



младенцы Лулу и Нана в конце концов так и не получили нужные модифицированные гены. У них не только не было иммунитета к **ВИЧ**, но и случайно появились искусственные версии гена CCR5.

Таких версий не имеет геном ни одного другого человека на планете. Однако эти изменения - наследственные, а значит, девочки могут передать их своим детям, а те - своим.

В области биоинженерии сюрпризов всегда хватало. От кроликов, которые должны быть менее жирными, но почему-то получили длиннее языки, до скота, который должен был стать безрогим, а взамен получил (не менее, не больше) резистентности к антибиотикам.



Одна из крупнейших известных нам звезд Антарес взорвется в течение следующих 10 000 лет. Будут ли люди, которые увидят этот взрыв, иметь **генетические мутации**, внесенные сегодня? ФОТО: ALAMY

На эту тему: **Чернобыльские мутации не передаются по наследству**

Совсем недавно исследователи из Института Фрэнсиса Крика в Лондоне предупреждали, что изменения генов человеческих эмбрионов может привести к нежелательным последствиям. Проанализировав данные предыдущих экспериментов, они обнаружили, что примерно 16% имели случайные мутации, которые не могли предвидеть при стандартных тестах.

Но почему ошибки столь распространены? Можно ли их преодолеть? И как они повлияют на будущие поколения?

Это может показаться проблемой далекого будущего. В конце концов, Цзянькуя осудили, а **генная модификация** младенцев запрещена во многих странах - по крайней мере сейчас.

В течение нескольких лет Лулу, Нана и таинственный третий ребенок, существование которого подтвердили только во время суда над Цзянькуем, остаются единственными людьми на планете, которые имеют отредактированные гены. Но все это может измениться.

Возьмем, к примеру, редактирование "соматических клеток" - новую технологию, которую сейчас разрабатывают ученые для лечения ряда тяжелых заболеваний, от метаболических нарушений неясного происхождения до врожденной детской слепоты.

Эту технологию считают огромным скачком в лечении серьезных наследственных расстройств, а также рака.

Технология предусматривает не изменения в геноме человека на этапе оплодотворения, а изменения в клетках определенных органов, например глаза. То есть эти изменения не будут унаследованы следующим поколением. Но как и в случае с редактированием генома, все не так просто.

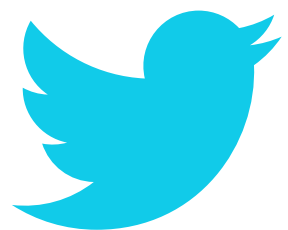
"Мы не можем предсказать, не попадет ли генный редактор, который мы вводим в определенный орган, в репродуктивные клетки, в сперму или яйцеклетку, и таким образом передаст модификации следующим поколениям", - объясняет Кришан Саха, биоинженер из Университета Висконсин-Мэдисон, который исследует безопасность этой технологии.

Сейчас ученые тщательно изучают этот вопрос, ведь такой метод лечения станет более доступным в течение следующего десятилетия. Редактор генов впервые ввели человеку прошлого года во время клинического испытания этой технологии.

## Неудачный эксперимент

Но вернемся к модифицированным китайским младенцам. Цзянькуй планировал ввести им искусственно созданную версию гена, который имеет примерно 1% северных европейцев, у азиатов она отсутствует.

Ген CCR5 кодирует белок, который ВИЧ использует для проникновения в клетки. Но эта редкая мутация гена препятствует этому, и, следовательно, люди с этой мутацией имеют врожденную устойчивость к болезни.



||



Хе Цзянькуя признали виновным в совершении "незаконных медицинских практик" и приговорили к трем годам заключения. ФОТО: GETTY IMAGES

Такова была цель Цзянькуя, но вышло иначе.

Зато и Лула, и Нана имеют совершенно новые версии гена CCR5. Обычно у каждого ребенка есть две копии гена, унаследованные от каждого из родителей. Но у Лулы и Наны эти гены редактировались не одинаково.

"Мы раньше не видели таких белков CCR5, и мы не знаем, как они будут функционировать в организме человека, - говорит Саха. - По сути мы сейчас проводим эксперимент".

**Редактирование генов** сейчас происходит с помощью генетических ножниц Crispr, которые в 2012 году разработали лауреаты Нобелевской премии Эммануэль Шарпентье и Дженнифер Дудна.

Технология основывается на древней иммунной системе, которую обнаружили в некоторых бактериях. Когда эти бактерии сталкиваются с угрожающим вирусом, они копируют и вставляют часть его ДНК в свой геном.

Это позволяет им разработать своеобразные ножницы, которые способны идентифицировать именно такую генетическую последовательность. И когда бактерия снова с ней столкнется, она просто отрезает и деактивирует ее.

Ученые показывают системе Crispr, какие нежелательные сегменты определенного гена нужно вырезать. После этого собственная система восстановления клетки закрепляет этот разрыв, оставляя аккуратно измененный геном.



Сложные функции многих генов до сих пор останутся неизвестными, а потому генетическое изменение может привести к сюрпризам, например, появлению длинного языка у кролика. ФОТО: ALAMY

Однако это не всегда идет по плану. При редактировании генома близнецов произошли так называемые "нецелевые эффекты", когда система Crispr путает две похожие по внешнему виду последовательности ДНК и вырезает неправильное. Как показывают исследования, это - очень распространенная проблема.

Еще в 2018 году считали, что ген CCR5 отвечает лишь за пропуск вируса ВИЧ в клетки. Сегодня ученые приходят к мысли, что он выполняет различные функции, в частности отвечает за развитие мозга, восстановление после инсульта, болезни Альцгеймера, за распространение определенных видов рака и заражение другими патогенами.

"Мы не знаем, как это повлияет на жизнь младенцев, - говорит биоинженер Кришану Саха. - насколько они будут склонны к различным инфекционным заболеваниям и что это означает, учитывая нынешнюю и будущие **пандемии**".

Действительно, типичные белки CCR5 защищают от ряда патогенных микроорганизмов, таких как **малярия**, вирус Западного Нила, вирус клещевого энцефалита, желтая лихорадка и респираторные вирусы, например грипп. А это



значит, что Цзянькуя, возможно, лишил своих пациентов полезного защитного механизма.

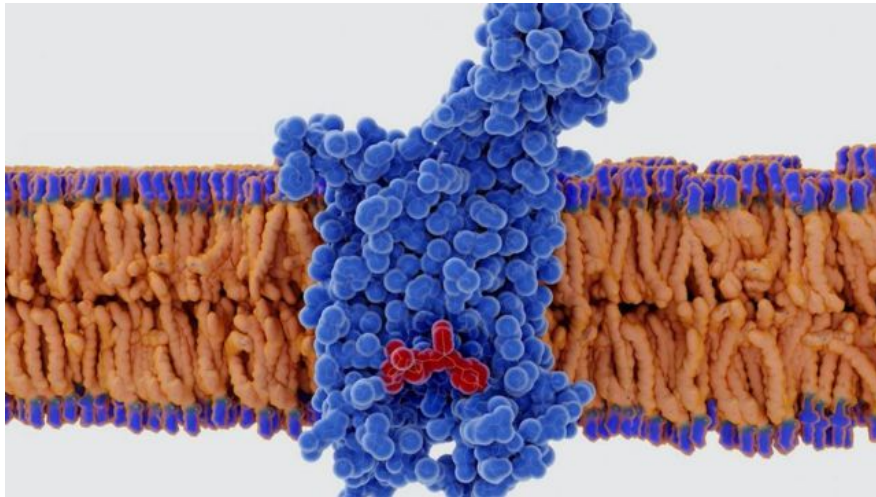
## Можно ли это исправить?

Впрочем, возможно, все не так е; и плохо.

Во-первых, нам не известно, обязательно ли изменения соматических клеток меняют репродуктивные клетки.

Чтобы выяснить это, Саха и его команда проводят эксперименты на лабораторных мышах. Они обозначают измененные клетки флуоресцентным красным белком и следят за ними под микроскопом. Это позволяет увидеть, действительно ли генетический редактор попадает в сперму или яйцеклетки.

"Это еще не произошло ни разу, и это - обнадеживающий результат", - говорит Кришан Саха.



Самая распространенная версия рецептора CCR5 защищает людей от пандемических вирусов, но она также позволяет вирусу ВИЧ проникнуть в наши клетки. ФОТО: GETTY IMAGES

Во-вторых, не все соматические заболевания нужно лечить внутри организма. Например, при серповидноклеточной анемии пораженную ткань - в таком случае эритроциты - можно извлекать и корректировать вне тела в чашке Петри.

То есть генетическое изменение наверняка произойдет только в нужных клетках, и риска передать мутации следующим поколениям нет.

## Эксперимент на несколько поколений

Но предположим, что в генофонде человека таки произойдут искусственные ошибки. Получат ли их последующие поколения? Останутся эти мутации и через 10000 лет, когда люди будущего увидят взрыв красного сверхгиганта Антареса, что на небе будет выглядеть размером с полную Луну?

По словам Грили, который написал книгу о последствиях эксперимента Цзянькуя, это зависит от того, какие изменения внесли в ДНК и как они наследуются.

"Они могут просто отмереть или их вытеснит море нормальных парных генов и нормальных генетических изменений", - отмечает он.

"Очень маловероятно, что изменения в геноме одного человека распространятся в конце концов на всех людей. Это может произойти только, если эти изменения очень полезны для выживания".

Как искусственные, так и естественные мутации генов иногда становятся полезными. Некоторые эксперты даже предполагают, что у младенцев CCR5 могут случайно улучшиться когнитивные функции.

На это намекают исследования, свидетельствующие о том, что естественная версия гена, такая, которую должны иметь близнецы без вмешательства, на самом деле подавляет "нейропластичность" мозга.



НОВИНИ ПАРТНЕРІВ

РЕКЛАМА



Эффект основателя может исказить генетическое разнообразие генов в популяции. Считают, что именно это и является причиной распространенности болезни Хантингтона на озере Маракайбо. ФОТО: GETTY IMAGES

Некоторые исследования также показали, что люди, у которых отсутствует нормальный ген CCR5, могут быстрее поправляться после инсультов, лучше учатся в школе. А мыши без функциональной версии этого гена имеют лучшую память.

Некоторые мутации могут, однако, распространяться независимо от того, полезны они или нет.

Например, болезнь Хантингтона - генетическое заболевание, которое постепенно прекращает нормальную работу мозга и впоследствии приводит к смерти. Обычно, если у человека есть одна здоровая копия гена, большинство генетических болезней постепенно исчезают.

Однако на озере Маракайбо на северо-западе Венесуэлы концентрация людей с этой болезнью выше, чем где-либо в мире. Здесь расположены преимущественно небольшие рыбацкие деревушки.

Хотя распространенность болезни в мире составляет одного человека на 37 000, в некоторых селах Венесуэлы она возникает у более половины жителей.

Есть две причины, почему так может быть.

Во-первых, болезнь Хантингтона, как правило, проявляется в возрасте 40 лет, то есть позже того возраста, когда большинство людей рожают детей. То есть эта болезнь "незаметная" для эволюции, которая прежде всего беспокоится о размножении вида.

Во-вторых, это - следствие так называемого эффекта основателя. Когда новую территорию заселяет небольшое количество представителей одного вида, генетическое разнообразие этой группы снижается.

Считают, что болезнь Хантингтона у озера Маракайбо началась лишь с одной женщины. Мария Консепсьон Сото переехала в местное село из Европы в начале XIX века. Она была носительницей мутации, вызывающей болезнь, и передала ее более 10 поколениям потомков. На 2004 год это 14761 живой человек.

Если бы Нана или Лулу переехали на менее населенную территорию с низкой миграцией, например, на изолированный остров, или присоединились к религиозной группе, которая позволяет браки между родственниками, мутация их гена могла бы быть достаточно высокой в обществе.



ФОТО: GETTY IMAGES

В Китае, где они, наверное, живут, сегодня - очень высокие темпы внутренней миграции. Поэтому шансы, что эти гены закрепятся, очень низки.

Однако, по словам Саха, чтобы генетические ошибки оказались, иногда нужно много поколений. "В таком случае речь идет об экспериментах, которые продлятся в

течение сотен лет, а не только нескольких, как в обычных клинических испытаниях", - говорит биоинженер.

"Когда пытаюсь вспомнить другие эксперименты такого масштаба, мне приходят в голову только климатические изменения", - добавляет он.

Есть очевидное решение - хотя нет никаких гарантий, что люди с измененным геном согласятся на него.

Чтобы прекратить распространение искусственных мутаций, их можно исправить таким же способом, которым они были внесены.

На эту тему: **Сколько может прожить человек?**

"Или если у человека есть одна здоровая копия гена, как у Лулу, придется сделать отбор эмбрионов, чтобы убедиться, что потомство не получит измененной версии", - объясняет Саха.

Учитывая то, как мало мы знаем о функциях определенных генов в нынешней среде, исследователь считает, что мы должны быть очень осторожными, когда собираемся их тиражировать.

"Эти гены были вовлечены в наш геном тысячи лет, если не дольше, а потому нам сложно предположить, как они будут функционировать в различных ситуациях в течение следующих ста лет", - говорит исследователь.

Чтобы решить, является ли вмешательство в геном человека этически, сначала нужно понять, какие последствия это будет иметь в будущем.

**Зария Горветт, опубликовано в издании BBC Future**

Прочитать оригинал этой статьи на английском языке вы можете на сайте **BBC Future**.

На эту тему:

- **Старение вспять и будущее человечества. Прогноз от влиятельнейшего генетика нашего времени**
- **И все таки они разные: Мужчин и женщин «разлучили» 6500 генов**
- **Бегство из Уханя**
- **0 важнейших открытий XXI века**
- **Ген победы. Над голодом и хворями?**

Share 0

Читайте «Аргумент» в **Facebook** и **Twitter**

Если вы заметили ошибку, выделите ее мышкой и нажмите **Ctrl+Enter**.

## Коментарі

## ВІДЕО

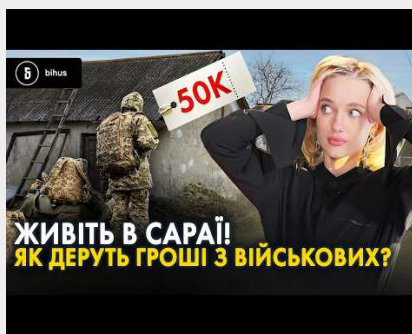
Про що не можна було жартувати в СРСР



HEAVY SHOT, VAMPIRE, NEMESIS: як «Баба Яга» б'є ок'пантів



Воюєш? Плати більше! 50к за оренду і космічні комісії: як виглядає ринок житла на фронті?



[Головна](#) [Про сайт](#) [Опитування](#)

© 2011 «АРГУМЕНТ»

Републікація матеріалів: для інтернет-видань обов'язковим є пряме гіперпосилання, для друкованих видань - за запитом через електронну пошту. Посилання або гіперпосилання повинні бути розташовані при використанні тексту - на початку використовуваної інформації, при використанні графічної інформації - безпосередньо під об'єктом запозичення. При републікації в електронних виданнях у кожному разі використання вставляти гіперпосилання на головну сторінку сайту [argumentua.com](http://argumentua.com) та на сторінку розміщення відповідного матеріалу. За будь-якого використання матеріалів не допускається зміна оригінального тексту. Скорочення або перекомпонування частин матеріалу допускається, але тільки в тій мірі, якою це не призводить до спотворення його сенсу.

Редакція не несе відповідальності за достовірність рекламних оголошень, розміщених на сайті, а також за вміст веб-сайтів, на які дано гіперпосилання.

Контакт: [uargumentum@gmail.com](mailto:uargumentum@gmail.com)

