

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ЭМБРИОГЕНЕЗ ЧЕРЕПАХ**Глотов Матвей Анатольевич**

студент, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, РФ, г. Омск

Прокопьюк Павел Алексеевич

студент, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, РФ, г. Омск

Самсонова Анна Алексеевна

студент, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, РФ, г. Омск

Латышева Любовь Андреевна

студент, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, РФ, г. Омск

Гонохова Марина Николаевна

научный руководитель, канд. ветер. наук, доцент, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, РФ, г. Омск

Многие эктотермы способны регулировать температуру своего тела, чтобы поддерживать ее в оптимальном диапазоне. Данная статья содержит информацию о том, что эмбрионы черепах, развивающиеся внутри яиц, также обладают этой способностью, и это может иметь важное значение для определения пола.

Как эктотермы, рептилии активно ищут солнце и тень, чтобы поддерживать температуру своего тела в диапазоне, оптимизирующем функции. Что, возможно, менее очевидно, так это то, что доступ к подходящей тепловой среде и умеренность в ней также имеют решающее значение на гораздо более ранних стадиях жизни. Это связано с тем, что температурные условия во время эмбрионального развития могут иметь всеобъемлющие и долгосрочные последствия для целого ряда признаков, включая скорость развития, морфологию, поведение и, в некоторых таксонах, пол. Некоторые исследования, утверждают, что эмбрионы черепахи активно терморегулируют вовремя (раннего) развития, чтобы смягчить эти фенотипические последствия[1].

Многие виды рептилий являются яйцекладущими, при этом эмбрионы развиваются в яйцах вне тела матери. Эти эмбрионы часто подвергаются воздействию широкого спектра биотических и абиотических условий. Матери изменяют условия инкубации своего потомства различными способами, в том числе путем выбора материнским местом гнезда при откладке яиц или с помощью сложного терморегуляторного поведения до откладки яиц. Напротив, считалось, что сами эмбрионы играют относительно ограниченную роль в этом процессе [2]. Однако недавние исследования начали ставить это под сомнение. Было доказано, что эмбрионы ряда яйцекладущих видов, включая черепах, перемещаются внутри яйца в ключевые периоды развития. Это может указывать на то, что оно представляет собой форму эмбриональной поведенческой терморегуляции, аналогичную той, которая наблюдается у взрослых. Как следствие, утверждается, что эмбрионы могут иметь способность определять свою собственную траекторию развития и фенотип.

Используя китайскую трехкилевую прудовую черепаху (*Mauremys reevesii*), доказано, что,

несмотря на изменение температуры гнезда в пространстве и времени, яйца этого вида демонстрируют относительно постоянные внутренние температурные градиенты [3]. В некоторых случаях, эти температурные градиенты были значительными, при этом колебания между двумя концами яйца различались на целых 4 ° C в определенные моменты в течение дня. Хотя в целом эти различия были гораздо менее преувеличены (в среднем разница составляла ~1°C, а направление, но не величина менялось ночью), это, тем не менее, служит доказательством принципа того, что яйца могут иметь постоянные температурные градиенты.

Следующий вопрос заключается в том, способны ли эмбрионы реагировать на этот температурный градиент и каковы последствия такой реакции. Чтобы проверить это, учёные использовали изящный экспериментальный подход, в котором они ограничивали терморегуляцию у некоторых эмбрионов (используя капсазепин для блокировки ионных каналов, которые контролируют способность ощущать температуру и реагировать на нее), а другим предоставляли возможность терморегуляции. Затем они подвергали яйца как экспериментальным, так и полунатуральным условиям, которые создавали температурные градиенты внутри яйца. Основной фенотипической мишенью был пол потомства. У многих черепах пол определяется температурой в критические периоды эмбрионального развития. В *Mauremys reevesii*, высокие температуры производят самок, тогда как низкие температуры производят самцов. Важно отметить, что в узком диапазоне осевых температур (26–30°C) происходит смена пола с мужского на женский [4]. В результате пол потомства может быть особенно чувствителен к тонким изменениям в этом узком диапазоне температур.

Результатом было то, что в лаборатории яйца, обработанные капсазепином (где терморегуляция была ограничена), демонстрировали большее соотношение полов, ориентированное на самцов, по сравнению с контрольными яйцами. Это говорит о том, что эмбрионы в контрольных яйцах двигались к более теплым частям яйца, что, в свою очередь, опосредовало половое развитие [3]. Однако настоящим ударом стали результаты полунатуральных гнезд. В этих гнездах эффект обработки сильно зависел от основных условий инкубации. Обработка, по-видимому, не влияла на соотношение полов в очень теплые годы (оба варианта показали сильное соотношение полов в пользу женщин) или в очень холодные годы (оба варианта показали сильное соотношение полов в сторону мужчин). Однако в годы, когда температура в гнездах была промежуточной (около основной температуры для определения пола), лечение имело большой эффект.

Эти результаты позволяют сделать вывод, что тонкие сдвиги в движении внутри яйца в ответ на внутренний температурный градиент могут иметь значительные фенотипические последствия. Это представляет собой значительный шаг вперед. Несмотря на этот прогресс, остается несколько важных вопросов. Самый очевидный вопрос: почему эмбрионы двигаются? Учёные говорят, что поведенческая терморегуляция позволяет эмбрионам точно настраивать свою половую дифференциацию. Проблема с этим объяснением заключается в том, что оно требует от потомства подробной информации о преимуществах развития одного пола по сравнению с другим, после критического периода определения пола. Таким образом, альтернативное объяснение состоит в том, что наблюдаемые изменения в соотношении полов могут быть косвенными результатами реакции на температурный градиент по другим причинам. Хорошо известно, что развитие оптимизируется в пределах определенного температурного диапазона, и что инкубация при температурах выше и ниже этого температурного оптимума может привести к увеличению случаев пороков развития и смертности. Таким образом, основной «целью» эмбрионального движения может быть движение к температурам, оптимизирующим развитие в целом; к теплому концу яйца, когда условия относительно прохладные, и к холодному концу, когда условия относительно теплые. В таком случае сдвиг в соотношении полов будет косвенным следствием этого движения. Важно отметить, что эти эффекты на пол потомства будут проявляться только тогда, когда это движение означает, что эмбрионы пересекают порог для определения пола. Это то, что нашли авторы; Влияние соотношения полов наблюдалось только в те годы, когда температура гнезда была близка к базовой температуре для определения пола [4]. Учитывая это, мы могли бы предсказать, что направление движения также должно различаться между годами: движение эмбрионов к теплому концу яйца в относительно прохладные годы и к холодному концу яйца в относительно теплые годы. Хотя влияние на пол потомства предполагает, что именно это и происходит, данных о движении этих яиц не было, а направление движения нигде не сообщалось. Способны ли такие мелкомасштабные движения перемещать эмбрионы через

этот температурный градиент в достаточной степени, чтобы в одиночку генерировать наблюдаемые четкие фенотипические эффекты, является ключевым вопросом для будущих исследований. В конечном счете, это ограничивает нашу способность однозначно сопоставлять фенотипические последствия (сдвиги соотношения полов) с предполагаемым механизмом, вызывающим эти последствия (эмбриональная терморегуляция).

Список литературы:

1. Владимирова, И. Г. Рост и потребление кислорода в процессе эмбрионального и раннего постэмбрионального развития европейской болотной черепахи *Emys orbicularis* (Reptilia: Emydidae) / И. Г. Владимирова, Т. А. Алексеева, М. В. Нечаева // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2005. – № 2. – С. 214-220. – EDN HRZAOL.
2. Владимирова, И. Г. Влияние температуры на скорость потребления кислорода во второй половине эмбрионального и в начале постэмбрионального развития европейской болотной черепахи *Emys orbicularis* (Reptilia: Emydidae) / И. Г. Владимирова, Т. А. Алексеева, М. В. Нечаева // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2005. – № 5. – С. 585-591. – EDN HTAIJV.
3. Быкова Е.В., Сорочинский В.Г., Сорочинский Г.Я., Сорочинская И.Н., Перегонцев Е.А. Некоторые аспекты успешного размножения среднеазиатской черепахи - *Agriemys (Testudo) horsfieldii* (Gray, 1844) // Современная герпетология. 2009. №1-2.
4. Черлин Владимир Александрович Тепловые адаптации рептилий и механизмы их формирования // Princ. ekol.. 2015. №1 (13).