

## КАК КИШЕЧНЫЕ БАКТЕРИИ КОНКУРИРУЮТ ДРУГ С ДРУГОМ, ЧТОБЫ ОСТАТЬСЯ В КИШЕЧНИКЕ?

Полезные бактерии держат патогенные бактерии на расстоянии, выделяя токсичные молекулы, которые могут убивать потенциально болезнетворные бактерии, укрепляя нашу защитную слизистую оболочку и поддерживая кислотность в кишечнике. Человеческая микробиота — это микроскопические триллионы жильцов кишечника, живущих внутри нас. Среди этих триллионов есть как полезные, так и не очень полезные кишечные бактерии. Полезные — это те, которые мы обычно называем хорошими кишечными бактериями, они помогают нам переваривать пищу, вырабатывать необходимые питательные вещества, хорошо высыпаться, влияют на наши гормоны и настроение. Люди и их кишечные бактерии находятся в отношениях "плюс - минус". Они помогают нам выполнять биологические функции, а взамен хотят получить пищу и место для проживания. Дело в том, что хорошие и плохие бактерии должны бороться друг с другом, чтобы остаться в ограниченном пространстве нашего кишечника. К счастью, хорошие бактерии помогают держать в узде тех, которые вызывают у нас рвоту и диарею.

Кишечные бактерии выделяют химические вещества, убивающие патогены. Хорошие кишечные бактерии борются с патогенными бактериями с помощью своих собственных молекулярных боеприпасов. Бактериоцины — это разнообразная группа антибактериальных белковых молекул, которые либо разрушают важные клеточные компоненты бактерий, либо ингибируют важные ферменты, необходимые для создания их клеточной стенки или ДНК. Хорошие кишечные бактерии производят большое количество бактериоцинов и наводняют ими наш кишечник. Если какие-либо плохие бактерии пытаются проникнуть в кишечник через плохую пищу или воду, они немедленно подвергаются бомбардировке молекулами бактериоцинов, которые пытаются их убить. Молочнокислые бактерии, присутствующие в кишечнике, производят бактериоцины, которые убивают другие опасные бактерии, вызывающие заболевания, например, *Listeria monocytogenes*. Листерия появляется при употреблении испорченного мяса или сырых немываемых овощей и может вызвать тяжелое пищевое отравление. Некоторые бактериоцины, такие, как лугдунин, производимый *Staphylococcus lugdunensis*, могут активировать иммунные клетки в коже и стимулировать их к производству антимикробных молекул, направленных против плохих бактерий.

Это более наступательный метод. Бактерии кишечника также используют оборонительный подход, пытаясь сделать кишечник негостеприимным для других видов бактерий. Кишечные бактерии делают кишечник негостеприимным для плохих бактерий. Какой лучший способ не допустить нежелательных людей в ваш дом? Конечно же, сделать дом некомфортным для проживания! Допустим, два родных брата - А и Б - живут в одной комнате, и Б хочет, чтобы комната была свободна. Б пускает вонючий пук, заставляя А покинуть комнату, а затем продолжает вонять так, что А не возвращается. Точно так же хорошие кишечные бактерии помогают поддерживать кислотность pH в кишечнике, вырабатывая короткоцепочечные жирные кислоты, такие как пропионовая и масляная кислоты, когда они расщепляют пищу, которую вы едите. Патогенные бактерии, которые мы не хотим заселять наш кишечник, не любят кислую среду, поэтому она не позволяет им свободно расти и селиться в кишечнике. *Bifidobacterium*, известная, но нормальная кишечная бактерия, которую также обычно употребляют в качестве пробиотика, помогает поддерживать кислую среду в кишечнике. Это не дает патогенным штаммам *E.coli* поселиться в кишечнике. Короткоцепочечные жирные кислоты также подавляют рост

нежелательных бактерий, предотвращая экспрессию их генов, вызывающих заболевания. Например, одно исследование, проведенное на мышах, показало, что бутират подавляет рост *S. Typhimurium* - бактерии, вызывающей брюшной тиф у мышей. Он не дает *S. Typhimurium* экспрессировать свои гены, вызывающие болезнь, поэтому она не может вызывать кишечные инфекции. Короткоцепочечные жирные кислоты также стимулируют иммунные клетки, присутствующие в кишечнике, выделять защитные антимикробные белковые молекулы, такие как LL-37, которые убивают определенные виды бактерий, например, *Pseudomonas*. Бактерии кишечника конкурируют друг с другом за питательные вещества. Какова основная проблема, связанная с ростом населения Земли? Нам не хватает ресурсов на всех. То же самое относится и к питательным веществам, находящимся в кишечнике. Пища, которую мы поглощаем, попадает в нижнюю часть кишечника для дальнейшего переваривания. Здесь кишечные бактерии относятся к ней как к шведскому столу. Они спокойно лежат и ждут, готовые схватить пищу, которая попадет к ним на пути. Различные виды кишечных бактерий обитают в своих собственных маленьких уголках кишечника. Они процветают в определенных местах в соответствии с питательными веществами, которые им необходимы, в зависимости от стадии пищеварения. Различные бактерии производят различные метаболиты и короткоцепочечные жирные кислоты, что приводит к различным значениям pH во всем кишечнике. Несмотря на то, что желудочно-кишечный тракт один и тот же, в нем существуют различные микросреды, в которых обитают разные виды кишечных бактерий. Это создает хрупкий системный баланс между видами бактерий, где они стремятся оставаться на своей территории. Такая система не позволяет лишним рукам хвататься за питательные вещества, особенно со стороны патогенных бактерий, которые в идеале вообще не должны расти в кишечнике. Захватывая все питательные вещества, такие как углеводы, железо, сера и т.д., хорошие кишечные бактерии не дают плохим бактериям доступа к питанию, необходимому для их роста.

Кроме того, хорошие кишечные бактерии могут использовать эти питательные вещества для производства большего количества антимикробных молекул, которые убивают плохие кишечные бактерии. Кишечные бактерии укрепляют физические барьеры в кишечнике. Внутренние стенки кишечника выстланы слизью, выделяемой клетками кишечного эпителия. Она не позволяет микробам прикрепляться к внутренней поверхности кишечника и проникать в наш организм. Эта слизь также содержит белки, способные нанести вред бактериям, например, Muc2. Однако слизь не всегда может остановить бактерии от прикрепления к кишечнику, поскольку у бактерий есть определенные факторы прилипания, которые помогают им держаться на внутренней поверхности кишечника. Они могут использовать пили, которые представляют собой крошечные волосовидные отростки, помогающие им прилипнуть к поверхностям. Многие виды также вырабатывают экзополисахариды - липкие молекулы сахара, или бактериальное желе, которые помогают им прилипнуть к внутренней поверхности кишечника. Эти молекулы сахара играют роль в формировании биопленки, которая помогает бактериям защититься от антимикробных молекул, таких как Muc2. Прикрепившись к поверхности кишечника, бактерии стимулируют эпителиальные клетки кишечника вырабатывать больше слизи. По мере увеличения толщины и количества слизи патогенным бактериям становится все труднее прикрепиться к внутренней поверхности кишечника. Во многих отношениях это ситуация "первый пришел - первый ушел"; хорошие кишечные бактерии закрепляются в кишечнике и затем усложняют жизнь любому другому виду бактерий, который пытается закрепиться и выжить.

К сожалению, у патогенных бактерий есть свои собственные стратегии борьбы. Они также могут помешать хорошим бактериям кишечника получать необходимые питательные

вещества. Если мы едим богатую сахаром нездоровую пищу, которую предпочитают плохие кишечные бактерии, они могут начать превосходить по численности хорошие бактерии и переломить ход событий в нашей микробиоте! Плохие кишечные бактерии также могут вырабатывать собственные бактериоцины и белки, которые помогают им ускользать от наших иммунных клеток. В таких нездоровых условиях, когда среда в кишечнике неблагоприятна, наши полезные бактерии могут даже превратиться в болезнетворные. В этом случае происходит дисбаланс кишечника и его микробиоты, что приводит к состоянию, называемому дисбактериозом. Помните, что все зависит только от нас. Правильное питание и образ жизни, а также дополнительные меры, такие как пробиотики и пребиотики, могут стимулировать рост хороших кишечных бактерий и поддерживать наш организм в оптимальном состоянии!