

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ИЗУЧЕНИИ МОРФОЛОГИИ ЭНДОКРИННЫХ КЛЕТОК

*А.Б.Ахмедова-ассистент  
кафедры Анатомии и Клинической  
Анатомии Бухарского Государственного  
Медицинского института  
Email: aziza.axmedova@bsmi.uz*

### Аннотация

Электронная микроскопия является одним из наиболее информативных методов исследования ультраструктуры эндокринных клеток, позволяя выявлять особенности их секреторной активности, дифференцировки и функционального состояния. В статье рассмотрены основные разновидности электронно-микроскопических методов, включая трансмиссионную и сканирующую микроскопию, а также их роль в изучении морфологии эндокринных желез. Описаны ключевые ультраструктурные характеристики клеток, участвующих в синтезе гормонов, включая секреторные гранулы, органеллы, участвующие в биосинтезе, и межклеточные контакты. Освещено применение электронно-микроскопических технологий в диагностике эндокринных заболеваний и исследовании патологических изменений.

**Ключевые слова:** электронный микроскоп, эндокринные клетки, современные методы, секреторные гранулы, аутоиммунные нарушения

Эндокринная система состоит из высокоспециализированных клеток, основной функцией которых является синтез и секреция биологически активных гормонов. Эти процессы сопровождаются сложными внутриклеточными перестройками, которые невозможно детально оценить под световым микроскопом. Поэтому значительная часть современных исследований морфологии основана на электронно-микроскопических методах.

Электронная микроскопия позволяет исследовать внутриклеточные структуры с высоким разрешением. Электронная микроскопия основана на взаимодействии электронного пучка с объектом. Электроны обладают меньшей длиной волны, чем свет, что позволяет визуализировать чрезвычайно мелкие структуры. ЭМ стала ключевым инструментом в исследовании эндокринной системы, позволяя анализировать синтез и секрецию гормонов, внутриклеточный транспорт и структурные изменения при патологиях.

Она подразделяется на два основных вида: трансмиссионную и сканирующую.

Трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ)- использует электронный луч, проходящий через ультратонкий срез ткани толщиной 50–100 нм. ТЭМ позволяет выявлять:

- структуру секреторных гранул (размер, распределение, плотность),
- особенности аппарата Гольджи и ЭПС,
- состояние митохондрий,
- наличие аутофагосом,
- особенности мембранных комплексов,
- плотность межклеточных контактов.

Образцы фиксируются глутаральдегидом и осмиевой кислотой, затем заливаются в смолу. Тонкие срезы окрашиваются солями тяжёлых металлов, что усиливает контраст.

У пептидсекретирующих клеток (гипофиз, панкреатические островки):

- наблюдается хорошо развитая гранулярная ЭПС,
- аппарат Гольджи особенно активен,
- гранулы располагаются в околосмембранных зонах.

У стероидогенных клеток (надпочечники):

- преобладают тубулярные митохондрии,
- развит SER,
- присутствуют липидные включения.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)-формирует изображение поверхности объекта и используется для изучения рельефа тканей. СЭМ позволяет изучить:

- внешний рельеф тканей эндокринных органов,
- архитектуру фолликулов щитовидной железы,
- состояние капилляров и базальных мембран,
- пространственную организацию клеточных комплексов.

СЭМ применяется:

• В щитовидной железе СЭМ показывает состояние микроворсинок тироцитов и плотность коллоида.

• В поджелудочной железе позволяет оценить внешний рельеф панкреатических островков и их сосудистые связи.

• В надпочечниках визуализирует сетчатую структуру капилляров.

Эндокринные клетки обладают рядом специфических ультраструктурных признаков: развитым аппаратом Гольджи, митохондриями, секреторными гранулами, а также плотными контактами между клетками.

Секреторные гранулы — основной маркер эндокринных клеток. Их плотность, форма и количество отражают степень гормональной активности.

Гранулы пептидных гормонов обычно плотные, тогда как у клеток APUD-системы встречаются мелкие и менее плотные гранулы.

Эти органеллы обеспечивают синтез и транспорт гормонов. Их выраженное развитие свидетельствует о высокой функциональной активности клетки.

Митохондрии стероидогенных клеток содержат характерные тубулярные кристы. В них осуществляется синтез стероидных гормонов.

Электронная микроскопия помогает изучить клетки гипофиза, щитовидной и паращитовидных желёз, надпочечников и панкреатических островков. Эти данные используются как эталон при изучении патологий.

При изучении ультраструктуры аденогипофиза содержит несколько типов клеток, отличающихся ультраструктурой гранул:

- соматотропы — крупные электронноплотные гранулы,
- лактотропы — гранулы средних размеров,
- тиротропы — мелкие гранулы.

Аппарат Гольджи развит, что отражает интенсивность обработки пептидных гормонов. При изучении панкреатических островков ЭМ выявляет:

- **$\alpha$ -клетки** — плотные гранулы, богатые глюкагоном,
- **$\beta$ -клетки** — крупные гранулы с плотным ядром и светлой периферией (инсулин),
- **$\delta$ -клетки** — мелкие и однородные гранулы.

При диабете 1 типа: наблюдается разрушение гранул, истончение ЭПС, вакуолизация цитоплазмы.

При изучении щитовидной железы тироциты имеют: развитую микроворсинчатую поверхность, пузырьки эндоцитоза коллоида, плотные соединения между клетками. При гиперактивности: увеличивается число микроворсинок, растёт количество эндоцитарных пузырьков.

Стероидогенные клетки коры надпочечников содержат: митохондрии с характерными тубулярными кристами, обильный SER, липидные капли как субстрат стероидогенеза.

ЭМ выявляет характерные изменения при опухолях, аутоиммунных нарушениях, диабете и других состояниях. Например, при нейроэндокринных опухолях изменяется структура гранул и увеличивается митохондриальная атипия.

ЭМ уточняет диагноз в сложных случаях, помогает отличить эндокринные опухоли от неэндокринных, а также выявить функциональную активность клеток.

Преимущества включают высокое разрешение и возможность детального изучения ультраструктуры. Ограничения — дороговизна и сложность подготовки образцов.

Электронно-микроскопические методы остаются незаменимыми в морфологии эндокринной системы. Они позволяют раскрыть тонкие механизмы гормональной секреции и выявить ранние признаки патологических процессов.

### Список литературы

1. Fawcett D.W. *Bloom and Fawcett: A Textbook of Histology*. 12th ed. Chapman & Hall; 1994.
2. Alberts B., Johnson A., Lewis J. et al. *Molecular Biology of the Cell*. 6th ed. Garland Science; 2015.
3. Porter K.R., Claude A. A study of tissue culture cells by electron microscopy. *J Exp Med*. 1948;88:65–70.
4. Palade G. An electron microscope study of the mitochondrial structure. *J Histochem Cytochem*. 1952;1:188–211.
5. Fujita T. Fine structure of endocrine cells. *Int Rev Cytol*. 1964;17:187–233.
6. Andrew A., Kramer B. Ultrastructure of endocrine and neuroendocrine cells. *Microsc Res Tech*. 1991;17(1):14–36.
7. Coupland R.E. Electron microscopic observations on the adrenal medulla. *J Anat*. 1965;99:231–254.
8. Nagata A., Iwatsuki N. Ultrastructural features of pituitary endocrine cells. *Arch Histol Cytol*. 1998;61(4):313–326.
9. Orci L. The insulin granule. *Diabetologia*. 1985;28(6):528–532.
10. Sato T., Miyazaki J. Electron microscopic imaging of pancreatic islet cells. *Micron*. 2017;99:1–14.
11. Böck P. *Endocrine Cells: Their Fine Structure and Pathology*. Springer-Verlag; 1989.
12. De Robertis E., Nowinski W., Saez F. *Cell Biology*. 6th ed. Saunders; 1975.
13. Западнюк В.И., Западнюк И.П., Захарова Н.Ф. *Морфология эндокринной системы человека*. Киев: Вища школа, 1983.
14. Афанасьев Ю.И. *Гистология, цитология и эмбриология*. М.: Медицина, 2002.
15. Куликов С.М., Кравцов М.Е. Электронно-микроскопические методы в морфологии. *Морфология*. 2010;137(3):7–12.
16. Котов А.С. Современные возможности трансмиссионной электронной микроскопии в биомедицинских исследованиях. *Патологическая анатомия*. 2019;21(1):56–63.
17. Хмельницкий С.Е. Электронная микроскопия в диагностике опухолей. *Архив патологии*. 2015;77(2):37–45.