn и Ca в образцах молочных продуктов и диализатах, используя метод ААС. Биодоступность каждого элемента выражалась соотношением конечного содержания элемента к исходному, выраженным в процентах. Показано, что биодоступность Fe ниже в коровьем молоке ($18 \% \pm 11 \%$),

чем в грудном ($23 \% \pm 7 \%$), однако биодоступность этого элемента в продуктах детского питания самая высокая ($37 \% \pm 5 \%$, $P < 0,01$). Биодоступность Zn самая низкая в коровьем молоке ($7 \% \pm 5 \%$, $P < 0,001$), выше в детских молочных смесях ($33 \% \pm 12 \%$) и самая высокая в грудном молоке ($48 \% \pm 12 \%$, $P < 0,001$), в то время как биодоступность Ca более высокая в детских молочных смесях и коровьем молоке (соответственно, $76 \% \pm 8 \%$ и $71 \% \pm 4 \%$) по сравнению с грудным молоком ($64 \% \pm 10 \%$, $P < 0,05$). Наблюдаемые различия в биодоступности можно объяснить содержанием других компонентов молока, таких как кальций или казеин, а также влиянием антагонистических взаимодействий между металлами.

Результаты свидетельствуют о потенциальном риске дефицита Fe и Zn при исключительном использовании в первые месяцы жизни коровьего молока. В то же время, по-видимому, молочные детские смеси пригодны для предотвращения дефицитов микроэлементов у детей младшего возраста. Грудное молоко рассматривается как стандарт для идеального питания ребенка.

ABSTRACT: Human milk is the main source of nutrients to infants during the early stages of their life. However many deficiencies of minerals and trace elements appear when breast feeding is discontinued very early by an introduction of cow's milk or infant formula which are not adapted to needs of babies nursing.

This study presents the results of a survey focused on a sample of 228 infants 0–6 months old from Marrakech City (Morocco). Among these samples, 44 % of the cases — exclusively nurse mother's milk, 37 % have a partial breast feeding with cow's milk and the remainder has a breast feeding with infant formula. Through this study we have raised the impact of socio-economic family level on both infant nutritional state and milk source feeding. *In vitro* model was applied in order to predict the Fe, Zn and Ca bioavailability from breast milk, cow's milk and the first age infant formula found in Marrakech City. The technique consists on a digestion phase adapted to the gastrointestinal microenvironment of young infant followed by a dialysis phase with a membrane of molecular mass cut-off 1000 Da. After dialysis, Fe, Zn and Ca contents in the samples and dialysates were analysed by Atomic Absorption Spectrometry. The availability of each element is expressed as a percentage of the total amount of element disappeared from the samples. Results show that Fe availability is lower in cow's (18 % ± 11 %) than in human milk (23 % ± 7 %) but it is higher in infant formula (37 % ± 5 %, $P < 0,01$).

Availability of Zn is very low in cow's milk (7 % ± 5 %, $P < 0,001$), infant formulas (33 % ± 12 %) but higher in human milk (48 % ± 12 %, $P < 0,001$) whereas Ca availability is higher in infant formula and cow's milk (respectively 76 % ± 8 % and 71 % ± 4 %) but lower in human milk (64 % ± 10 %, $P < 0,05$).

This differences in bioavailability observed between various types of milk can be explained by the distribution of other components of milk such as calcium and casein, and also by the influence of the antagonistic interactions between metals.

This study shows the potential risk of iron and zinc deficiency when the cow's milk is exclusively used during the first months of life while infant formula seems to be an acceptable vehicle for preventing trace element deficiencies during infant and early childhood. Human milk is considered, however, as a standard and ideal food for infant.

Введение

Грудное молоко, молоко коровье и молочные детские смеси играют важную роль в питании грудных детей. В первые месяцы жизни ребенка они обеспечивают единственный источник эссенциальных элементов, ответственных за умственное и физическое развитие новорожденного (Rodriguez et al., 2000). Грудное молоко считается наилучшим для новорожденных благодаря микроэлементному составу, адаптированному к пищевым потребностям ребенка и превосходящему микроэлементный состав других источников молока (Dossier, 2001). В самом деле, грудное вскармливание обеспечивает адекватное количество эссенциальных элементов для нормального развития ребенка в течение первых шести месяцев жизни. Замена грудного молока на коровье или детские молочные смеси может выз-

вать дефицит некоторых микроэлементов и отрицательно повлиять на состояние здоровья.

Несмотря на то, что в Марокко проводится широкая пропаганда грудного вскармливания, в последнее время мы наблюдаем снижение доли грудного вскармливания детей первых месяцев жизни и возрастание доли искусственного вскармливания (коровье молоко, детские молочные смеси). Кроме того, у марокканских детей регистрируется все большее число случаев дефицитов различных микроэлементов, особенно железа (35 % менее чем за пять лет) (Programme, 1995).

Содержание железа в коровьем и женском молоке близки (0,2–0,7 мг/л), но биодоступность этого элемента в первом случае ниже. Коровье молоко, кроме того, отрицательно влияет на абсорбцию железа, так как содержит высокие концентрации белка и кальция (Hallberg et al., 1992). В связи с этим, коровье молоко не обеспечивает достаточного уровня обеспеченности железом в детском возрасте (Bramhagen et al., 1999).

Использование детских молочных смесей в настоящее время активно обсуждается, поскольку состав эссенциальных микроэлементов в них отличается от грудного молока, а грудное молоко всегда принимается в качестве стандарта. В связи с этим данные о содержании эссенциальных элементов в молочных смесях по сравнению с грудным молоком представляют чрезвычайно большое значение (Jochum et al., 1995) особенно для смесей, предназначенных для детей первого года жизни – критического периода жизни ребенка. Микроэлементный состав детских молочных смесей может значительно варьировать в зависимости от их содержания в сухом молоке, питьевой воде и степени обогащения продукта (Hurrell et al., 1989). Более того, детские смеси содержат лиганды, которые могут образовывать неабсорбируемые комплексы в желудочно-кишечном тракте (Bosscher et al., 2001). Таким образом, возможность антагонистических взаимодействий в процессе абсорбции микроэлементов в кишечнике (Agget, 1988) может привести к значительным колебаниям в биодоступности эссенциальных элементов, таких как Fe, Zn и Ca.

Под биодоступностью следует понимать соотношение общего уровня элемента в продукте питания, блюде или диете, используемых для нормального физиологического функционирования организма (Minihane et al., 1993). Оценивают биодоступность различными методами, включая исследования на **человеке, животных, модельных системах in vitro**. Каждый метод имеет свои преимущества, недостатки и границы применения. Метод, основанный на использовании пищеварительной модели *in vitro* с диализом продуктов питания через искусственную мембрану, прост, быстр, относительно дешев, характеризуется минимальными вариациями и может быть использован в качестве компромисса между исследованиями на людях и лабораторных животных (Bosscher et al., 2001; Minihane et al., 1993).

Целью настоящей работы явилось: (1) оценить при обследовании населения типы молочного вскармливания детей первых 6 месяцев жизни в Марракеше (Марокко), распространенность каждого типа вскармливания, влияние социального уровня семьи на состояние питания ребенка, и (2) в условиях *in vitro* определить биодоступность Fe, Zn and Ca в различных типах молока, используемого в детском питании.

Материалы и методы

Реагенты

Исследование проводили на 228 женщинах и их детях 0–6 месяцев, проживающих в различных районах Марракеша (Марокко). Была разработана детальная анкета для определения типа молочного вскармливания (полностью или частично грудное вскармливание), частоты кормления и факторов, которые могли оказывать влияние на пищевой статус ребенка и выбор способа вскармливания.

Исследовались образцы женского молока, коровьего молока розничной продажи, а также детские молочные смеси, предназначенные для детей первых месяцев жизни (Nidal® 0–4 месяцев, Guigoz® 0–5 месяцев и Modilac® 0–6 месяцев). Молочные смеси приготавливали путем растворения сухого молока в дистиллированной воде в соответствии с рекомендациями производителя (1 ложка на 30 мл).

В работе использовали бидистиллированную деионизованную воду, а все химическое стекло и полиэтиленовые пробирки мыли и ополаскивали дистиллированной водой.

Для исследования применяли пепсин (P-7000, выделенный из слизистой желудка свиньи), суспендированный в 0,1 М растворе HCl; смесь 3 г панкреатина (P-1500, из поджелудочной железы свиньи) и 7 г солей желчных кислот (B-8631, Sigma Aldrich), которые суспендировали в 0,1 М растворе бикарбоната натрия.

Диализную мембрану из природной целлюлозы (Spectra/Por для молекулярных масс менее 1000 Да, диаметром 11,5 мм, Spectrum, Bioblock Scientific, F-67403 Illkirch, Франция) промывали три раза бидистиллированной деионизованной водой.

Диализ *in vitro* с предварительной ферментативной фазой разложения

Диализная модель подробно рассматривалась в работах по исследованию *in vitro* при определении растворимости и биодоступности железа (Miller et al., 1981; Aitoukhatar et al., 2000). Условия диализа моделировали условия верхнего отдела кишечного тракта детей до 6 месяцев (Bosscher et al., 2001). Метод включает стадии ферментативного расщепления образцов и диализа.

а) ферментативное расщепление материала

Образцы молока доводили до pH 4 4М раствором соляной кислоты. Добавляли 0,3 мл пепсина на 10 мл образца молока, и смесь инкубировали в водяной бане

на шейкере в течение 2 часов при 37°C. Реакцию останавливали нагреванием пробы при 90°C в течение 10 минут. Избыток кислоты оттитровывали до pH 7,5 0,5М раствором едкого натра и гидролизат далее инкубировали при 37°C в течение 22,5 часов со смесью панкреатина и желчных кислот. Реакцию останавливали аналогично нагреванием при 90°C в течение 10 минут. 1 мл получаемой смеси диализовали.

б) диализ

Диализные мешочки описанных выше параметров, содержащие по 1 мл гидролизата, ставили на диализ при 4°C на 24 часа против 50 мМ раствора Трис-HCl, после чего мешочки вынимали.

Аналитические методы

Содержание Fe, Zn и Ca определяли в реагентах, образцах молока, диализатах и остаточных фракциях с помощью пламенной ААС (модель 1000В, Perkin Elmer, F-91400, Villebon-Sur-Yvette, Франция); концентрацию Fe, Zn и Ca в холостых пробах, включающих экстракты пепсина и смеси панкреатина с желчными кислотами, вычитали из полученных результатов.

Статистическая обработка результатов

Данные содержания Fe, Zn и Ca соответствуют среднему значению из 6 определений и выражены в виде $M \pm SD$. Средние значения для молочных продуктов сравнивались с использованием дисперсионного анализа (ANOVA), различия считались достоверными при $P < 0,05$.

Результаты

Обследование

Результаты обследования 228 детей возраста 0–6 месяцев (рис. 1) показали, что около 44 % ($n = 101$) детей находились исключительно на грудном вскармливании, 37 % ($n = 84$) частично потребляли грудное молоко, а частично коровье, и только у 19 % детей установлено было смешанное вскармливание, основанное на грудном молоке и детских смесях.

В процессе исследования мы обнаружили, что большинство детей кормили по требованию ребенка. В соответствии с опросом матерей, частичный отказ от грудного вскармливания был связан с активностью матери, недостатком грудного молока или болезнью женщины. Более того, выбор типа продукта (коровье молоко или детское питание) при смешанном вскармливании зависел от социального положения семьи. Средний класс использовал детские смеси, бедные слои населения — коровье молоко, менее дорогое, более доступное и легкое для применения по сравнению с детскими смесями.

Состав грудного молока, коровьего молока и детских молочных смесей

В таблице 1 представлены данные о содержании в образцах молока Fe, Zn, Ca, общего белка, а также соотношении казеин/сыворог. Результаты пока-

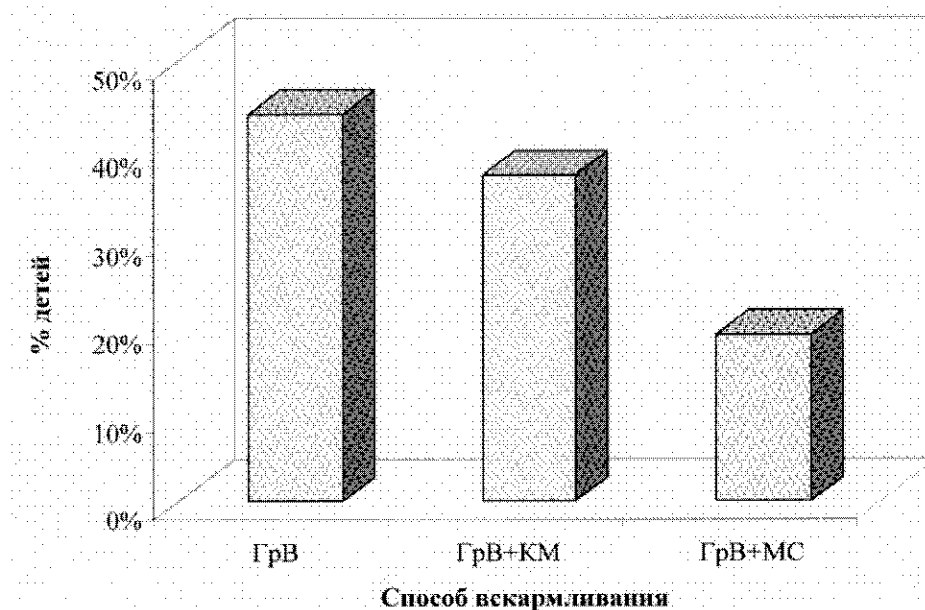


Рис. 1. Частота использования различных видов вскармливания грудных детей в Марракеше.

ГрВ — грудное вскармливание; ГрВ+КМ — смешанное вскармливание: грудное и коровье молоко; ГрВ+МС — смешанное вскармливание: грудное молоко + детские молочные смеси.

зывают, что наибольшее содержание Fe и Zn имеют детские молочные смеси, а наименьшее — грудное молоко. Кроме того, содержание Ca в коровьем молоке оказалось почти вдвое выше, чем в грудном молоке и детских молочных смесях.

Данные по содержанию белка показывают, что концентрация общего белка наименьшая в грудном молоке, а наибольшая доля казеина в соотношении казеин/сыворотка (80/20) характерна для коровьего молока. В детских молочных смесях общее содержание белка и соотношение казеин/сыворотка меняется в зависимости от типа смеси (Modilac®, Guigoz®, Nidal®).

Биодоступность Fe, Zn, Ca

Данные о биодоступности элементов в образцах молока и молочных смесей представлены в таблице 2. Относительная биодоступность определяется как количество элемента (в %), прошедшее через диа-

лизную мембрану. Абсолютная биодоступность в расчете на 100 мл рассчитывается умножением среднего содержания элемента в образце (табл.1) на относительную биодоступность.

Биодоступность железа в грудном молоке выше ($23\% \pm 7\%$), чем в коровьем ($18\% \pm 11\%$), но наибольшие значения характерны для детских молочных смесей ($37\% \pm 5\%$, $P < 0,01$). Биодоступность цинка значительно выше в грудном молоке ($48\% \pm 12\%$, $P < 0,001$) по сравнению со средним значением для детских молочных смесей ($33\% \pm 12\%$, $P < 0,001$) и самая низкая в коровьем молоке ($7\% \pm 5\%$). Для кальция биодоступность в детских молочных смесях и коровьем молоке оказалась практически одинаковой ($76\% \pm 5\%$ и $71\% \pm 4\%$ соответственно), и эти значения были существенно выше, чем показатель биодоступности в грудном молоке ($64\% \pm 10\%$, $P < 0,05$).

Таблица 1. Биохимический состав образцов молока.

Содержание в расчете на 100 мл*	Общий белок (г)	Казеин/ сыворотка	Fe (мг)**	Zn (мг)**	Ca (мг)**
Грудное молоко (n = 6)	0,5	40/60	$0,022 \pm 0,01$	$0,018 \pm 0,01$	$24,4 \pm 5,6$
Коровье молоко (n = 6)	2,9	80/20	$0,3 \pm 0,06$	$0,28 \pm 0,01$	$62,2 \pm 7,5$
Дет. смесь 1 (n = 2)	4,2	40/60	0,38	0,49	30,4
Дет. смесь 2 (n = 2)	4,3	50/50	0,44	0,36	29,1
Дет. смесь 3 (n = 2)	1,6	70/30	0,45	0,33	30,5
Среднее по дет. смесям	3,4	—	$0,42 \pm 0,04$	$0,39 \pm 0,09$	$30,1 \pm 0,9$

* 100 мл восстановленной детской молочной смеси = 3 ложки порошка + 90 мл воды;

** M \pm SD.

Дет. смесь 1 = Modilac® (0–6 мес.), дет. смесь 2 = Guigoz® (0–5 мес.), дет. смесь 3 = Nidal® (0–4 мес.).

Таблица 2. Биодоступность Fe, Zn и Ca в образцах молока и молочных смесей ($M \pm SD$).

Типы молока	Fe		Zn		Ca	
	%*	мг/100мл**	%*	мг/100мл**	%*	мг/100мл**
Грудное (n = 6)	23 ± 7	5 ± 1,7	48 ± 12	9 ± 2,3	64 ± 10	15 ± 2,6
Коровье (n = 6)	18 ± 11	53 ± 17	7 ± 5	34 ± 12,9	71 ± 4	44 ± 2,3
Дет. смесь 1 (n = 2)	33 ± 6	160 ± 33	19 ± 2	95 ± 18,6	71 ± 4	20 ± 3,5
Дет. смесь 2 (n = 2)	39 ± 7	125 ± 21,5	37,5 ± 6	80 ± 5,9	80 ± 4	20 ± 1,4
Дет. смесь 3 (n = 2)	39 ± 3	168 ± 30,4	43 ± 3	90 ± 5,3	78 ± 14	17 ± 0,9
Среднее по дет. смесям	37 ± 5	187 ± 13,6	33 ± 12	16 ± 7,6	76 ± 8	23 ± 4,2

* Относительная биодоступность;

** Абсолютная биодоступность. 100 мл восстановленной детской молочной смеси = 3 ложки порошка + 90 мл воды.

Дет. смесь 1 = Modilac® (0–6 мес.), дет. смесь 2 = Guigoz® (0–5 мес.), дет. смесь 3 = Nidal® (0–4 мес.).

Обсуждение

Результаты исследования показывают, что в Марракеше преобладает грудное вскармливание детей до 6 месяцев, и только после 6 месяцев женщины переходят на смешанное вскармливание, используя наряду с грудным молоком коровье или детские молочные смеси. На специфику вскармливания младенца оказывают влияние несколько факторов, такие как здоровье матери или ребенка, стиль жизни и уровень образования матери. В аналогичном исследовании в Нидерландах Фримен с сотр. (Freemen et al., 1998) показал, что доля детей, находящихся на грудном вскармливании составляет всего 25 % для детей первого месяца жизни и 11 % для шестимесячных детей. Коровье молоко начинают давать детям с 2 месяцев, и к 6 месяцам количество детей, потребляющих коровье молоко, составляет 7 %. Шестимесячные дети в Нидерландах чаще всего находятся на искусственном вскармливании (61 %).

По нашим данным, социальный уровень семей влияет на характер вскармливания и интенсивность развития новорожденного. Понятие социального уровня включало несколько параметров, таких как доход семьи, размер семьи, покупательная способность, инструктаж матери по кормлению ребенка, район проживания. Эти факторы у бедных семей определяли использование коровьего молока для кормления ребенка в критический период его жизни. Более того, в Марокко коровье молоко традиционно используется для кормления новорожденных, однако, женщины, получившие хороший предварительный инструктаж, откладывают использование коровьего молока в кормлении до 9 месяцев, а в год дети традиционно потребляют коровье молоко. Следует отметить, что дефицит микроэлементов в раннем возрасте, например, Fe (Bramhagen et al., 1999), в значительной степени определяется использованием коровьего молока. Напротив, дефицит микроэлемента менее выражен у детей, потребляющих детские молочные смеси, поскольку последние обогащены эссенциальными микроэлементами. Однако, такое обогащение также создает опреде-

ленные затруднения для здоровья ребенка. Поэтому, когда возникает необходимость отказа от грудного вскармливания, особенно если это происходит на ранней стадии развития ребенка (Krachler et al., 2000), при выборе детской смеси следует учитывать возраст ребенка и пищевые потребности в соответствии с составом грудного молока.

В этой работе для оценки алиментарной биодоступности эссенциального элемента использовалась модель *in vitro* (Minihane et al., 1993; Bosscher et al., 1998b). Миллер (Miller, Berner, 1989) показал, что растворимость железа *in vitro* является хорошим критерием биодоступности микроэлемента. Использованная нами методика состояла в ферментативном расщеплении образцов с последующим диализом, что моделировало условия желудочно-кишечного тракта детей до 6 месяцев, когда происходит изменение pH от 4 до 7,5 и ускорение процесса расщепления при действии пепсина и смеси панкреатина и желчных кислот. Такие условия были выбраны, поскольку развитие желудочно-кишечного тракта в раннем возрасте не завершено (Aitoukhatar et al., 2000).

Биодоступность здесь понимается как доля нутриента, которая может быть использована организмом (Bender, 1989); понятие включает расщепление, абсорбцию и включение продукта в метаболические процессы (Bosscher et al., 2001). Наши результаты (табл. 1,2) показывают, что, несмотря на более высокие концентрации Fe и Zn в коровьем молоке по сравнению с грудным, биодоступность этих элементов выше во втором случае. Этот результат объясняется большей концентрацией и биодоступностью кальция коровьего молока по сравнению с другими молочными продуктами. В сравнительном исследовании (McMillan et al., 1976) абсорбция железа из грудного молока и коровьего составила соответственно 20,8 % и 13,6 %. Холлберг (Hallberg et al., 1992) показал, что коровье молоко содержит в несколько раз больше кальция — потенциального ингибитора абсорбции железа.

Более высокие концентрации казеина и сывороточных белков, обнаруженные в коровьем молоке,

ответственны, по крайней мере, частично, за низкую биодоступность железа, что согласуется с данными предыдущего исследования (Hurrell, Lynch, 1989; Blakeborough et al., 1983). В самом деле, казеин является наиболее мощным белковым ингибитором усвоения железа. Он образует прочные комплексы в желудке маленького ребенка и может проходить через желудочно-кишечный тракт в неразложимой форме, захватывая катионы (Blakeborough et al., 1983).

Результаты изучения биодоступности цинка (табл. 2) подтверждают данные Сандстрорма и соавт. (Sandstrom et al., 1983), которые показали, что биодоступность цинка в грудном молоке выше, чем в других исследованных молочных продуктах.

Продукты детского питания содержат достаточное количество Fe, Zn и Ca (табл. 1) и характеризуются хорошей биодоступностью этих элементов, что означает, что пища детей первых месяцев жизни обогащена некоторыми эссенциальными элементами для компенсации соответствующих потребностей ребенка в этот период жизни. Однако степень обогащения детского питания микроэлементами должна коррелировать с показателями содержания элементов в грудном молоке (Krachler et al., 2000). Лоннердал и Хернелл (Lonnerdal et al., 1994) показали, что концентрация железа в молочной смеси 4 мг/л является адекватным количеством для ребенка первых 6 месяцев жизни. Однако, большинство продуктов детского питания обогащено железом до 12,7 мг/л в США и до 7–8 мг/л в Европе (Rodriguez et al., 2000). В результате это может вызвать увеличение риска дефицита других микроэлементов, поскольку существует возможность антагонистических взаимосвязей между микроэлементами в кишечном тракте, в особенности между железом и цинком (Agget, 1988). Наши результаты подтверждают эти данные и показывают, что биодоступность железа выше в детских молочных смесях по сравнению с грудным молоком, а биодоступность цинка, соответственно, ниже в детских молочных смесях по сравнению с грудным молоком (табл. 2), что может вызвать дефицит цинка у новорожденных, находящихся на искусственном вскармливании.

Данные таблицы 2 для различных видов детских молочных смесей показывают, что биодоступность Fe, Zn и Ca в смесях, предназначенных исключительно для детей младше 6 месяцев (Guigoz® и Nidal®) выше, чем в продуктах для детей 6 месяцев и старше (Modilac®). Это может объясняться различиями на уровне базового состава молочных смесей, которые влияют на усвояемость элементов.

Используемая нами модель *in vitro* является недорогим, простым и быстрым методом оценки биодоступности эссенциальных элементов в составе различных продуктов питания. Более того, она предоставляет информацию, необходимую для предсказания ряда случаев возникновения дефицита эссенциальных элементов пищи, таких как дефицит железа, наблюдаемый у детей в Марокко.

Литература

- Agget P.J. 1998. Trace element status of the human diet // *Proc. Nutr. Soc.* Vol.47. P.21–25.
- Aitoukhatar N., Bouhallab S., Bureau F., Arhon P., Maubois J.L., Bouglı̄ D. 2000. In vitro digestion of caseinophosphopeptide-iron complex // *J. Dairy Res.* Vol.67. P.125–129.
- Bender A.E. 1989. Nutritional significance of bioavailability // Southgate D., Johnson I., Fenwick G.R. (eds.) *Nutrient bioavailability: chemical and biological aspects.* UK: Dorset Press. P.3–9.
- Blakeborough P., Salter D., Gurr M. 1983. Zinc binding in cow's and human milk // *Biochem.* Vol.209. P.505–512.
- Bosscher D., Van Caillie-Bertrand M., Deelstra H. 1998a. Beschikbaarheid van nutriënten: optimalisatie *in vitro* modellen voor kinderen jonger dan drie jaar // *Tijdschr. Gastroenterol.* Vol.36. P.17–27.
- Bosscher D., Van Caillie-Bertrand M., Robberecht H., Van Dyck K., Van Cauwenbergh R., Deelstra H. 2001. In vitro availability of calcium, iron and zinc from first-age infant formulae and human milk // *J. Paediatr. Gastroenter. and Nutr.* Vol.32. P.54–58.
- Bosscher D., Van Caillie-Bertrand M., Robberecht H., Van Dyck K., Van Cauwenbergh R., Deelstra H. 1998b. Bioavailability of calcium and zinc from cow's milk-based versus soya-based infant food // *Int. J. Food Sci. Nutr.* Vol.49. P.277–283.
- Bramhagen A.C., Axelsson I. 1999. Iron status of children in southern Sweden: effects of cow's milk and follow-on formula // *Acta Paediatr.* Vol.88. P.1333–1337.
- Dallman P.R., Siimes M.A., Stekel A. 1980. Iron deficiency in infancy and childhood // *Am. J. Clin. Nutr.* Vol.33. P.86–118.
- Dossier pour la promotion de l'allaitement maternel. 2001. // *Arch. Pediatr.* Vol.8. P.865–874.
- Eckmekcioglu C. 2000. Intestinal bioavailability of minerals and trace elements from milk and beverages in humans // *Nahrung.* Bd.44. No.6. S.390–397.
- Freeman V.E., Mulder J., Van't Hof M.A., Hoey H.M.V., Gibuey M.J. 1998. A longitudinal Study of iron status in children at 12, 24 and 36 months // *Publ. Health Nutr.* Vol.1(2). P.39–100.
- Hallberg L., Rossander-Hultin L., Brune M., Gleerup A. 1992. Bioavailability in man of iron in human milk and cow's milk in relation to their calcium contents // *Pediatric Res.* Vol.31. P.524–527.
- Hurrell R.F., Berocal R., Neeser J.R., Schweizer T.F., Hilpert H., Traitter H. 1989. Micronutrient in milk and milk based food product / E.Renner (ed.). London: Elsevier. P.67–81.
- Hurrell R., Lynch S. 1989. Trinidad and all. Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins // *Am. J. Clin. Nutr.* Vol.49. P.546–552.
- Jochum F., Fuchs A., Cser A., Menzel H., Lambeck I. 1995. Trace mineral status of full-term infants fed human milk, milk-based formula or partially hydrolysed whey protein formula // *Analyst.* Vol.120. P.905–909.
- Krachler M., Prohaska T., Kollensperger G., Rossipal E., Stinger G. 2000. Concentrations of selected trace elements in human milk and in infant formulas determined

- by magnetic sector field inductively coupled plasma — mass spectrometry // *Biol. Trace Elem. Res.* Vol.76 P.97–112.
- Lonnerdal B., Hernell O. 1994. Iron, zinc, copper and selenium of breast fed infant and infant fed trace element fortified milk based infant formula // *Acta Paediatr.* Vol.83. P.367–373.
- McMillan J.A., Landaw S.A., Oski F.A. 1976. Iron sufficiency in breast-fed infants and the availability of iron from human milk // *Pediatrics.* Vol.58. P.686–691.
- Miller D., Schriker B.R., Ramussen R.R., Van Campen D. 1981. An in vitro method for estimation of iron availability from meals // *Am. J. Clin. Nutr.* Vol.34. P.2248–2256.
- Miller D.D., Berner L.A. 1989. Is solubility in vitro a reliable predictor of iron bioavailability // *Biol. Trace Elem. Res.* Vol.19. P.11–24.
- Minihane A., Fox T., Fairweather-Tait S. 1993. A continuous flow in vitro method to predict bioavailability of Fe from foods // U. Schlemmer (ed.). *Bioavailability'93: Nutritional chemical and food processing implications of nutrient availability.* Proceedings. Part 2. Karlsruhe: Bundesforschungsanstalt für Ernährung. P.175–179.
- Penrod J.C., Anderson K., Acosta P.B. 1990. Impact of iron status of introducing cow's milk in the second six months of life // *J. Paediatr. Gastroent. and Nutr.* Vol.10. P.462–467.
- Programme national de lutte contre les troubles dus aux carences en micronutriments- ministère de la santé publique -maroc. enquête national 1995.
- Rodriguez E.M, Sanz Alaejos M., Diaz Romero C. 2000. Concentrations of iron, copper and Zinc in human milk and powdered infant formula // *Int. J. Food Sci. Nutr.* Vol.51. P.373–380.
- Sandstrom B., Cederblad A., Lonnerdal B. 1983. Zinc absorption from human, cow's milk and infant formulas // *Am. J. Dis. Child.* Vol.137. P.762–769.
-