

## ФАГОЦИТОЗ

**Няненкова О.А., Няненков А.А., студенты 3 курса факультета  
ветеринарной медицины и биотехнологии  
Научный руководитель – Фасахутдинова А.Н.,  
кандидат биологических наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** фагоцитоз, иммунная система, макрофаги, дендритные клетки.*

*В этой статье мы рассмотрим процесс фагоцитоза, выделим первичные фагоциты в иммунной системе и обсудим клиническую значимость фагоцитоза.*

Фагоцитоз - это тип эндоцитоза, при котором клетка поглощает частицу во внутреннем отсеке-фагосоме. Клетка перестраивает свою мембрану, чтобы окружить и усвоить частицу-мишень.

Фагоцитоз является основным механизмом обнаружения и удаления потенциально патогенного материала. Фагоциты также имеют лизосомы, которые являются мембраносвязанными органеллами, содержащими гидролитические ферменты. Они сливаются с фагосомами и высвобождают свой груз в фагосому, разрушая любые интернализированные частицы.

Фагоцитарные клетки иммунной системы. Многие клетки способны к фагоцитозу, но некоторые иммунные клетки специализированы для этой роли:

- нейтрофилы в избытке в крови и необходимы при остром воспалении, так как они являются первыми иммунными клетками, прибывшими в место инфекции;

- макрофаги - это тканевые резидентные клетки, которые действуют как первоначальный защитный механизм и служат для активации адаптивного иммунного ответа;

- дендритные клетки – они циркулируют по кровотоку, тканям и лимфоидным органам, отбирая потенциальные патогены и выступая в

качестве основного звена между врожденной и адаптивной иммунными системами.

Стадии фагоцитоза. Активация. Покоящиеся фагоциты активируются медиаторами воспаления (например, бактериальными белками, капсулами, пептидогликаном, простагландинами, белками комплемента). Следовательно, они приобретают способность покидать капилляры, проникать в ткани и двигаться к месту инфекции (хемотаксис).

Фагоцитоз требует энергии, поскольку он обычно включает в себя перестройку клеточного цитоскелета (для формирования псевдоподий и фагосом) и более высокие уровни производства белка. Эти процессы нуждаются в кальциевых и натриевых токах и поэтому приводят к набуханию клеток.

Фагоциты также продуцируют рецепторы распознавания образов, которые распознают и связываются с патоген-ассоциированными молекулярными паттернами. Патоген-ассоциированными молекулярными паттернами являются компонентами патогенов и могут включать молекулы, такие как пептидогликан и липополисахарид.

Хемотаксис. Хемотаксис – это направленное движение фагоцита к химическому аттрактанту (хемотаксину). Хемотаксины включают бактериальные продукты (например, эндотоксин), поврежденные ткани, белки комплемента и химические вещества, продуцируемые лейкоцитами (лейкотриены). Хемотаксины активируют фагоциты и привлекают их к целевому сайту, чтобы опосредовать их эффект.

Маргинация, прокатка и адгезия. При маргинации лейкоциты занимают маргинальные позиции в кровеносных сосудах. Они периодически прилипают к стенкам венул и катятся по ним, пока не станут прочно прикрепленными к стенке сосуда (адгезия). В этот момент они начинают выходить из сосуда.

Диapedез. Это относится к процессу, когда лейкоциты "выкапывают" свой путь из венул. Лейкоциты производят фермент коллагеназу, которая переваривает базальную мембрану в точке прикрепления, позволяя им вырваться.

Распознавание-привязанность. Существует два типа усиленной и несбалансированной привязанности. Несбалансированное прикрепление – это когда фагоциты распознают неспецифические патоген-ассоциированные молекулярные паттернами в целевом сайте через их

рецепторы распознавания образов. С другой стороны, усиленное прикреплeние более специфично и эффективно. При усиленном прикреплении фагоциты прикрепляются к микробу с помощью молекул антител (IgG) или белков комплемента.

Фагоцитоз. После прикрепления фагоцит усваивает микроб в фагосому. Затем фагосома сливается с лизосомой, образуя фаголизосому. Лизосомы содержат пищеварительные ферменты, которые могут разрушать интернализированный материал.

Уничтожение патогена может происходить одним из двух способов:

- Кислородзависимый путь (окислительный взрыв) включает в себя генерацию активных форм кислорода (АФК), таких как супероксидные радикалы и перекись водорода. Эти высокореактивные радикальные молекулы реагируют с белками, липидами и другими биологическими молекулами, чтобы убить патоген. Супероксидные радикалы образуются через фермент НАДФН-оксидазу. После этого другой фермент - супероксиддисмутаза - превращает эти виды в перекись водорода. Супероксидные радикалы также могут вступать в реакцию с перекисью водорода с образованием мощных гидроксильных радикалов, которые помогают убивать вторгающийся патоген.

- Кислороднезависимый путь включает разрушение патогена с помощью лизосомальных ферментов, таких как протеазы, фосфолипазы, нуклеазы и лизоцимы. Эти ферменты помогают убивать патогены, в первую очередь разрушая их клеточную мембрану. Однако это менее эффективный механизм по сравнению с кислородзависимым путем [1-3].

### **Библиографический список:**

1. Бактериофаги бактерий *Enterobacter* и их основные биологические характеристики /Е.В. Сульдина, Д.А.Васильев, С.Н. Золотухин, И.И. Богданов //Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 4 (40). - С. 94-98.

2. Дидярова, Е.В. Моноцитарно-макрофагальные клетки /Е.В. Дидярова, А.А. Мухитов// В сборнике: В мире научных открытий. Материалы V Международной студенческой научной конференции. -Ульяновск, 2021. -С. 251-254.

3. Воробьева, М.Н. Эозинофилы /М.Н. Воробьева, Е.С. Данько// В сборнике: В мире научных открытий. Материалы III Международной студенческой научной конференции. -Ульяновск, 2019. -С. 144-146.

## PHAGOCYTOSIS

**Nyanenkova O.A., Nyanenkov A.A.**

**Keywords:** *phagocytosis, immune system, macrophages, dendritic cells.*

*In This article we will look at the process of phagocytosis, identify primary phagocytes in the immune system and discuss the clinical significance of phagocytosis.*