

ПРЕСС-РЕЛИЗ
10 ДЕКАБРЯ 2020

Появление новой «косточки» позволило животным выйти на сушу

Ученые из Сеченовского Университета совместно с зарубежными коллегами установили, что происхождение сухопутных животных от их морских предков было бы невозможно без изменения конструкции скелета. Гипертрофированные хондроциты (клетки пластинки роста, необходимые для роста костей в длину) должны были погибать с ростом нагрузки на кости, и для их защиты в ходе эволюции появился новый скелетный элемент – костный эпифиз. О том, как этот вывод подтверждает изучение китов, тушканчиков и летучих мышей и как он может изменить спортивные рекомендации для детей, ученые [рассказали](#) в журнале eLife.

Рост длинных костей многих животных (в том числе людей) обеспечивают пластинки роста – участки хрящевой ткани вблизи каждого из концов кости. В период роста организма клетки в них активно делятся, увеличиваются в размерах и постепенно умирают, уступая место костной ткани.

Изначально в эволюции четвероногих позвоночных (и в эмбриональном развитии) хрящевая ткань находится на концах костей и служит как для роста, так и для артикуляции скелета. Но какой-то момент в ходе эволюции она разделяется на собственно пластинку роста и суставной хрящ, покрывающий оконечность кости. Между ними возникает костный эпифиз, или вторичный центр оссификации, – небольшая косточка, которая постепенно увеличивается, и к тому моменту, когда рост организма прекращается, пластинка роста исчезает, и эпифиз соединяется с основной частью кости.

Долгое время ученые не могли понять, зачем нужно это разделение хрящевой ткани на две схожих структуры. Ведь вместе с эпифизом они образуют достаточно сложную систему, и ее появление в ходе эволюции должно быть чем-то оправдано.

Ранее авторы работы [доказали](#), что костный эпифиз провоцирует образование в пластинке роста стволовой ниши, в которой сохраняются условия для самообновления и многократного деления клеток хрящевой ткани (без них производство огромного количества клеток, нужных для роста костей, было бы невозможно). В своей последней статье ученые попытались выяснить, когда у животных впервые появился вторичный центр оссификации и какие еще функции он выполняет.

Эволюционный анализ показывает, что эпифиз возник у высших позвоночных (амниот),

к которым относятся пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие, а также их предки. Амниоты были первыми организмами, которые стали проводить всю свою жизнь на суше, и ученые предположили, что появление эпифиза может быть связано с намного большей, чем у морских животных, механической нагрузкой на скелет.

Чтобы проследить связь между нагрузкой и появлением эпифиза, авторы работы сравнили несколько видов, у которых конечности приспособлены к разным нагрузкам. Так, летучие мыши с самого рождения передвигаются вместе с матерью, держась за нее задними лапами, а крылья начинают использовать только через пару недель, и вторичные центры окостенения в задних лапах развиваются у них значительно раньше, чем в костях крыльев, — у некоторых видов настолько рано, что они рождаются с полностью сформированными, взрослыми задними лапами.

Похожая зависимость наблюдается и у тушканчиков *Jaculus jaculus*, которые в первые две недели ползают, используя только передние конечности, на третьей неделе начинают ходить на всех четырех, а только на четвертой неделе начинают передвигаться на задних лапах. Вторичные центры оксификации у этих животных возникают раньше в костях передних лап.

Предположение о важности эпифиза при высоких нагрузках на суше подтвердил и анализ строения костей китообразных. В ходе их эволюции (они произошли от сухопутных животных) вторичный центр оксификации, наоборот, развивался все слабее и у некоторых видов, таких как касатки и кашалоты, исчез полностью.

Чтобы объяснить, как эпифиз может помогать сухопутным и летающим животным, авторы работы провели математические расчеты, которые подтвердили, что вторичные центры оксификации снижают нагрузку на пластинку роста, предотвращая ее деформацию. Однако как такая защита со стороны эпифиза влияет на развитие пластинки роста на клеточном уровне? Эксперименты показывают, что наиболее чувствительны к нагрузке гипертрофированные хондроциты (клетки хрящевой ткани очень большого размера, принципиально важные для роста костей), но в костях, где есть окостенение эпифиза, они могут выдерживать в 15–25 раз большее давление, прежде чем погибнут. Так, вторичные центры оксификации помогают сохранить структуры, необходимые для роста костей, и позволяют сухопутным животным достигать значительных размеров.

Таким образом, авторы статьи показали, что появление костного эпифиза позволило животным расти на суше, а повреждение пластинки роста из-за чрезмерных нагрузок может сказываться на всем процессе роста костей. Сделанные выводы могут пригодиться в планировании занятий спортом для подростков и молодых людей и в разработке новых хирургических методов лечения повреждений эпифиза.

В этом многогранном исследовании приняли участие ученые из Швеции, Украины, России, Франции, Австрии и США. Проект поддержан [грантом](#) Российского научного фонда (РНФ).