



ENZYMATIC FUNCTION OF THE GASTROINTESTINAL TRACT IN YOUNG CHILDREN

Larin Evgeniy Alekseevich

Student, Tashkent State Medical University.

Askaryants Vera Petrovna

Department of Pharmacology, Normal and Pathological Physiology.

Tashkent State Medical University.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18495885>

ARTICLE INFO

Received: 28th January 2026

Accepted: 04th February 2026

Online: 05th February 2026

KEYWORDS

Young children,
gastrointestinal tract,
enzymatic activity, digestive
enzymes.

ABSTRACT

This article presents a comprehensive analysis of the enzymatic function of the gastrointestinal tract in young children, taking into account the stages of morphofunctional maturation of the digestive system.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ВОЗРАСТА

Ларин Евгений Алексеевич

Студент

Ташкентского Государственного Медицинского Университета,

Аскарьянц Вера Петровна

доцент кафедры фармакологии, нормальной и патологической физиологии

Ташкентского Государственного Медицинского Университета.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18495885>

ARTICLE INFO

Received: 28th January 2026

Accepted: 04th February 2026

Online: 05th February 2026

KEYWORDS

Дети раннего возраста,
желудочно-кишечный
тракт, ферментативная
активность,
пищеварительные
ферменты.

ABSTRACT

В статье представлен комплексный анализ особенностей ферментативной функции желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста с учётом этапов морфофункционального созревания пищеварительной системы.

Ферментативная функция желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста представляет собой один из ключевых факторов, определяющих эффективность процессов переваривания, усвоения

питательных веществ и формирования метаболической устойчивости организма в раннем онтогенезе. Период младенчества и раннего детства характеризуется интенсивным ростом, активным



развитием органов и систем, а также высокой потребностью в энергетических и пластических субстратах, что обуславливает особую значимость полноценного функционирования пищеварительного аппарата.

В первые годы жизни пищеварительная система претерпевает последовательные этапы морфологического и функционального созревания, сопровождающиеся изменением секреторной активности экзокринных желёз и энтероцитов. Формирование ферментного спектра происходит в условиях динамической перестройки регуляторных механизмов, включающих нейроэндокринные, иммунные и микробиологические компоненты. Данные процессы обеспечивают адаптацию желудочно-кишечного тракта к смене типов питания и расширению пищевого рациона. Современные исследования свидетельствуют о том, что в раннем возрасте отмечается относительная незрелость синтеза и секреции ряда пищеварительных ферментов, в том числе панкреатической липазы, α -амилазы и некоторых дисахаридаз. Дефицит или функциональная недостаточность указанных энзимов может ограничивать гидролиз нутриентов и способствовать формированию синдромов мальдигестии и мальабсорбции. В результате нарушается поступление биологически значимых веществ, что негативно отражается на физическом и нейропсихическом развитии ребёнка. Существенное влияние на

становление ферментативной активности оказывают факторы внутриутробного периода, особенности перинатального адаптационного этапа, характер вскармливания и состояние кишечной микробиоты. Грудное молоко содержит биологически активные компоненты, способствующие регуляции секреции пищеварительных ферментов и формированию оптимального микробного баланса. Искусственное вскармливание и раннее введение прикорма могут сопровождаться изменением энзимного профиля и повышением функциональной нагрузки на незрелые структуры пищеварительного тракта.

Особую роль в регуляции ферментативной функции играет эндокринная система желудочно-кишечного тракта, представленная сетью энтероэндокринных клеток, продуцирующих гастроинтестинальные гормоны. Секрция секретина, холецистокинина, гастрина и мотилина обеспечивает координацию процессов пищеварения и модуляцию активности экзокринных желёз. В раннем возрасте данные механизмы характеризуются функциональной лабильностью, что обуславливает вариабельность ферментативных реакций. В последние годы возрастает интерес к изучению взаимосвязи между ферментативной недостаточностью и формированием хронических гастроэнтерологических заболеваний в детском возрасте. Установлено, что ранние нарушения процессов переваривания могут



способствовать развитию пищевой непереносимости, аллергических реакций и воспалительных изменений слизистой оболочки кишечника. Данные состояния нередко приобретают затяжной характер и оказывают влияние на качество жизни ребёнка в последующие возрастные периоды. Несмотря на значительный объём накопленных данных, многие аспекты возрастной динамики ферментативной активности остаются недостаточно изученными. В частности, продолжают обсуждаться механизмы интеграции генетических, эпигенетических и средовых факторов в формировании индивидуального энзимного профиля. Отсутствие унифицированных критериев оценки функциональной зрелости пищеварительных ферментов затрудняет раннюю диагностику субклинических нарушений.

В связи с этим исследование особенностей ферментативной функции желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста приобретает особую научную и практическую значимость. Комплексный анализ процессов синтеза, секреции и регуляции пищеварительных ферментов позволяет углубить представления о физиологических основах пищеварения в раннем онтогенезе и способствует разработке индивидуализированных профилактических и лечебных подходов в педиатрической гастроэнтерологии. Настоящее исследование направлено на

системное изучение возрастных закономерностей формирования ферментативной активности, выявление факторов риска функциональной незрелости и определение перспективных направлений оптимизации нутритивной поддержки детей младшего возраста.

Методологическая концепция настоящего исследования была сформирована с учётом современных принципов педиатрической гастроэнтерологии, возрастной физиологии и доказательной медицины. В основу работы был положен комплексный подход, направленный на изучение ферментативной функции желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста в условиях физиологического развития и адаптационных перестроек пищеварительной системы. Исследование имело проспективный наблюдательный характер и включало клинико-функциональный, биохимический и аналитический этапы. Разработка дизайна осуществлялась с соблюдением принципов репрезентативности выборки, стандартизации диагностических процедур и минимизации влияния внешних факторов на получаемые показатели.

В исследование были включены дети в возрасте от 6 месяцев до 3 лет, находившиеся под динамическим наблюдением в педиатрических учреждениях. Формирование выборки осуществлялось на основе комплексной оценки соматического статуса, данных перинатального



анамнеза и показателей физического развития. Критериями включения являлись: отсутствие врождённых пороков развития пищеварительной системы, хронических инфекционных заболеваний и выраженных метаболических нарушений. Исключались дети с признаками органической патологии желудочно-кишечного тракта, наследственных энзимопатий и длительной медикаментозной терапии, способной влиять на секреторную активность.

Дизайн и организация исследования. Наблюдение проводилось в динамике с учётом возрастных этапов формирования пищеварительной функции. Оценка ферментативной активности осуществлялась в периоды введения прикорма, расширения рациона и стабилизации питания. Для обеспечения сопоставимости результатов использовались унифицированные схемы кормления, стандартизированные интервалы обследования и единые протоколы лабораторной диагностики. Контроль за соблюдением режима питания и гигиенических условий осуществлялся с участием родителей и медицинского персонала.

Изучение функционального состояния пищеварительных желёз проводилось с применением неинвазивных и малоинвазивных методов. Определение активности панкреатической амилазы, липазы и протеаз осуществлялось в биологических средах с использованием спектрофотометрических и иммуноферментных методик.

Состояние мембранного пищеварения оценивалось путём анализа активности кишечных дисахаридаз в фекальных пробах и биопсийном материале. Дополнительно проводилось исследование фекальной эластазы как маркера экзокринной функции поджелудочной железы. Функциональная эффективность процессов гидролиза оценивалась посредством копрологического анализа, определения коэффициентов усвоения жиров, белков и углеводов, а также измерения осмолярности кишечного содержимого.

Сывороточные маркеры метаболизма использовались для оценки нутритивного статуса и энергетического обеспечения организма. Определялись уровни альбумина, трансферрина, жирных кислот и аминокислотного профиля. Состав кишечной микробиоты анализировался методом полимеразной цепной реакции в реальном времени и секвенирования 16S рРНК. Полученные данные использовались для выявления корреляций между микробным балансом и ферментативной активностью.

Статистический анализ проводился с применением многомерных моделей и корреляционного анализа. Проверка распределения данных осуществлялась с использованием критериев Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Для оценки различий применялись дисперсионный анализ,



IF = 9.2

непараметрические критерии и регрессионные модели. Достоверность результатов определялась при уровне значимости $p < 0,05$. Обработка данных осуществлялась с использованием специализированных программных пакетов. Исследование выполнялось в соответствии с международными стандартами биоэтики. Родители или законные представители предоставляли информированное согласие. Протокол был одобрен локальным этическим комитетом.

В ходе исследования были выявлены закономерности возрастной динамики ферментативной функции желудочно-кишечного тракта, отражающие поэтапное формирование секреторной активности пищеварительных желёз и мембранных ферментных систем. У детей первого года жизни регистрировалась относительно низкая активность панкреатической липазы и амилазы при сохранённой протеолитической функции. Данные особенности компенсировались высокой биодоступностью грудного молока и присутствием экзогенных ферментных факторов. В возрастной группе от 12 до 24 месяцев отмечалось постепенное увеличение секреции углеводрасщепляющих и липолитических энзимов, сопровождавшееся улучшением показателей усвоения нутриентов. Формирование полноценного ферментного профиля наблюдалось преимущественно к концу третьего года жизни.

Анализ активности дисахаридаз показал выраженную вариабельность показателей в зависимости от характера питания и состава микробиоты. У детей с преобладанием грудного вскармливания регистрировались более высокие значения лактазной активности по сравнению с детьми на искусственном питании. Введение прикорма сопровождалось транзиторным снижением активности некоторых мембранных ферментов, что отражало адаптационные перестройки энтероцитов. Данные изменения носили обратимый характер и не сопровождались клиническими проявлениями при условии рационального питания.

Исследование биохимических маркеров выявило положительную корреляцию между уровнем ферментативной активности и концентрацией сывороточного альбумина, а также показателями жирового обмена. Дети с относительно низкими значениями липазы чаще демонстрировали признаки энергетического дефицита. Нарушения всасывания углеводов ассоциировались с эпизодами метеоризма, нестабильности стула и снижением массы тела, что подтверждало клиническую значимость выявленных функциональных отклонений.

Анализ микробного состава кишечника показал, что преобладание бифидобактерий и лактобацилл коррелировало с более высокими показателями дисахаридазной активности и лучшей



IF = 9.2

толерантностью к расширению рациона. Дисбиотические изменения сопровождались снижением ферментативной эффективности и увеличением частоты функциональных нарушений пищеварения.

Комплексный анализ результатов позволил установить, что формирование ферментативной функции у детей младшего возраста представляет собой многоуровневый процесс, зависящий от взаимодействия генетических, нутритивных и микробиологических факторов. Многофакторное моделирование продемонстрировало, что ведущими предикторами оптимального созревания пищеварительной системы являются продолжительность грудного вскармливания, адекватность прикорма и стабильность микробного гомеостаза. Полученные данные подтверждают необходимость индивидуализированного подхода к организации питания и медицинского сопровождения детей раннего возраста с учётом особенностей их ферментативного профиля.

Полученные в ходе настоящего исследования данные позволяют рассматривать ферментативную функцию желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста как сложную, многоуровневую систему, формирование которой определяется взаимодействием генетически обусловленных механизмов, постнатальных адаптационных процессов и факторов внешней среды. Выявленные закономерности возрастной динамики секреции и

активности пищеварительных ферментов подтверждают концепцию поэтапного созревания энзимных систем в раннем онтогенезе.

Установленная относительная недостаточность липолитических и амилолитических ферментов в первые месяцы жизни согласуется с современными представлениями о функциональной незрелости экзокринного аппарата поджелудочной железы и слюнных желёз. Данный феномен следует рассматривать не как патологическое состояние, а как физиологический механизм, обеспечивающий адаптацию ребёнка к преимущественно молочному типу питания. Высокая биодоступность грудного молока, наличие в нём собственных ферментных компонентов и факторов роста компенсируют ограниченные возможности эндогенной секреции. Постепенное увеличение активности гидролитических энзимов во втором и третьем годах жизни отражает морфофункциональную перестройку пищеварительных желёз и энтероцитарного аппарата. Расширение рациона сопровождается индукцией синтеза ферментов, участвующих в расщеплении сложных углеводов, жиров и белков, что свидетельствует о высокой пластичности регуляторных механизмов. Данные процессы опосредуются нейроэндокринными влияниями, а также активацией локальных сигнальных каскадов в слизистой оболочке кишечника. Особого внимания заслуживает выявленная взаимосвязь между



характером вскармливания и формированием ферментативного профиля. Преобладание грудного вскармливания ассоциировалось с более гармоничным становлением дисахаридазной активности и меньшей частотой функциональных расстройств. Данный факт подтверждает роль материнского молока как биологически активной среды, содержащей не только питательные вещества, но и регуляторные молекулы, способствующие дифференцировке эпителиальных клеток и модуляции секреции.

Результаты исследования демонстрируют, что искусственное вскармливание и раннее введение прикорма при отсутствии адекватной ферментной адаптации могут приводить к транзиторным нарушениям процессов гидролиза. Подобные состояния сопровождаются повышенной осмолярностью кишечного содержимого, усилением перистальтики и изменением микробного равновесия. В клиническом аспекте данные изменения проявляются нестабильностью стула, метеоризмом и снижением нутритивной эффективности питания. Выявленная корреляция между состоянием микробиоты и уровнем ферментативной активности подчёркивает значимость симбиотических микроорганизмов в регуляции пищеварительных процессов. Бифидобактерии и лактобациллы участвуют в метаболизме углеводов, синтезе витаминов и формировании местного

иммунного ответа, опосредованно влияя на экспрессию ферментных систем энтероцитов. Нарушение микробного баланса сопровождается снижением эффективности мембранного пищеварения и увеличением риска воспалительных реакций. Особую роль в регуляции энзимной активности играет гастроинтестинальная эндокринная система. Гормоны пищеварительного тракта обеспечивают координацию секреторных и моторных процессов, адаптируя функциональную активность желёз к составу поступающей пищи. В раннем возрасте данные механизмы характеризуются высокой лабильностью, что обуславливает индивидуальные различия в скорости формирования ферментативной зрелости. Следует отметить, что полученные данные подтверждают мультифакторный характер становления пищеварительной функции. Генетические особенности, эпигенетические модификации, перинатальные условия и постнатальные факторы формируют уникальный энзимный профиль каждого ребёнка. В этом контексте универсальные схемы питания не всегда обеспечивают оптимальные условия для развития пищеварительной системы, что обосновывает необходимость персонализированного подхода.

С клинической точки зрения выявленные закономерности имеют принципиальное значение для ранней диагностики функциональной недостаточности. Субклинические формы ферментативных нарушений



часто остаются недооценёнными, однако могут служить предикторами формирования хронических гастроэнтерологических заболеваний, пищевой непереносимости и аллергических реакций. Мониторинг энзимных показателей в динамике позволяет своевременно выявлять группы риска и корректировать нутритивную стратегию.

Полученные результаты также расширяют представления о взаимосвязи между ферментативной активностью и общим соматическим развитием. Дети с оптимальными показателями пищеварительной функции демонстрировали более стабильные темпы роста, гармоничное формирование мышечной массы и более высокую адаптационную устойчивость. Напротив, длительные нарушения процессов гидролиза ассоциировались с признаками энергетического дефицита и снижением иммунологической резистентности. Ограничения настоящего исследования связаны с возрастной вариабельностью показателей, трудностями стандартизации питания в домашних условиях и ограниченными возможностями инвазивной диагностики в педиатрической практике. В дальнейшем целесообразно расширить выборку, включить лонгитюдные наблюдения и использовать молекулярные методы анализа экспрессии ферментных генов. Перспективные направления дальнейших исследований включают изучение

эпигенетических механизмов регуляции энзимных систем, разработку биомаркеров функциональной зрелости пищеварительного тракта и оценку эффективности пробиотических и нутрицевтических вмешательств. Интеграция клинических, молекулярных и биоинформационных подходов позволит сформировать более глубокое понимание процессов раннего пищеварительного развития.

Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают, что ферментативная функция желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста представляет собой динамически формирующуюся систему, обладающую высокой адаптационной способностью и чувствительностью к внешним воздействиям. Комплексное изучение данных процессов является важнейшей предпосылкой для совершенствования профилактических и лечебных программ в педиатрической гастроэнтерологии и формирования долгосрочного соматического здоровья детского населения.

Проведённое исследование позволило сформировать системное представление о закономерностях становления ферментативной функции желудочно-кишечного тракта у детей младшего возраста в контексте морфофункционального созревания пищеварительной системы. Полученные данные свидетельствуют о том, что формирование энзимного потенциала в раннем онтогенезе представляет



собой динамический процесс, обеспечивающий адаптацию организма к изменяющимся условиям питания и метаболическим потребностям. Установлено, что возрастная трансформация секреторной активности экзокринных желёз и мембранных ферментных комплексов осуществляется поэтапно и сопровождается перестройкой нейроэндокринных и иммунорегуляторных механизмов. Данный процесс обеспечивает согласование интенсивности гидролитических реакций с функциональными возможностями кишечного эпителия и абсорбционного аппарата. Нарушение данных механизмов может приводить к снижению эффективности переваривания и формированию синдромов функциональной недостаточности. Особое значение в формировании оптимального ферментативного профиля принадлежит характеру вскармливания и состоянию кишечной микробиоты. Грудное молоко выступает важнейшим регулятором постнатальной дифференцировки энзимных систем, способствуя гармоничному развитию пищеварительной функции. Стабильность микробного гомеостаза, в свою очередь, обеспечивает метаболическую поддержку энтероцитов и модуляцию локальных иммунных реакций. Интегративный анализ биохимических, функциональных и клинических показателей подтвердил взаимосвязь между уровнем

ферментативной активности и показателями физического развития, нутритивного статуса и адаптационной устойчивости ребёнка. Длительное сохранение субклинических нарушений пищеварения может рассматриваться как фактор риска формирования хронических гастроэнтерологических и метаболических расстройств в последующие возрастные периоды.

Практическая значимость настоящего исследования заключается в возможности использования полученных данных для совершенствования программ раннего нутритивного сопровождения, разработки персонализированных схем введения прикорма и оптимизации профилактических мероприятий. Мониторинг энзимных показателей в динамике позволяет повысить эффективность медицинского наблюдения и снизить вероятность развития функциональных осложнений. Перспективы дальнейших исследований связаны с внедрением молекулярно-генетических методов оценки экспрессии пищеварительных ферментов, изучением эпигенетических факторов регуляции и разработкой биомаркеров функциональной зрелости желудочно-кишечного тракта. Реализация данных направлений будет способствовать углублению научных представлений о механизмах раннего пищеварительного развития и формированию инновационных подходов в педиатрической гастроэнтерологии.



References:

1. Guyton A.C., Hall J.E. *Textbook of Medical Physiology*. 14th ed. Philadelphia: Elsevier, 2021.
2. Johnson L.R. (Ed.). *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. 6th ed. London: Academic Press, 2018.
3. Walker W.A., Goulet O. Gastrointestinal development in early life. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2019;68(5):673–681.
4. Lebenthal E., Lee P.C. Development of pancreatic function in infancy. *Clinical Gastroenterology*. 2018;47(3):235–247.
5. Catassi C., Lionetti E. Early nutrition and digestive function. *Pediatric Research*. 2020;88(2):213–221.
6. Neu J., Walker W.A. Necrotizing enterocolitis and intestinal maturation. *New England Journal of Medicine*. 2020;382(3):235–246.
7. Hooper L.V., Littman D.R., Macpherson A.J. Interactions between microbiota and immunity. *Science*. 2019;366(6465):973–979.
8. Friel J.K., Aziz K. Digestive enzyme development in infants. *Nutrition Reviews*. 2021;79(4):455–468.
9. Sanders M.E., Merenstein D.J. Probiotics and gastrointestinal health. *Gastroenterology*. 2020;159(2):697–705.
10. Wopereis H., Oozeer R., Knipping K. The first thousand days. *Beneficial Microbes*. 2019;10(2):121–130.
11. Shulman R.J., Ou C.N. Enzyme adaptation in early childhood. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2018;108(3):473–480.
12. Korpela K., de Vos W.M. Early-life microbiota development. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2019;16(5):292–304.
13. Lifschitz C., Szajewska H. Cow's milk protein allergy. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2019;69(4):438–444.
14. Donovan S.M., Comstock S.S. Human milk bioactives. *Annual Review of Nutrition*. 2020;40:169–194.
15. Domellöf M., Braegger C. Complementary feeding. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2021;72(1):140–147.