

**В.В. Коваленко
Е.К. Шестерина
А.И. Балако**

Гомельский государственный
медицинский университет,
Гомель, Республика Беларусь

Надійшла: 07.07.2019

Прийнята: 14.08.2019

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2019.3.54-59>

УДК 611.342.013:612.335.2

ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ КИШЕЧНЫХ ВОРСИНОК ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ ЧЕЛОВЕКА

Kovalenko V.V. ✉, **Shesterina E.K.**, **Balaco A.I.** Embryonic development of the intestinal villi of the duodenum of the human.

Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

ABSTRACT. Background. Knowledge of the stages and mechanisms of embryonic formation of intestinal villi of the duodenum becomes a reliable means to identify the causes and search for ways to prevent such anomalies of its development as atresia and stenosis. **Objective:** establish features embryonic development intestinal villi of duodenum. **Methods.** 108 consecutive series of histological sections of embryos and human fetuses from 8 to 70 mm parietal-coecyx length of embryological collection Department of normal anatomy BSMU and 10 series of histological sections of the duodenum human fetuses 21-24 weeks of development are studied. **Results.** New data on terms and mechanisms of formation and maturing of intestinal villi of duodenum in prenatal development are received. **Conclusion.** In morphogenesis of intestinal villi of duodenum certain regularity is traced. From 39 days of development, the villi are formed only by protrusion of the epithelium with the underlying mesenchyme, then, Starting from 53 days, also by splitting the already formed villi. From 59 days of embryogenesis, which is expressed in the occurrence of their definitive forms and lasts until the end of the prenatal development.

Key words: duodenum, intestinal villi, embryogenesis.

Citation:

Kovalenko VV, Shesterina EK, Balaco AI. [Embryonic development of the intestinal villi of the duodenum of the human]. *Morphologia*. 2019;13(3):54-9. Russian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2019.3.54-59>

✉ Sharun3@rambler.ru

© SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine», «Morphologia»

Введение

В процесс эмбрионального формирования кишечных ворсинок, которые являются основным микроструктурным элементом рельефа слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки (ДПК), вовлекаются эпителиальные и мезенхимные структуры всей кишечной стенки [1-4]. Поэтому нарушения, возникающие в ходе развития ворсинок, нередко приводят к появлению врожденных аномалий двенадцатиперстной кишки (стенозы, атрезии) [5-7]. Приблизиться к пониманию механизмов их возникновения дает возможность изучение морфогенеза ворсинок слизистой оболочки ДПК.

Материалы и методы

Проведено гистологическое исследование 108 последовательных серий срезов эмбрионов и плодов человека от 8 до 70 мм теменно-копчиковой длины (ТКД) (28 – 81 сутки развития), окрашенных по методу Бильшовского – Буке, гематоксилином и эозином из эмбриологи-

ческой коллекции кафедры нормальной анатомии БГМУ. Дополнительно гистологическим методом изучена стенка двенадцатиперстной кишки 6 плодов 21-24 недель развития, смерть которых не связана с патологией гепатопанкреатодуоденальной системы. Исследование материала выполнено с использованием светового бинокулярного микроскопа МИКМЕД – 5 при увеличении в 40, 100 и 400 раз.

Результаты и их обсуждение

Закладка двенадцатиперстной кишки у эмбрионов 8–9 мм ТКД имеет вид эпителиальной трубки, окруженной мезенхимой, внутренняя поверхность которой выглядит гладкой, безрельефной (рисунок 1, а).

У эмбрионов 10,5–16 мм ТКД отмечается пролиферация кишечного эпителия с последующей облитерацией полости ДПК эпителиальными «пробками» [2, 3, 6]. В дальнейшем происходит восстановление проходимости кишки (реканализация) посредством образования полостей

деструкции, разделенных эпителиальными «перемычками», которые впоследствии разрываются

(рисунок 1, б).

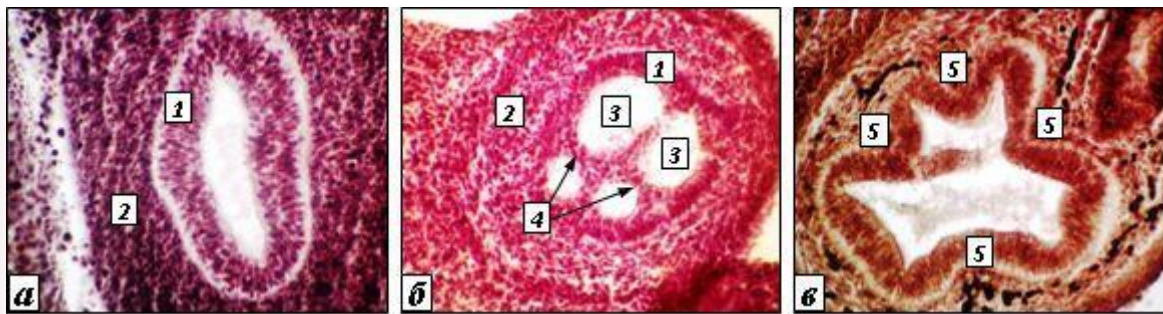


Рис. 1. Строение стенки двенадцатиперстной кишки эмбрионов 8 (а), 13 (б) и 17 (в) мм ТКД. 1 – однослойный призматический эпителий; 2 – мезенхима; 3 – полости деструкции; 4 – эпителиальные «перемычки»; 5 – первичные возвышения эпителиомезенхимного слоя. Окраска по Бильшовскому-Буке (а, в), гематоксилином и эозином (б). ×100.

Видимые изменения со стороны эпителия и подлежащей мезенхимы, предшествующие появлению кишечных ворсинок, впервые обнаруживаются у эмбрионов 17 мм ТКД (39 сутки). В отдельных участках появляются локальные сгущения мезенхимных клеток, которые приподнимают эпителий, формируя направленные в просвет двенадцатиперстной кишки первичные возвышения. На поперечных срезах они имеют холмовидную или волнообразную форму, поверхность их выстлана однослойным призматическим эпителием, ядра клеток которого образуют от 3 до 5 рядов (рисунок 1, в).

Следует отметить, что из всех элементов рельефа слизистой оболочки ДПК, ворсинки возникают первыми, что, вероятно, обусловлено важностью выполняемой ими функции – всасыванием.

У эмбрионов 18 – 22 мм ТКД (40 – 50 суток) продолжается формирование зачатков кишечных ворсинок. Более ранние их генерации появляются на стенках нисходящей части двенадцатиперстной кишки и имеют пальцевидную форму. Клетки мезенхимы в области тел ворсинок расположены рыхло, а в области вершук образуют плотные локальные сгущения. Вершук покрыты 2-3 рядным призматическим эпителием, а на основаниях и в межворсинчатых промежутках ядра эпителиальных клеток расположены в 3-4 ряда (рисунок 2, а). Более поздние генерации ворсинок представляют собой невысокие эпителиомезенхимные выпячивания конусовидной или бугорковидной формы. Поверхность их покрыта однослойным призматическим эпителием с многорядным расположением клеточных ядер (рисунок 2, б).

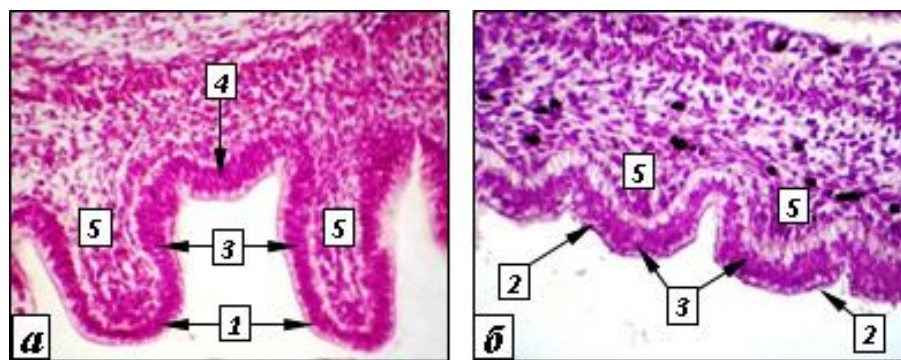


Рис. 2. Строение ворсинок двенадцатиперстной кишки эмбрионов 18 (а) и 22 (б) мм ТКД. 1 – зачатки ворсинок ранних генераций; 2 – зачатки ворсинок поздних генераций; 3 – эпителий ворсинок; 4 – эпителий межворсинчатых промежутков; 5 – мезенхима ворсинок. Окраска гематоксилином и эозином. ×100.

У эмбрионов 23 – 26 мм ТКД (53 – 56 сутки) в нисходящей части ДПК видны зачатки ворсинок, на вершук которых определяются участки инвагинации эпителия вместе с базальной мембраной в подлежащую мезенхиму. По линии погружения эпителия заметны зоны разрыхления мезенхимы с хаотично расположенными клетками, потерявшими продольную ориентацию вдоль

оси ворсинки. Погружение эпителия сопровождается вертикальным разделением (расщеплением) первичного зачатка ворсинки от вершук до основания с последующим образованием двух или трех вторичных зачатков, имеющих одинаковые размеры и форму («ворсинки-клоны») (рисунок 3 а, б). Вероятно, к расщеплению способны ворсинки, достигшие определенной степени

зрелости и окруженные другими ворсинками, что затрудняет их новообразование путем выпячивания

ния эпителиомезенхимного слоя.

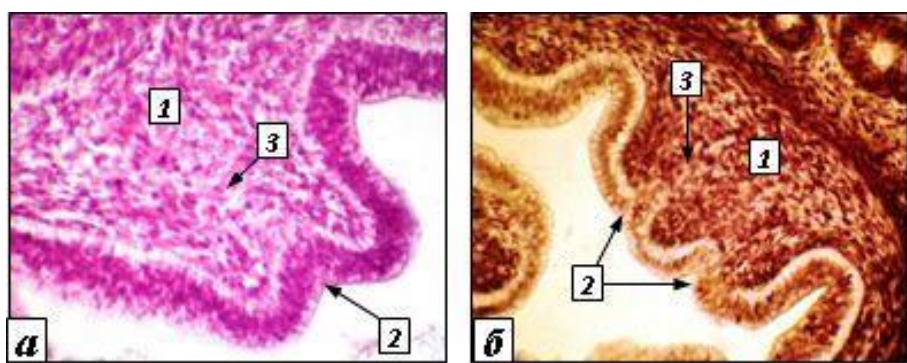


Рис. 3. Образование ворсинок путем расщепления первичных зачатков у эмбрионов 23 (а) и 26 (б) мм ТКД. 1 – первичные зачатки ворсинок; 2 – участки инвагинации эпителия; 3 – зоны разрыхления мезенхимы. Окраска гематоксилином и эозином (а), по Бильшовскому-Буке (б). ×100.

У плодов 27 – 28 мм ТКД (59 – 60 суток) на сагиттальных срезах выявляются единичные хорошо дифференцированные ворсинки. Они имеют веретеновидную или пальцевидную форму, их высота составляет половину диаметра просвета кишки. Верхушки и боковые поверхности таких ворсинок покрыты однослойным призматическим эпителием (ядра клеток расположены в один ряд), внутри четко различимы продольно ориентированные кровеносные сосуды. В межворсинчатых зонах эпителий сохраняет многорядность, что свидетельствует о незавершенности его дифференцировки (рисунок 4, а, б).

чеким эпителием (ядра клеток расположены в один ряд), внутри четко различимы продольно ориентированные кровеносные сосуды. В межворсинчатых зонах эпителий сохраняет многорядность, что свидетельствует о незавершенности его дифференцировки (рисунок 4, а, б).

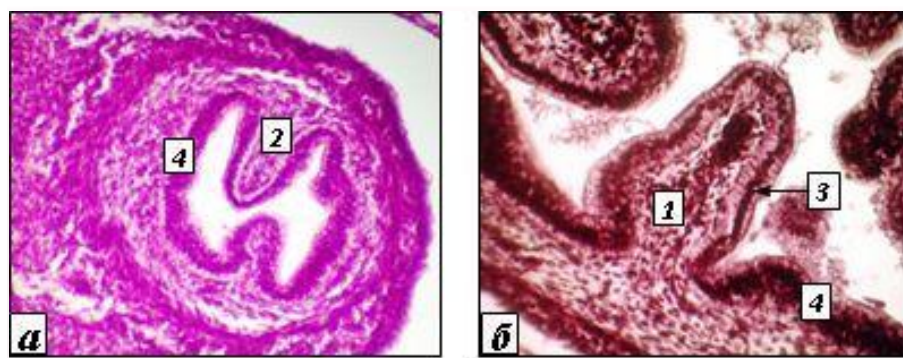


Рис. 4. Строение ворсинок двенадцатиперстной кишки эмбрионов 27 (а) и 28 (б) мм ТКД. 1 – ворсинка веретеновидной формы; 2 – ворсинка пальцевидной формы; 3 – эпителий ворсинок; 4 – эпителий межворсинчатых промежутков. Окраска гематоксилином и эозином (а), по Бильшовскому-Буке (б). ×40 (а) и ×100 (б).

У плодов 29 – 35 мм ТКД (61 – 65 сутки) более дифференцированные ворсинки булаво-видной, веретеновидной и пальцевидной формы заполняют значительную часть просвета ДПК, придавая ему звездчатую конфигурацию (рисунок 5, а). Образование ворсинок осуществляется путем выпячивания эпителия и подлежащей мезенхимы в просвет кишки и путем расщепления уже существующих ворсинок. В некоторых случаях зоны инвагинации эпителия располагаются не в области верхушек, а на боковых поверхностях «материнских» ворсинок (рисунок 5, б).

ной формы с широким основанием относительно невелико (рисунок 6, а).

У плодов 36 – 47 мм ТКД (66 – 71 сутки) продолжает расти число дифференцированных ворсинок пальцевидной, булаво-видной, веретеновидной форм. Количество малодифференцированных ворсинок конусовидной и бугорковид-

Одновременный рост кишечной стенки сопровождается увеличением диаметра кишки и появлением в некоторых участках обширных межворсинчатых промежутков, выстланных многорядным эпителием. Новообразование ворсинок осуществляется преимущественно путем расщепления ворсинок, сформированных ранее (рисунок 6, б). Иногда обнаруживаются единичные эпителиомезенхимные выпячивания, несущие на общем основании 2-3 почковидных зачатка («ворсинки-букеты»). Вероятно, они возникают не путем расщепления, а путем локальных выпячиваний эпителия с подлежащей мезенхимой на поверхности одного материнского зачатка (рисунок 6, в).

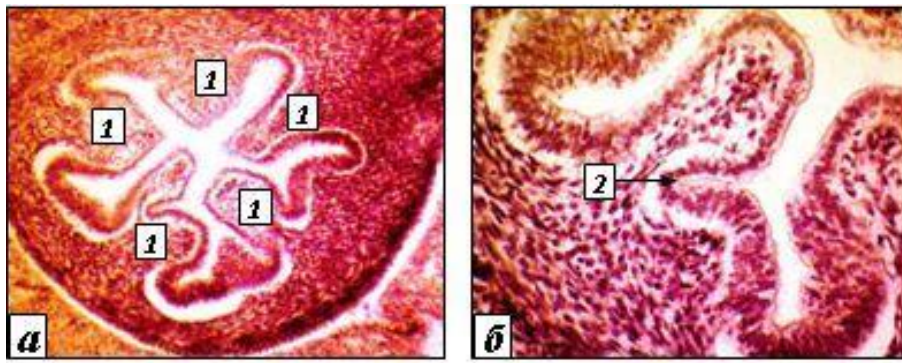


Рис. 5. Строение ворсинок двенадцатиперстной кишки плодов 29 (а) и 33 (б) мм ТКД. 1 – ворсинки различных форм; 2 – зоны инвагинации эпителия на боковой поверхности ворсинки. Окраска по Бильшовскому-Буке. $\times 40$ (а) и $\times 100$ (б).

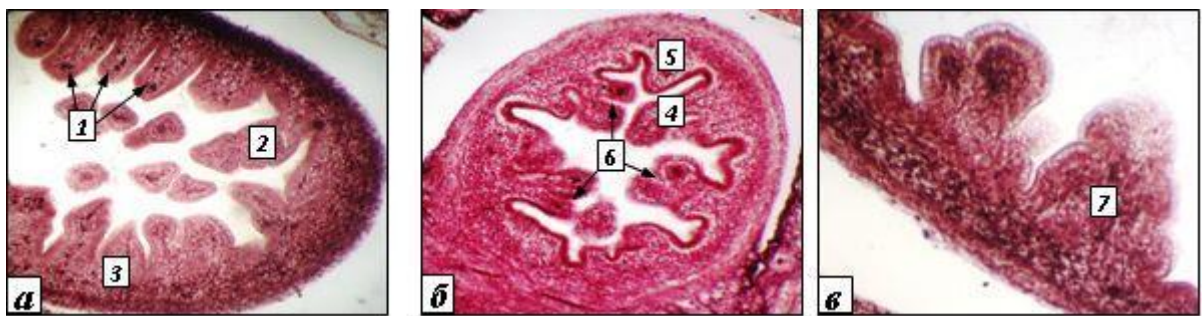


Рис. 6. Строение ворсинок двенадцатиперстной кишки плодов 32 (а), 39 (б) и 47 (в) мм ТКД. 1 – пальцевидные ворсинки; 2 – веретеновидные ворсинки; 3 – конусовидные ворсинки; 4 – булавовидные ворсинки; 5 – бугорковидные ворсинки; 6 – зоны расщепления ворсинок; 7 – «ворсинки-букеты». Окраска по Бильшовскому-Буке. $\times 100$.

Просвет двенадцатиперстной кишки у плодов 48 – 70 мм ТКД (72 – 81 сутки) характеризуется обилием густо расположенных полиморф-

ных ворсинок. Безворсинчатые зоны практически отсутствуют (рисунок 7, а).

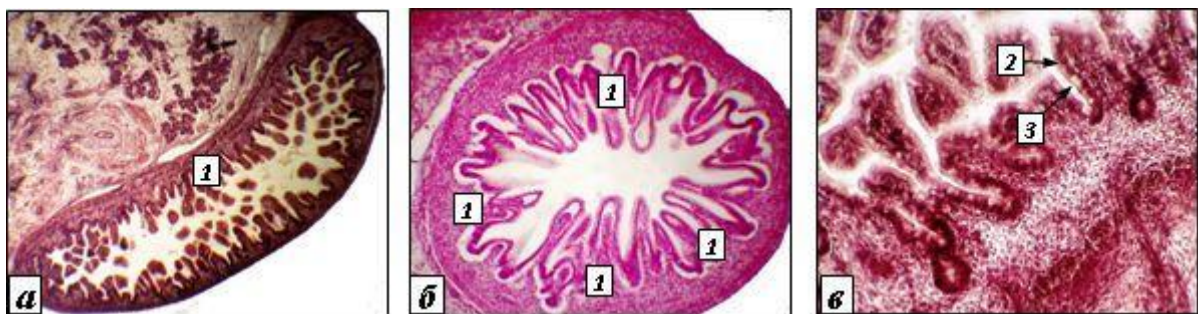


Рис. 7. Строение ворсинок двенадцатиперстной кишки плодов 48 (а), 65 (б) и 70 (в) мм ТКД. 1 – ворсинки различных форм; 2 – эпителий ворсинок; 3 – бокаловидные клетки. Окраска по Бильшовскому-Буке (а, в), гематоксилином и эозинном (б). $\times 40$ (а, б) и $\times 100$ (в).

Преобладающие формы дифференцированных ворсинок – пальцевидная и булавовидная, диаметр основания которых меньше диаметра их тела и верхушки (рисунок 7, б). Поверхность ворсинок покрыта однослойным призматическим эпителием с однородным расположением ядер. На протяжении клеточного ряда определяются множественные бокаловидные клетки (рисунок

7, в).

У плодов 21-24 недель развития слизистая оболочка круговых складок покрыта многочисленными ворсинками дефинитивных форм (булавовидной и язычковидной), а в участках между складками обнаруживаются пальцевидные и веретеновидные ворсинки (рисунок 8, а).

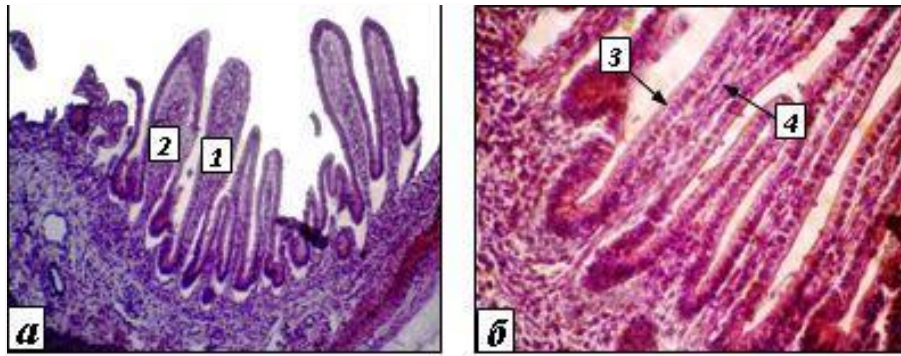


Рис. 8. Строение ворсинок двенадцатиперстной кишки плодов 21 (а) и 24 (б) недель развития. 1 – ворсинки булавовидной формы; 2 – ворсинки язычковидной формы; 3 – однослойный призматический эпителий ворсинок; 4 – строма ворсинок. Окраска гематоксилином и эозином. $\times 100$ (а) и $\times 400$ (б).

Высота ворсинок достигает половины высоты складок. Поверхность их покрыта однослойным призматическим эпителием с базально расположенными в один ряд ядрами клеток. Строма образована рыхлой волокнистой соединительной тканью собственной пластинки слизистой оболочки. Продольно ориентированные сосуды в строме ворсинок сопровождаются узкими цепочками гладкомышечных клеток, проникающих из мышечной пластинки (рисунок 8, б).

Выводы

Эмбриональное развитие кишечных ворсинок двенадцатиперстной кишки характеризуется тремя параллельно протекающими процессами, имеющими стартовые точки в разное время периода пренатального онтогенеза:

1. С 39 по 53 сутки внутриутробной жизни

ворсинки возникают только путем выпячивания эпителия вместе с подлежащей мезенхимой в просвет кишечной трубки.

2. С 53 суток развития ворсинки начинают формироваться также посредством расщепления ворсинок, образовавшихся ранее.

3. С 59-60 суток эмбриогенеза начинается процесс созревания ворсинок, заключающийся в появлении их дефинитивных форм.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением ультраструктурных особенностей эмбрионального формирования кишечных ворсинок.

Информация о конфликте интересов

Потенциальных или явных конфликтов интересов, связанных с этой рукописью, на момент публикации не существует и не предвидится.

Литературные источники

References

1. Volkova OV, Pekarskij MI. [Embriogenez i vozrastnaya gistologiya vnutrennyh organov cheloveka]. Moskva (RF): Medicina; 1976. 437 p. Russian.
2. Lobko PI, Petrova RM, Chayka EN. [Fiziologicheskaya atrezia: embriogenez, funktsionalnaya anatomia]. Minsk (Belarus): 1983. 254 p. Russian.
3. Cheng WR, Tam PKH. Murine duodenum does not go through a "solid core" stage in its embryological development. Eur. J. Pediat. Surg. 1998;8(4):212-215.
4. Dekaney SM. Mucosal morphogenesis and cytodifferentiation in fetal porcine small intestine. Anat. Rec. 1997;49(4):517-523.
5. Moldavskaya AA. [Ontogenez i morfofunktsionalnye osobennosti stroeniya organov pishhevaritel'nogo trakta]. Fundamentalnye issledovaniya. 2006;3:63-66. Russian.
6. Petrenko VM. Embrionalnye osnovy vznikhoveniya vrozhdennoj neprochodimosti dvenadcatiperstnoj kishki cheloveka. Санкт-Петербург, РФ: СПбГМА; 2002. 150 p. Russian.
7. Panteleev SM. [Formirovanie podepitelial'nogo sloya mezenchimy stenki dvenadcatiperstnoj kishki pri vnutriutrobnom razvitii]. Morphologia. 2002;121(2-3):119. Russian.

Коваленко В.В., Шестерина О.К., Балака А.І. Ембріональний розвиток кишкових ворсинок дванадцятипалої кишки людини.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Знання етапів і механізмів ембріонального формування кишкових ворсинок дванадцятипалої кишки стає надійним засобом для виявлення причин виникнення і пошуку шляхів

запобігання таких аномалій її розвитку як атрезія і стеноз. **Мета дослідження:** встановити особливості ембріонального розвитку кишкових ворсинок дванадцятипалої кишки. **Матеріали і методи:** Вивчено 108 послідовних серій гістологічних зрізів ембріонів і плодів людини від 8 до 70 міліметрів тім'яно-куприкової довжини з ембріологічною колекції кафедри нормальної анатомії Білоруського державного медичного університету і 10 серій гістологічних зрізів дванадцятипалої кишки плодів людини 21-24 тижнів ембріогенезу. **Результати:** отримані нові відомості про терміни і механізми утворення і дозрівання кишкових ворсинок дванадцятипалої кишки в період внутрішньоутробного розвитку. **Висновок:** в ембріогенезі ворсинок дванадцятипалої кишки простежується певна закономірність. Спочатку, з 39 доби розвитку, ворсинки утворюються тільки шляхом випинання епітелій-мезенхимного шару кишкової стінки, потім, починаючи з 53 доби, також за допомогою розщеплення вже сформованих ворсинок. З 59 днів ембріогенезу починається етап дозрівання ворсинок, що виражається у виникненні їх дефінітивних форм і триває до кінця періоду внутрішньоутробного розвитку.

Ключові слова: дванадцятипала кишка, кишкові ворсинки, ембріональний розвиток.

Коваленко В.В., Шестерина Е.К., Балако А.И. Эмбриональное развитие кишечных ворсинок двенадцатиперстной кишки человека.

РЕФЕРАТ. Актуальность. Знание этапов и механизмов эмбрионального формирования кишечных ворсинок двенадцатиперстной кишки становится надежным средством для выяснения причин возникновения и поиска путей предотвращения таких аномалий ее развития как атрезия и стеноз. **Цель исследования:** установить особенности эмбрионального развития кишечных ворсинок двенадцатиперстной кишки. **Материал и методы:** Изучено 108 последовательных серий гистологических срезов эмбрионов и плодов человека от 8 до 70 мм теменно-копчиковой длины из эмбриологической коллекции кафедры нормальной анатомии БГМУ и 10 серий гистологических срезов двенадцатиперстной кишки плодов человека 21-24 недель эмбриогенеза. **Результаты:** получены новые сведения о сроках и механизмах образования и созревания кишечных ворсинок двенадцатиперстной кишки в период внутриутробного развития. **Заключение:** в эмбриогенезе ворсинок двенадцатиперстной кишки прослеживается определенная закономерность. Вначале, с 39 суток развития, ворсинки образуются только путем выпячивания эпителиомезенхимного слоя кишечной стенки, затем, начиная с 53 суток, также посредством расщепления уже сформированных ворсинок. С 59 суток эмбриогенеза начинается этап созревания ворсинок, выражающийся в возникновении их дефинитивных форм и длящийся до конца периода внутриутробного развития.

Ключевые слова: двенадцатиперстная кишка, кишечные ворсинки, эмбриональное развитие.