

ЭВОЛЮЦИЯ И ПЕРЕЛОМЫ ДИСТАЛЬНОГО ЭПИФИЗА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ

И.О. Голубев¹, А.В. Борисова²

¹ФГБУ "НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова" Минздрава России / Кафедра Травматологии и ортопедии, д.м.н., зав. отделением хирургии кисти и микрохирургии, Москва, Российская Федерация

²ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов / Кафедра Травматологии и ортопедии, аспирант, Москва, Российская Федерация

ИОГ: <https://orcid.org/0000-0002-1291-5094>; iog305@gmail.com, АББ: <https://orcid.org/0000-0003-4729-0992>; alyona6315@gmail.com

EVOLUTION AND DISTAL RADIUS FRACTURES

I.O. Golubev¹, A.V. Borisova²

¹ Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics (Priorov CITO) / Department of Traumatology and Orthopedics, D.Sc. in medicine, Moscow, Russia

² Peoples' Friendship University of Russia / Department of Traumatology and Orthopedics, PhD student, Moscow, Russia

Резюме: Статья представляет собой обзор литературы, проведенный с целью подтверждения или опровержения выдвинутой гипотезы о сверхнормальной адаптации. Авторы стремились выяснить, предусматривала ли эволюция анатомии дистального отдела лучевой кости саму возможность возникновения травмы, и есть ли связь между эволюцией кистевого сустава и адаптацией к возможности перелома за счет сохранения функции в случае травмы.

Ключевые слова: перелом дистального метаэпифиза лучевой кости, неправильное сращение, эволюция, адаптация, антропология

DOI: 10.25792/HN.2022.10.2.S2.17-19

Для цитирования: Голубев И.О., Борисова А.В. Эволюция и переломы дистального эпифиза лучевой кости. *Head and neck. Russian Journal.* 2022; 10 (2, Прил. 2): 17-19.

Abstract: The aim of this literature review was to confirm or refute the hypothesis of supranormal adaptation and find out whether the evolution of the distal radius anatomy provided for the possibility of injury. The article focuses on connection between the evolution of the wrist and adaptation to the possibility of fracture due to the preservation of function in case of injury.

Keywords: distal radius fracture, malunion, evolution, adaptation, anthropology

For citations: Golubev I.O., Borisova A.V. Evolution and distal radius fractures. *Head and neck. Russian Journal.* 2022; 10 (2, Suppl. 2): 17-19 (In Russian).

Введение. Прошло более 200 лет с момента выхода статьи профессора Абрахама Коллеса (Abraham Colles), в которой он описал одноименный, наиболее часто встречающийся перелом лучевой кости, *fractura radii in loco typico*: «Конечность снова будет пользоваться полной

свободой во всех своих движениях и полностью избавиться от боли: однако деформация останется неизменной на протяжении всей жизни» [1]. Возможно, уже в 1814 году Коллес понимал, что хорошего функционального результата после переломов дистального отдела лучевой кости можно добиться даже при значительной деформации.

Концепция сверхнормальной адаптации. В эволюции человека значимое место занимает момент перехода от использования верхней конечности только для перемещения в пространстве к использованию её для более сложных действий [2]. Появление новых функций у руки способствовало выживанию и адаптации более ловких и интеллектуальных особей [3]. У особей способных выполнять сложные действия кистью появилось преимущество, которое закреплялось естественным отбором. Поскольку каждое новое «функциональное» нововведение давало существенные преимущества, то процесс эволюции кисти носил быстрый характер.

Термин "адапционный синдром", введенный Гансом Селье в 1936 году характеризует изменения в организме человека и высших животных, возникающие как реакция на факторы внешней среды, вызывающие стресс. В критических условиях показатели физиологических ресурсов человека способны повышаться для обеспечения выживания [4]. Изучив данные независимых исследований Uzoigwe С. с соавторами, выдвинули гипотезу о концепции «сверхнормальной адаптации» применительно к эволюции анатомической конфигурации дистального отдела лучевой кости ("supra-normal adaptation"), которая предполагает наличие причинно-следственной связи между возможностью получения нового вида травмы и эволюцией анатомии лучевой кости [3].

С появлением прямохождения появился механизм получения травмы - падение с высоты собственного роста на отведенную верхнюю конечность. Эта новая для Номо, относительно низкоэнергетическая травма приводила к

формированию деформации в дистальных отделах предплечья в результате смещения дистального конца лучевой кости. По мнению Nijs S. с соавт. определенное строение дистального отдела лучевой кости является анатомической предпосылкой готовности лучевой кости к такому типу перелома [5]. Согласно концепции, анатомические параметры дистального отдела лучевой кости являются «избыточными» из-за необходимости компенсировать потерю костной массы и деформацию во время перелома и помочь сохранить функцию кистевого сустава [3]. Неправильное сращение лучевой кости, формирующееся после перелома, на сегодняшний день является достаточно частым осложнением лечения, особенно при консервативном ведении нестабильных переломов [6]. Оценка неправильного сращения проводится по четырем основным рентгенологическим параметрам: лучевой инклинации, длине лучевой кости, локтевому варианту и наклону лучевой кости в тыльную или ладонную сторону [7]. На основании данных литературы и собственного опыта Naase S. С. определяет критерии неправильного сращения: лучевая инклинация $<10^\circ$, наклон в ладонную сторону $>20^\circ$, в тыльную сторону $>20^\circ$, высота лучевой кости <10 мм, локтевой вариант >2 мм, внутрисуставная ступенька или щель >2 мм [17]. Доказано, что наличие неправильного сращения дистального отдела лучевой кости не является абсолютным показанием к оперативному лечению [8]. Ряд публикаций, выявивших отсутствие корреляции между степенью выраженности нарушения функции и морфологическими посттравматическими изменениями дистального отдела лучевой кости, подтверждают гипотезу о сверхнормальной адаптации. Остеоартрит лучезапястного сустава не снижает силу кистевого хвата, описанные значительно превышающие норму приемлемые для лучевой кости наклон в ладонную сторону, лучевая инклинация, укорочение и остаточная внутрисуставная ступенька не коррелируют с показателями функции кистевого сустава [3].

Антропологическая компонента. На протяжении более 5,5 миллионов лет прямохождения предок человека, а потом и человек существует, рискуя получить перелом лучевой кости [9]. Сомнительное преимущество данного вида локомоции, наряду с появившимися трудностями деторождения и повышением энергозатрат. Существует множество гипотез появления прямохождения: адаптационный механизм для защиты от хищников - вставать на задние конечности, чтобы казаться выше и больше; трудовая концепция Ф.Энгельса о развитии мозга и необходимости освободить передние конечности;

гипотеза О.Лавджоя о потере длинной шерсти у гоминидов, гипотеза «водной обезьяны» Я.Линдбланда и гипотеза миоценового похолодания [10]. Существует несколько моделей движения приматов: прямохождение, брахиация (передвижение по ветвям деревьев с использованием передних конечностей), хождение на четырех конечностях и с опорой на тыльную поверхность средних фаланг кисти ("knuckle-walking"). Брахиация, как промежуточный этап, способствовала выпрямлению позвоночного столба и нижних конечностей относительно одной оси [11]. Понимание механизмов артрокинematики запястья у нечеловекообразных приматов необходимо для понимания эволюции строения кисти человека. Тип передвижения у приматов определяет форму дистального отдела предплечья и кисти: у представителей "knuckle-walkers" шимпанзе и горилл на тыльной поверхности лучевой кости находится выступающий гребень, и глубоко вогнутая суставная поверхность лучезапястного сустава тесно контактирует с проксимальным рядом костей запястья, что позволяет блокировать разгибание и облегчает ходьбу. У орангутанов и гиббонов преобладает брахиация, поэтому их лучезапястный сустав является шаровидным, что совершенно не адаптировано к возможной травме, учитывая допустимый диапазон движений. Падение на вытянутую руку приведет к перелому с импакцией по типу Die-punch и плохому функциональному результату. Развитие конфигурации дистального отдела лучевой кости у Homo sapiens протекало в отличии от других приматов эволюционном потоке [12]. Иное строение лучезапястного сустава предков человека возможно связано со смягчающими падение ветвями деревьев, поэтому при брахиации нет возможности селективного внутрисуставного давления для создания в процессе эволюции анатомических вариантов, учитывающих возможность перелома [3, 13].

Закон Вольфа. В 1892 году Ю.Вольф обнаружил связь между адаптацией внутренней структуры и внешней формы кости в результате приложенных нагрузок в соответствии с математическими законами, в результате чего трабекулы кости ориентируются вдоль траектории первого главного напряжения. Взаимосвязь механических свойств с параметрами структуры при моделировании процесса адаптации живой костной ткани подтверждена наличием зависимости модуля упругости костной ткани от объемного содержания матрикса на основании закона Вольфа и принципа Berjery–Roux [14, 15]. Исследована взаимосвязь между максимальной силой реакции в лучезапястном суставе в сагитальной плоскости,

рассчитанной на основе анализа силы свободного тела, и угла ладонного наклона дистальной лучевой кости, полученного путем измерений рентгенограмм в боковой проекции. Данные свидетельствовали о том, что угол ладонного наклона существенно не отличается от теоретически рассчитанного угла максимальной силы реакции лучезапястного сустава, что является возможным объяснением филогенетического развития угла наклона ладонной кости. Обратная зависимость между ладонным углом наклона и величиной максимальной силы реакции сустава, свидетельствовала о том, что кистевые суставы, характеризующиеся низким ладонным углом наклона лучевой кости, могут подвергаться во время подъема тяжестей максимальным силам реакции суставов до 50% выше, чем с высоким ладонным наклоном [14]. Эти данные могут также подтверждать, что в результате сверхнормальной адаптации лучевая кость сохранила запас прочности для сохранения функции после типичной травмы.

Заключение. Развитие и совершенствование механизмов адаптации опорно-двигательного аппарата, напрямую связанное с риском получения травмы, наблюдается в течение колоссального периода времени. Как известно, любой адаптивный приобретенный признак является частью функциональной системы [16]. Концепция сверхнормальной адаптации присуща всем компонентам опорно-двигательного аппарата человека. Под углом данной концепции эволюция кистевого сустава происходит не только вследствие смены положения тела на вертикальное, перераспределения нагрузки, появления новых задач для верхней конечности, но и ввиду появления новой опасности получения травмы. В связи наличием клинических, биомеханических и физиологических подтверждений концепции сверхнормальной адаптации дистального отдела лучевой кости появляется необходимость в полноценном анализе заложенного природой «запаса прочности», имеющегося в других отделах костной системы, с целью подтверждения гипотезы сверхнормальной адаптации для опорно-двигательного аппарата в целом.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Colles A. On the fracture of the carpal extremity of the radius. *Edinburgh Med Surg J.* 1814; 10: 182–186.
2. Dunmore, C. J., Skinner, M. M., Bardo, A., Berger, L. R., Hublin, J.-J., Pahr, D. H., Kivell, T. L. The position of *Australopithecus sediba* within fossil hominin hand use diversity. *Nature Ecology & Evolution.* 2020; 4(7): 911–918.
3. Uzoigwe, C., & Johnson, N. (2016). Wrist function in malunion: Is the distal radius designed to retain function in the face of fracture? *Ann R Coll Surg Engl.* 2016; 98(7):442-445.
4. Masson G, Selye H. Réaction générale d'adaptation: Ses indications pratiques. *Can J Comp Med.* 1938; 2(11): 282-285.
5. Nijs S, Broos PL. Fractures of the distal radius: a contemporary approach. *Acta Chir Belg.* 2004; 104(4): 401-12.
6. Katt, B., Seigerman, D., Lutsky, K., & Beredjiklian, P. Distal Radius Malunion. *J Hand Surg Am.* 2020; 45(5): 433-442.
7. Bushnell BD, Bynum DK. Malunion of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007; 15(1): 27-40.
8. Graham TJ: Surgical correction of malunited fractures of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg.* 1997; 5(5): 270-281.
9. Pickford M., Senut B. “Millennium ancestor”, a 6-million-year-old bipedal hominid from Kenya. *South African Journal of Science.* 2001; 97(1-2): 22.
10. А.В. Букалов. О происхождении прямохождения человека. Происхождение языка и культуры: древняя история человечества. 2008. Т. 2, № 3: стр.38–39.
11. Кацитадзе З.И. Анатомо-биомеханические основы эволюции вертикальной ходьбы. Автореферат д.м.н. М., 1971. – 38 с.
12. Kivell TL, Schmitt D. Independent evolution of knuckle-walking in African apes shows that humans did not evolve from a knuckle-walking ancestor. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2009; 106(34):14241-14246.
13. Wolfe, S. W., Crisco, J. J., Orr, C. M., & Marzke, M. W. The Dart-Throwing Motion of the Wrist: Is It Unique to Humans? *The Journal of Hand Surgery.* 2006; 31(9): 1429–1437.
14. Karnezis IA. Correlation between wrist loads and the distal radius volar tilt angle. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005; 20(3): 270-276.
15. Акулич А.Ю., Денисов А.С., Шайманов П.С., Шулятьев А.Ф. Уточнение индивидуальной зависимости модуля упругости трабекулярной костной ткани от объема содержания матрикса. *Российский журнал биомеханики.* 2014; Т. 18, № 2: 158–167.
16. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
17. Haase, S. C., & Chung, K. C. Management of Malunions of the Distal Radius. *Hand Clinics.* 2012; 28(2): 207–216.