



Научная статья
 УДК 902.652(57.2)
 DOI: <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2022-2-22-36>

Реконструкция активности в биоархеологии: энтезисные изменения и их применение в Прибайкалье Сибири

Джессика Сик¹, Татьяна Юрьевна Номоконова², Владимир Иванович Базалийский³, Анжела Роуз Ливерс⁴

^{1,2,4} Университет Саскатчеван, Саскатун, Канада

¹ jhs917@mail.usask.ca, <https://orcid.org/0000-0003-4660-1998>

² tan204@usask.ca, <https://orcid.org/0000-0002-8756-1681>

⁴ arl947@mail.usask.ca, <https://orcid.org/0000-0003-0711-1793>

³ Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, bazalirk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6940-7592>

Аннотация. Энтезисные изменения (ЭИ; enthesal на английском) – это морфологические изменения в местах прикрепления мышц и связок на скелете. Эти изменения стали использоваться в биоархеологических реконструкциях начиная с 1990-х годов для понимания древних активностей, таких как мобильность, стратегии жизнеобеспечения и гендерное разделение труда. Интерпретации энтезисных изменений основаны на концепции функциональной адаптации костей, когда морфология костей отражает механические нагрузки в течение жизни. Однако связь между энтезами и древней активностью является сложной, поскольку существует множество взаимосвязующих переменных, включая возраст, пол и размер тела, которые могут влиять на выраженность энтеза. В данной статье рассматриваются исследования энтезисных изменений в биоархеологических исследованиях: 1) описываются энтезы, их типы и изменения, и методы их документирования; 2) суммируются основные факторы, влияющие на морфологию энтезов, и обсуждаются преимущества и ограничения данных исследований. Кроме того, поскольку использование методов энтезисных изменений на археологических популяциях людей с дополнительными подтверждающими данными может усилить интерпретацию деятельности в прошлом, обсуждается пример их применения к остеологическим останкам людей неолита и бронзового века из региона Прибайкалья в Восточной Сибири. В целом бывает трудно связать энтезисные изменения с определенной деятельностью из-за их многофакторной этиологии, различных методологических проблем и тафономических ограничений при работе с археологическими скелетными останками людей. Однако последние научные исследования продолжают демонстрировать полезность применения энтезисных изменений для реконструкции деятельности древних населений.

Ключевые слова: маркеры стресса опорно-двигательного аппарата, реконструкция деятельности, биоархеология, энтезисные изменения, биомеханика, костная адаптация, археология Прибайкалья, морфология скелета, охотники-рыболовы

Благодарности: исследование осуществлено при поддержке гранта Social Sciences and Humanities Research Council of Canada, полученного Робертом Лозей, № IG 435-2019-0706, и стипендии от отделения археологии и антропологии университета Саскатчеван, полученной Джессикой Сик. Авторы также благодарны Ульяне Морозовской и Ольге Крюковой за их помощь в оформлении данной публикации.

Для цитирования: Сик Д., Номоконова Т. Ю., Базалийский В. И., Ливерс А. Р. Реконструкция активности в биоархеологии: энтезисные изменения и их применение в Прибайкалье Сибири // Известия Лаборатории древних технологий. 2022. Т. 18. № 2. С. 22–36. <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2022-2-22-36>

Original article

Reconstructing activity in bioarchaeology: enthesal changes and their applications in the Cis-Baikal region of Siberia

Jessica Sick¹, Tatiana Yu. Nomokonova², Vladimir I. Bazaliiskii³, Angela Rose Lieverse⁴

^{1,2,4} University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada

¹ jhs917@mail.usask.ca, <https://orcid.org/0000-0003-4660-1998>

² tan204@usask.ca, <https://orcid.org/0000-0002-8756-1681>

© Сик Дж., Номоконова Т. Ю., Базалийский В. И., Ливерс А. Р., 2022

⁴ arl947@mail.usask.ca, <https://orcid.org/0000-0003-0711-1793>³ Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, bazalirk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6940-7592>

Abstract. Enteseal changes (EC)—morphological changes to muscle and ligament attachment sites on the skeleton—have been used by bioarchaeologists since the 1990s to understand past activity patterns such as mobility, subsistence strategies, and gendered division of labour. Enteseal interpretations are based on the concept of bone functional adaptation, where bone morphology reflects mechanical stress during life. However, the relationship between enteseal changes and activity is complex because multiple confounding variables, including age, sex, body size, and genes can affect enteseal expression. This article discusses application of EC research in bioarchaeology by 1) describing entheses, enteseal changes, and documentation methods; and 2) summarizing the main factors influencing enteseal morphology and outlining the benefits and limitations of this research. In addition, because the use of EC methods on archaeological populations with supporting data can bolster interpretations of activity in the past, an example of its application to Neolithic and Bronze Age human remains from the Cis-Baikal region in Eastern Siberia is discussed. Overall, enteseal changes can be difficult to link with activity due to their multifactorial etiology, various methodological challenges, and the limitations of working with human remains. However, recent studies continue to demonstrate the usefulness of these methods to reconstruct activity of past populations.

Keywords: musculoskeletal stress markers, activity reconstructions, bioarchaeology, enteseal changes, biomechanics, bone adaptation, Cis-Baikal archaeology, skeletal morphology, hunter-gatherers

Acknowledgements: funding for this project was provided by grant from the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada to Robert Losey (IG 435-2019-0706) and the Department of Archaeology and Anthropology of the University of Saskatchewan to Jessica Sick. Authors would like to thank Uliana Morozovskaia and Olga Kriukova for their help in preparing this publication.

For citation: Sick J., Nomokonova T. Yu. Bazaliiskii V. I., Lieverse A. R. (2022) Reconstructing activity in bioarchaeology: enteseal changes and their applications in the Cis-Baikal region of Siberia. *Izvestiya Laboratorii drevnikh tekhnologii = Reports of the Laboratory of Ancient Technologies*. Vol. 18. No. 2. P. 22-36. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2022-2-22-36>

Введение

Реконструкция активности по скелетным останкам человека уже давно является одним из важных направлений в биоархеологии, позволяющая изучать древние популяции людей на предмет изменений в занятиях, гендерном разделении труда, стратегиях жизнеобеспечения и мобильности (Hawkey, Merbs, 1995; Lieverse et al., 2013). Однако связь между физической активностью и скелетными маркерами, которые они оставляют после себя, обусловлена множеством внешних и внутренних факторов, которые затрудняют их интерпретацию (Jurmain et al., 2012). Широко используемыми показателями активности в скелетном анализе являются маркеры энтезисных изменений (ЭИ; *enteseal changes*). Энтез (*enthesis*) – это соединительная ткань на кости, к которой прикрепляются мышцы, сухожилия и связки (Benjamin et al., 2002. P. 931). Каждый энтез отличается по размеру и форме, а его крепление к мягким тканям зависит от их расположения на скелете. Когда скелетные мышцы сокращаются для создания движения, механическое напряжение передается от сухожилия или связки к энтезу, где оно равномерно распределяется (Benjamin et al., 2002; Benjamin et al., 2006). Передача напряжения минимизирует риск повре-

ждения (например, разрыва или авульсионного перелома) вследствие механической перегрузки (Benjamin et al., 2002; Ruff et al., 2006). Поскольку анатомические структуры, окружающие энтез, также способствуют рассеиванию механического напряжения, на них влияют те же факторы, что и на морфологию энтезов (Benjamin, McGonagle, 2009). Энтезы делятся на два типа: фиброзные энтезы (ФЭ) и фиброзно-хрящевые энтезы (ФКЭ) (Benjamin et al., 1986; Benjamin et al., 2002). ФЭ обычно обнаруживаются на диафизах длинных костей и связаны с крупными и мощными мышцами тела, в то время как ФКЭ обнаруживаются на эпифизах и ближе к суставным поверхностям (Benjamin et al., 2002; Benjamin et al., 2006).

Энтезисные изменения – это непатологические морфологические изменения энтезов, мест прикрепления мышц, сухожилий и связок к костям, которые возникают как адаптационная реакция на биомеханический стресс (Villotte et al., 2010). ЭИ также известны под другими терминами, например, как маркеры стресса опорно-двигательного аппарата (МСОДА) (Hawkey, Merbs, 1995) или маркеры профессионального стресса (Kennedy, 1983) в биоархеологической литературе. МСОДА отражают формирование и разрушение костей под воздей-

ствием механического стресса и других факторов, включая возраст, пол, размер тела и генетические переменные (Henderson et al., 2016; Jurmain et al., 2012). Формирование костной ткани делает кортикальную кость прочной и шероховатой (неровной), что часто проявляется в виде костных гребней, выступов или энтезофитов (Foster et al., 2014; Hawkey, Merbs, 1995). Разрушение кости проявляется в виде различных форм эрозии, таких как кавитация, макропористость и микропористость (Henderson et al., 2013; Henderson et al., 2016).

Связь между ЭИ и активностью в биоархеологии основана на широко принятой концепции функциональной адаптации костей (Benjamin et al., 2006; Ruff et al., 2006; Wolff, 1986). Она определяет, как микроповреждения кости и соединительной ткани в результате механической нагрузки стимулируют активность костных клеток, которые изменяют архитектуру костной ткани и, следовательно, ее морфологический облик (Benjamin et al., 2006; Ruff et al., 2006). Исходя из этого понимания, энтезы, демонстрирующие более значительные морфологические изменения, приписываются более высокому уровню активности. Однако отсутствие или наличие морфологических изменений и общая степень их выраженности не отражают напрямую интенсивность или продолжительность активности в течение жизни из-за многофакторной этиологии ЭИ (Jurmain et al., 2012).

Патологические изменения энтезов, называемые в клинической литературе энтезопатиями, часто вызываются травмами при их чрезмерной нагрузке, а также воспалительными, метаболическими, травматическими или дегенеративными заболеваниями, такими как спондилоартропатии, остеоартрит и диффузный идиопатический скелетный гиперостоз (Dewey, 2018; Jurmain et al., 2012). Эти изменения являются аномальной реакцией на вышеперечисленные состояния и не считаются ЭИ в его нынешнем определении (Villotte, Knüsel, 2013). Однако некоторые методы оценки ЭИ (напр., Hawkey, Merbs, 1995; Mariotti et al., 2004; Villotte et al., 2010) включают энтезопатии и другие патологические поражения в свои методики как совокупные показатели. Таким образом, патологические изменения энтезов важно учитывать при таких обстоятельствах.

В данной статье будут рассмотрены три основных вопроса, касающихся ЭИ: 1. *Какие методы ЭИ использовались в археологических исследованиях для реконструкции деятельности?* 2. *Какие факторы влияют на этиологию ЭИ и каковы преимущества и ограничения исследований ЭИ?* 3. *Как исследования ЭИ были применены к изучению среднеголоценовых охотников-рыболовов Прибайкалья в Сибири?* Каждый вопрос будет рассмотрен далее в трех соответствующих частях, начиная с описания методов неметрической оценки ЭИ и количественной оценки с помощью 3D моделей поверхности и 2D топографии. Далее обсуждается этиология ЭИ и влияние возраста, пола и размера тела на морфологию энтезов. Затем в статье рассматриваются преимущества и недостатки исследований ЭИ, а также демонстрируется, как ЭИ использовались для реконструкции прошлых видов деятельности на примере исследований останков людей неолита и бронзового века Прибайкалья.

Методы анализа энтезисных изменений

Ранние исследования ЭИ в 1990-х и начале 2000-х годов представили различные неметрические и визуальные методы оценки энтезов с использованием скелетных останков из археологических объектов и исторически идентифицированных коллекций скелетов. Hawkey и Merbs (Hawkey, Merbs, 1995) первыми ввели систему визуальной оценки для стандартизации морфологических выражений, используя археологическую коллекцию скелетных останков инуитов. Mariotti и коллеги (Mariotti et al., 2004; Mariotti et al., 2007) разработали метод с использованием исторической коллекции скелетов, которая имела сопроводительную документацию с датами рождения и смерти, полом, родом занятий и другой информацией, подробно описывающей историю их жизни. Однако оба метода подверглись критике за то, что они не учитывают клинические энтезисные исследования, являются чрезмерно упрощенными и имеют низкую повторяемость внутри наблюдателя и между наблюдателями (Davis et al., 2013; Jurmain et al., 2012; Villotte, Knüsel, 2013). Например, Villotte и коллеги (Villotte et al., 2010), рассматривая клинические исследования, продемонстрировали различия между типами энтезов. Их тесты показали по-

ложительную корреляцию между активностью и морфологией энтезов для ФКЭ, но не для ФЭ, что говорит о том, что типы энтезов должны оцениваться отдельно в исследованиях ЕС (Villotte et al., 2010).

Метод Коимбра (*Coimbra*) (Henderson et al., 2013; Henderson et al., 2016) был разработан исключительно для ФКЭ на основе предыдущих систем оценки (напр., Mariotti et al., 2004; Mariotti et al., 2007; Villotte et al., 2010). Он учитывает шесть категорий морфологических вариаций и делит каждый энтез на две зоны в зависимости от угла прикрепления мышц или связок (Henderson et al., 2013; Henderson et al., 2016). Метод Коимбра включает клиническую литературу и учитывает влияние возраста, пола и размера тела в своих критериях оценки, что позволяет повысить повторяемость наблюдений и имеет потенциал надежного метода для будущих исследований ЭИ (Henderson et al., 2013; Henderson et al., 2016).

Хотя неметрические системы оценок, основанные на визуальном анализе, послужили основой для большинства ранних исследований ЭИ, у этих методов есть некоторые недостатки. Влияние человеческой субъективности сказывается на предвзятости наблюдателя и, хотя низкая статистическая мощность ранжированных систем подсчета баллов уменьшает ошибку наблюдателя, она также негативно влияет на обнаружение статистических закономерностей (Havelková, Villotte, 2007; Nolte, Wilczak, 2013). Позднее, путем повышения точности и воспроизводимости началась разработка количественных методов с использованием технологий двумерной (2D) и трехмерной (3D) визуализации (таких как топографический анализ и виртуальное моделирование) для выявления связей между ЭИ и активностью.

Первые из таких методов (напр., Pany-Kucera et al., 2009; Wilczak, 1998; Nikita et al., 2019; Nolte, Wilczak, 2013) использовали 2D и 3D технологии для изучения линейных профилей энтезов и количественной оценки их размера и шероховатости поверхности. После того, как с помощью этих методов не удалось выявить сильную связь между ЭИ и активностью, в более поздних исследованиях стали использовать многомерную статистику, анализ главных компонентов и геометрическую мор-

фометрию для учета других смешанных переменных (напр., возраста, пола и размера тела). Исследования, учитывающие эти переменные, оказались более успешными в выявлении связей между ЭИ и активностью. Например, новый 3D-подход, разработанный Karakostis и Lorenzo (Karakostis, Lorenzo, 2016), а затем Karakostis и коллегами (Karakostis et al., 2017; Karakostis et al., 2018), выявил специфическую закономерность ЭИ, связанную с точностью захвата руки у человека из Перуанских Анд, живущего приблизительно 8 500 лет до н. э. (Karakostis et al., 2021). Обнадеживает то, что количественные методы могут быть достаточно чувствительными для определения точной мышечной активности у людей прошлого и демонстрируют потенциал для будущих исследований ЭИ (Karakostis et al., 2021).

Чтобы проверить прямую связь между активностью и ЭИ, исследователи использовали экспериментальные исследования на животных, где контролировались продолжительность, интенсивность и повторение работы мышц. Первые известные исследования использовали количественные методы для изучения энтезов овец, мышей и индеек после различных режимов физических упражнений в течение определенных периодов времени, таких как подъем или бег в колесе (Rabey et al., 2015), бег на беговой дорожке (Wallace et al., 2017) и ходьба с утяжеленными ранцами (Zumwalt, 2006). Хотя эти исследования смогли выявить прочную связь между ЭИ и активностью, существует несколько ограничений, которые могут объяснить эти результаты, например, различия в функциональной адаптации костей у людей и других видов животных (Ruff et al., 2006). Другое ограничение связано с экспериментальными параметрами, которые ограничивают возможность тестирования типа, продолжительности и интенсивности физической активности, необходимой для влияния на ЭИ человека (Ruff et al., 2006).

Наконец, аналитические методы в этих исследованиях могли быть непригодны для наблюдения за изменениями морфологии энтезов, поскольку более современные подходы начали показывать больше перспектив в выявлении связей между ЭИ и физической активностью. Например, Karakostis и коллеги (Karakostis et al., 2019) повторно исследовали тех же индеек, которых использовали Wallace

и коллеги (Wallace et al., 2017), применив другой 3D-подход и обнаружив энтезисные морфологические закономерности, которые не были обнаружены с помощью предыдущего метода. В другом исследовании Turcotte и коллег (Turcotte et al., 2021) использовали мышей, разделенных на две возрастные группы и режимы физических упражнений, аналогично предыдущему исследованию Rabeu и коллег (Rabeu et al., 2015). Обнадеживает то, что в этом исследовании были обнаружены микроструктурные энтезисные изменения в качестве адаптации к активности в ФЭ самой молодой группы. Это позволяет предположить, что структурные изменения в энтезах происходят до достижения взрослого периода жизни, а наблюдаемые ЭИ могут быть результатом «альтернативных или параллельных процессов развития» (Turcotte et al., 2021. P. 15).

Этиология энтезисных изменений

Связь между изменениями энтеза и активностью сложна, потому что на морфологию энтеза могут влиять многочисленные взаимосвязанные переменные, такие как возраст, пол, размер тела и другие факторы. Например, ранние исследования ЭИ с использованием исторических коллекций показали более выраженные морфологические изменения у пожилых людей, и эта тенденция подтвердилась и в более поздних исследованиях (напр., Henderson et al., 2016; Mariotti et al., 2004; Michopoulou et al., 2015; Michopoulou et al., 2017; Milella et al., 2012; Molnar, 2006; Niinimäki, 2011; Villotte et al., 2010). Эти наблюдения позволяют предположить, что возраст стирает различия между ЭИ и активностью. Например, в исследовании, в котором люди были разделены на группы тяжелого и легкого труда, показатели ЭИ были постоянно выше у работников тяжелого ручного труда, но только до 50 лет, после чего показатели сравнялись (Niinimäki, 2011). Это может быть связано с процессом «выравнивания», когда показатели ЭИ увеличиваются с возрастом до 40–50 лет, когда физическая активность снижается и/или организм ограниченно реагирует на механический стресс (Michopoulou et al., 2017).

Значимость возраста как спутывающей переменной ЭИ может быть обусловлена снижением остеобластической активности как побочного про-

дукта старения, резорбцией костной ткани вследствие недостаточного использования мышц и/или накоплением нагрузки на кости в пожилом возрасте в результате многолетнего чрезмерного использования и отдельных случаев физической травмы (Henderson et al., 2016; Michopoulou et al., 2015; Michopoulou et al., 2017; Niinimäki, 2011; Villotte, Knüsel, 2014). Относительная связь между ЭИ и возрастом также варьируется в разных популяциях, а влияние возраста на скелет имеет множество компонентов, которые до сих пор плохо изучены (Henderson et al., 2016). Учитывая многофакторное воздействие возраста на опорно-двигательный аппарат человека, трудно определить эти факторы без многомерного анализа для контроля других взаимосвязанных переменных, таких как размер тела, пол и другие исторические данные (например, указывающие на род занятий, окружающую среду и генетику популяции). Тем не менее исследования показывают, что возраст оказывает статистически значимое влияние на морфологическое выражение ЭИ (Henderson et al., 2016; Mariotti et al., 2004; Milella et al., 2012; Molnar, 2006; Niinimäki, 2011; Villotte et al., 2010; Weiss, 2003; Weiss, 2004; Weiss, 2007).

Размер тела также вносит значительный вклад в морфологическую вариацию ЭИ (Foster et al., 2014; Weiss, 2003; Weiss, 2004; Weiss, 2007; Wilczak, 1998; Zumwalt, 2006). Если рассматривать функциональную адаптацию костей и влияние гравитации на размер мышц, то более крупные тела требуют более крупных мышц, что в свою очередь влияет на энтезы (Foster et al., 2014; Ruff et al., 2006; Villotte et al., 2010; Weiss et al., 2012). Эта взаимосвязь была выявлена в исследованиях с использованием скелетных измерений в качестве показателя размера тела (Niinimäki, 2011; Weiss, 2003; Weiss, 2015), а также в исследованиях, тестирующих площадь энтезисной поверхности, где размер тела был наиболее значимой переменной, коррелирующей с размером энтеза (Nikita et al., 2019; Nolte, Wilczak, 2013). Однако исследования, использующие иные показатели вместо оценки размера тела, показывают различные корреляции с показателем ЭИ в зависимости от оценки массы тела (напр., Michopoulou et al., 2015; Michopoulou et al., 2017; Nikita et al., 2019; Nolte, Wilczak, 2013; Villotte et al., 2010;

Weiss, 2015; Weiss et al., 2012). Это связано с тем, что размер тела является общим термином, который может указывать на рост и/или массу тела, тогда как расчеты массы тела определяют более конкретные величины, такие как рост и фигура, где соотношение мышечной и жировой ткани имеет важное значение в исследованиях ЭИ для оценки уровня активности (Auerbach, Ruff, 2004; Ruff et al., 2005). Кроме того, привязка размера тела как врожденной характеристики полового диморфизма усложняет различие между этими двумя факторами.

Большинство исследований ЭИ показали большую выраженность ЭИ у мужчин, чем у женщин, что, по мнению некоторых ученых, в первую очередь является результатом полового диморфизма в размерах тела (Niinimäki, 2011; Weiss, 2003; Weiss, 2004; Weiss, 2007; Weiss, 2015; Weiss et al., 2012). Однако некоторые исследования показали, что корреляция с размером тела исчезает при контроле пола или при разном учете показателей у мужчин и женщин, что предполагает большее влияние гормональных половых различий, а не размера как такового (Weiss, 2004; Weiss, 2007; Weiss, 2015; Weiss et al., 2012). Это ожидаемо, поскольку у мужчин соотношение мышечной массы и размера тела выше из-за уровня тестостерона, поэтому корреляция между размером мышц и размером энтеза не должна означать причинно-следственную связь и может не полностью учитывать врожденные признаки полового диморфизма (Foster et al., 2014).

В ранних исследованиях различия в показателях ЭИ по полу объяснялись тем, что мужчины занимаются более активной деятельностью, чем женщины, в силу гендерного разделения труда, а не врожденных половых различий (напр., al-Oumaoui et al., 2004; Hawkey, Merbs, 1995). Аналогичным образом, случаи с обратными половыми различиями – женщины, демонстрирующие более высокие показатели ЭИ, чем мужчины – также предполагались как результат более высокого уровня активности в гендерных задачах (напр., Eshed et al., 2004; Hawkey, Merbs, 1995). Эти интерпретации подверглись критике за чрезмерное упрощение и приписывание оценок ЭИ гендерно структурированной деятельности, а не биологиче-

скому полу. Однако более современные исследования подтверждают, что половые различия в оценках ЭИ могут быть частично объяснены этими социальными факторами (Mazza, 2019; Weiss, 2015). В целом, остается неясным, что в большей степени влияет на ЭИ – пол или размер тела. Некоторые авторы утверждают, что размер тела вообще не нужно контролировать, ссылаясь на его интегрированную связь с половым диморфизмом (Villette et al., 2010; Weiss, 2003). Другие, отмечая, что на ЭИ верхних конечностей больше влияет пол, чем размер тела, предполагают, что эти два фактора не оказывают одинакового влияния на морфологию энтеза (Weiss, 2015; Weiss et al., 2012).

Хотя активность, возраст, размер тела и пол являются основными факторами, влияющими на ЭИ, другие генетические факторы могут объяснить некоторые наблюдаемые различия в морфологии энтеза (Jurmain et al., 2012). Например, масса и форма мышц определяются количеством мышечных волокон, которое контролируется генетически, что подразумевает «ограничение мышечного развития, основанное на количестве волокон, доступных для ответа на стресс» (Foster et al., 2014. P. 524). Генетические вариации также влияют на средний размер мышц у мужчин и женщин, что позволяет предположить, что популяционная генетика влияет на выражение ЭИ через влияние на морфологию мышц (Foster et al., 2014). Наши гены также могут влиять на рост костей, когда некоторые люди являются «косте-образователями» и более склонны к костной реакции на механические нагрузки, чем другие (Benjamin et al., 2006; Rogers et al., 1997). Эти примеры не охватывают всех возможных воздействий генетики на ЭИ. Тем не менее они служат напоминанием о том, что многофакторная этиология ЭИ зависит от многих переменных, не ограничиваясь рассмотренными в данной работе.

ЭИ исследования по охотникам-рыболовам Прибайкалья

ЭИ используются для изучения археологических человеческих останков, чтобы получить ценную информацию о прошлой деятельности и активности древних народов. Они могут включать социальные отношения, такие как разделение тру-

да по возрасту, полу и другим социальным категориям, а также изменения в занятиях, мобильности и/или физической активности у отдельных людей и популяций. Например, Lieverse и коллеги (Lieverse et al., 2009; Lieverse et al., 2013) применили методы ЭИ к останкам людей из Прибайкальского региона Сибири. Прибайкалье известно в археологических материалах в связи с обширным населением этой территории в течение более 20 000 лет и с заметным обилием останков людей эпохи неолита и

бронзового века (Lieverse et al., 2009; Lieverse et al., 2013; Weber, 1995; Goebel, 1999). Lieverse и ее коллеги исследовали верхние и нижние конечности пространственно-временных групп, населявших Прибайкалье в течение примерно 4000 лет: погребения людей раннего неолита (~7560–6690 кал. л. н.) и погребения позднего неолита и раннего бронзового века (~6050–3470 кал. л. н.) (Weber et al., 2021). Из-за перерыва между этими группами населений в ~600 лет они определяются как пред-



Рис. 1. Примеры выраженной (слева) и сниженной (справа) выраженности энтезов дельтовидной (открытый овал) и большой грудной (треугольник) мышц на правой плечевой кости. Могильник Локомотив-Райсовет, погребение 6.1 (слева), Могильник Шаманка II, погребение 42.2 (справа)

Fig. 1. Examples of pronounced expression (left) and reduced expression (right) of the entheses for the deltoideus (open oval) and pectoralis major (triangle) muscles on the right humerus. Lokomotiv-Raisovet burial 6.1 (left), Shamanka II Burial 42.2 (right)



Рис. 2. Изменчивая выраженность энтезов широкой медиальной (треугольник), гребенчатой (стрелка) и большой ягодичной (открытый овал) мышц на правой бедренной кости. Могильник Локомотив-Райсовет, погребение 7.1 (слева), Могильник Шаманка II, погребение 42.1 (справа)

Fig. 2. Variable expression of the entheses for the vastus medialis (triangle), pectineus (arrow), and gluteus maximus (open oval) muscles on the right femur. Lokomotiv-Raisovet burial 7.1 (left), Shamanka II burial 42.1 (right)

и пост-перерывные, соответственно, что дало хорошую возможность изучить адаптивные изменения на останках людей в этом регионе (Lieverse et al., 2009; Lieverse et al., 2013; Weber et al., 2021).

Эта работа была разделена на две публикации, первая из которых была посвящена верхним конечностям (рис. 1), а вторая – нижним (рис. 2) (Lieverse et al., 2009; Lieverse et al., 2013). Оба исследования использовали метод, разработанный Hawkey и Merbs (Hawkey, Merbs, 1995), но послед-

нее исследование последовало примеру Alves Cardoso и Henderson (Alves Cardoso, Henderson, 2013) и разделило баллы для ФЭ и ФКЭ для учета анатомических различий. Результаты анализа верхних конечностей показали, что у мужчин раннего неолита общие показатели ЭИ выше, чем у их женщин и мужчин пост-перерыва. Аналогичным образом, анализ нижних конечностей показал более высокий уровень активности у людей раннего неолита по сравнению с более поздними популяциями

(Lieverse et al., 2013). Это согласуется с предыдущими археологическими и экологическими данными, указывающими на то, что общины людей раннего неолита были крупнее, что, вероятно, привело к быстрому истощению ресурсов и необходимости более интенсивного передвижения (Lieverse et al., 2013; Weber, Bettinger, 2010). Результаты исследования нижних конечностей свидетельствуют о повышенной мобильности на крутых и неровных участках при переносе тяжелых грузов, что обеспечивает дополнительную поддержку предыдущим интерпретациям относительно уровня активности (Lieverse et al., 2007; Lieverse et al., 2011; Macintosh, 2011).

Напротив, популяции позднего неолита – раннего бронзового века показали более низкие показатели ЭИ как на верхних, так и на нижних конечностях (Lieverse et al., 2009; Lieverse et al., 2013). Эти группы имели более низкую плотность населения и более высокое пространственное распределение, чем люди раннего неолита, что означает, что им не требовались значительные перемещения для получения ресурсов (Lieverse et al., 2013; Losey et al., 2008). Примечательно, что эти интерпретации – как для людей раннего неолита, так и для населения позднего неолита и раннего бронзового века – также подтверждаются исследованиями остеоартрита и геометрии поперечного сечения костей в том же регионе (Lieverse, 2010; Lieverse et al., 2011; Lieverse et al., 2016; Stock et al., 2010).

Заключение

Энтезисные изменения используются в биоархеологии с 1990-х годов для реконструкции активности и механических нагрузок в прошлых популяциях людей, основываясь на концепции функциональной адаптации костей, хотя прямая связь между ЭИ и активностью остается неясной. Первые методы, разработанные для ЭИ, были основаны на визуальных наблюдениях с использованием археологических скелетов и исторических коллекций. Однако в настоящее время произошел новый сдвиг в сторону использования 2D и 3D технологий и многомерной статистики, которые позволяют лучше контролировать спутывающие переменные,

уменьшить ошибку наблюдателя и повысить точность.

Существуют преимущества исследований ЭИ, такие как их способность поддерживать интерпретации, основанные на других остеологических данных, и выявлять вариации, связанные с физической активностью. Хотя многофакторная этиология ЭИ не позволяет определить конкретные модели активности, использование исторических коллекций и многомерного анализа позволяет исследователям разделять влияние других взаимосвязанных переменных, таких как возраст, пол и размер тела. Исходя из исследований ЭИ, возраст, по-видимому, скрывает влияние активности, поскольку он влияет на рост, поддержание и разрушение костей на разных этапах жизни, а большие размеры тела требуют больших мышц для облегчения движения, что в свою очередь сильно влияет на ЭИ. У мужчин показатели ЭИ обычно выше, чем у женщин, из-за гормональных различий в течение жизни, а связь размера тела с биологическим полом также усложняет интерпретацию ЭИ. Генетика популяций, определяющая анатомию мышц и рост костей, также не позволяет понять влияние активности.

Исследования, в которых методы ЭИ применяются к археологическим останкам, могут обеспечить дополнительный контекст изменений в популяциях прошлого. Подкрепленные предыдущими исследованиями геометрии костей в поперечном сечении (Lieverse, 2010; Lieverse et al., 2011; Stock et al., 2010), исследования охотников-рыболовов Прибайкалья, проведенные Lieverse и коллегами (Lieverse et al., 2009; Lieverse et al., 2013), демонстрируют, как показатели ЭИ в погребальных комплексах людей раннего неолита до перерыва и у населения позднего неолита и раннего бронзового века после перерыва, подтверждают предыдущие представления о плотности населения, существовании и мобильности. Учитывая совершенствование методологии ЭИ в последнее десятилетие – особенно улучшение 3D и экспериментальных методов – будущие исследования могут извлечь пользу из этих работ для выявления связей между ЭИ и активностью в археологических останках людей Прибайкалья.

Список источников

- al-Oumaoui I., Jiménez-Brobeil S., du Souich P. Markers of activity patterns in some populations of the Iberian Peninsula // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2004. No. 14(5). Pp. 343-59.
- Alves Cardoso F., Henderson C. The categorisation of occupation in identified skeletal collections: A source of bias? // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23(2). Pp. 186-96. DOI: 10.1002/oa.2285.
- Auerbach B.M., Ruff C.B. Human body mass estimation: A comparison of "morphometric" and "mechanical" methods // *American Journal of Physical Anthropology*. 2004. No. 125. Pp. 331-342.
- Benjamin M., Evans E.J., Copp L. The histology of tendon attachments to bone in man // *Journal of Anatomy*. 1986. No. 149. Pp. 89-100.
- Benjamin M., Kumai T., Milz S., Boszczyk B.M., Boszczyk A.A., Ralphs J.R. The skeletal attachment of tendons-tendon' entheses.' // *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. 2002. No. 133. Pp. 931-45.
- Benjamin M., McGonagle D. Entheses: Tendon and ligament attachment sites // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2009. No. 19 (4). Pp. 520-27. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00906
- Benjamin M., Toumi H., Ralphs J.R., Bydder G., Best T.M., Milz S. Where tendons and ligaments meet bone: Attachment sites ('entheses') in relation to exercise and/or mechanical load // *Journal of Anatomy*. 2006. No. 208(4). Pp. 471-90. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2006.00540.
- Davis C.B., Shuler K.A., Danforth M.E., Herndon K.E. Patterns of interobserver error in the scoring of enthesal changes // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23(3). Pp. 147-51. DOI: 10.1002/oa.2277.
- Dewey J.K. Evaluating enthesal changes from a commingled and fragmentary population: Republic Groves. 2018. MA thesis. Florida Atlantic University. 77 p.
- Eshed V., Gopher A., Galili E., Hershkovitz I. Musculoskeletal stress markers in Natufian hunter-gatherers and Neolithic farmers in the Levant: The upper limb // *American Journal of Physical Anthropology*. 2004. No. 123(4). Pp. 303-315. DOI: 10.1002/ajpa.10312.
- Foster A., Buckley H., Tayles N. Using enthesal robusticity to infer activity in the past: A review // *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2014. No. 21. Pp. 511-533. DOI: 10.1007/s10816-012-9156-1.
- Goebel T. Pleistocene human colonization of Siberia and peopling of the Americas: an ecological approach // *Evolutionary Anthropology*. 1999. No. 8. Pp. 208-227.
- Havelková P., Villotte S. Enthesopathies: Test of reproducibility of the new scoring system based on current medical data. *Slovak Anthropology*. 2007. No. 10(1). Pp. 51-57.
- Hawkey D.E., and Merbs C.F. Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos // *International Journal of Osteoarchaeology*. 1995. No. 5. Pp. 324-38. DOI: 10.1002/oa.1390050403

References

- al-Oumaoui I., Jiménez-Brobeil S., du Souich P. Markers of activity patterns in some populations of the Iberian Peninsula // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2004. No. 14(5). Pp. 343-59.
- Alves Cardoso F., Henderson C. The categorisation of occupation in identified skeletal collections: A source of bias? // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23(2). Pp. 186-96. DOI: 10.1002/oa.2285.
- Auerbach B.M., Ruff C.B. Human body mass estimation: A comparison of "morphometric" and "mechanical" methods // *American Journal of Physical Anthropology*. 2004. No. 125. Pp. 331-342.
- Benjamin M., Evans E.J., Copp L. The histology of tendon attachments to bone in man // *Journal of Anatomy*. 1986. No. 149. Pp. 89-100.
- Benjamin M., Kumai T., Milz S., Boszczyk B.M., Boszczyk A.A., Ralphs J.R. The skeletal attachment of tendons-tendon' entheses.' // *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. 2002. No. 133. Pp. 931-45.
- Benjamin M., McGonagle D. Entheses: Tendon and ligament attachment sites // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2009. No. 19 (4). Pp. 520-27. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00906
- Benjamin M., Toumi H., Ralphs J.R., Bydder G., Best T.M., Milz S. Where tendons and ligaments meet bone: Attachment sites ('entheses') in relation to exercise and/or mechanical load // *Journal of Anatomy*. 2006. No. 208(4). Pp. 471-90. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2006.00540.
- Davis C.B., Shuler K.A., Danforth M.E., Herndon K.E. Patterns of interobserver error in the scoring of enthesal changes // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23(3). Pp. 147-51. DOI: 10.1002/oa.2277.
- Dewey J.K. Evaluating enthesal changes from a commingled and fragmentary population: Republic Groves. 2018. MA thesis. Florida Atlantic University. 77 p.
- Eshed V., Gopher A., Galili E., Hershkovitz I. Musculoskeletal stress markers in Natufian hunter-gatherers and Neolithic farmers in the Levant: The upper limb // *American Journal of Physical Anthropology*. 2004. No. 123(4). Pp. 303-315. DOI: 10.1002/ajpa.10312.
- Foster A., Buckley H., Tayles N. Using enthesal robusticity to infer activity in the past: A review // *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2014. No. 21. Pp. 511-533. DOI: 10.1007/s10816-012-9156-1.
- Goebel T. Pleistocene human colonization of Siberia and peopling of the Americas: an ecological approach // *Evolutionary Anthropology*. 1999. No. 8. Pp. 208-227.
- Havelková P., Villotte S. Enthesopathies: Test of reproducibility of the new scoring system based on current medical data. *Slovak Anthropology*. 2007. No. 10(1). Pp. 51-57.
- Hawkey D.E., and Merbs C.F. Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos // *International Journal of Osteoarchaeology*. 1995. No. 5. Pp. 324-38. DOI: 10.1002/oa.1390050403

Henderson C.Y., Mariotti V., Pany-Kucera D., Villotte S., Wilczak C. Recording specific enthesal changes of fibrocartilaginous entheses: Initial tests using the Coimbra method // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23 (2). Pp. 152-62. DOI: 10.1002/oa.2287.

Henderson C.Y., Mariotti V., Pany-Kucera D., Villotte S., Wilczak C. The new 'Coimbra Method': A biologically appropriate method for recording specific features of fibrocartilaginous enthesal changes // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2016. No. 26(5). Pp. 925-32. DOI: 10.1002/oa.2477.

Jurmain R., Alves Cardoso F., Henderson C., Villotte S. Bioarchaeology's holy grail: the reconstruction of activity. In *A Companion to Paleopathology*, Ed. by A.L. Grauer, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2012. Pp. 531-52. DOI: 10.1002/9781444345940

Karakostis, F.A., Hotz G., Scherf H., Wahl J., Harvati K. Occupational manual activity is reflected on the patterns among hand entheses // *American Journal of Physical Anthropology*. 2017. No. 164(1). Pp. 30-40. DOI: 10.1002/ajpa.23253.

Karakostis, F.A., Hotz G., Scherf H., Wahl J., Harvati K. A repeatable geometric morphometric approach to the analysis of hand enthesal three-dimensional form // *American Journal of Physical Anthropology*. 2018. No. 166 (1). Pp. 246-60. DOI: 10.1002/ajpa.23421.

Karakostis F.A., Lorenzo C. Morphometric patterns among the 3D surface areas of human hand entheses // *American Journal of Physical Anthropology*. 2016. No. 160(4). Pp. 694-707. DOI: 10.1002/ajpa.22999.

Karakostis F.A., Reyes-Centeno H., Franken M., Hotz G., Rademaker K., Harvati K. Biocultural evidence of precise manual activities in an Early Holocene individual of the high-altitude Peruvian Andes // *American Journal of Physical Anthropology*. 2021. No. 174(1). Pp. 35-48. DOI: 10.1002/ajpa.24160.

Karakostis F.A., Wallace I.J., Konow N., Harvati K. Experimental evidence that physical activity affects the multivariate associations among muscle attachments (entheses) // *Journal of Experimental Biology*. 2019. No. 22(3). Pp. 1-7. DOI: 10.1242/jeb.213058.

Kennedy, K.A. Morphological variations in ulnar supinator crests and fossae as identifying markers of occupational stress. // *Journal of Forensic Science*. 1983. No. 28(4). Pp. 871-76.

Lieverse A.R., Bazaliiskii V.I., Goriunova O.I., Weber A.W. Lower limb activity in the Cis-Baikal: Enthesal changes among Middle Holocene Siberian foragers // *American Journal of Physical Anthropology*. 2013. No. 150(3). Pp. 421-32. DOI: 10.1002/ajpa.22217.

Lieverse A.R., Weber A.W., Bazaliiskiy V.I., Goriunova O.I., Savel'ev N.A. Osteoarthritis in Siberia's Cis-Baikal: Skeletal indicators of hunter-gatherer adaptation and cultural change // *American Journal of Physical Anthropology*. 2007. No. 132(1). Pp. 1-16. DOI: 10.1002/ajpa.20479.

Henderson C.Y., Mariotti V., Pany-Kucera D., Villotte S., Wilczak C. Recording specific enthesal changes of fibrocartilaginous entheses: Initial tests using the Coimbra method // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23 (2). Pp. 152-62. DOI: 10.1002/oa.2287.

Henderson C.Y., Mariotti V., Pany-Kucera D., Villotte S., Wilczak C. The new 'Coimbra Method': A biologically appropriate method for recording specific features of fibrocartilaginous enthesal changes // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2016. No. 26(5). Pp. 925-32. DOI: 10.1002/oa.2477.

Jurmain R., Alves Cardoso F., Henderson C., Villotte S. Bioarchaeology's holy grail: the reconstruction of activity. In *A Companion to Paleopathology*, Ed. by A.L. Grauer, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2012. Pp. 531-52. DOI: 10.1002/9781444345940

Karakostis, F.A., Hotz G., Scherf H., Wahl J., Harvati K. Occupational manual activity is reflected on the patterns among hand entheses // *American Journal of Physical Anthropology*. 2017. No. 164(1). Pp. 30-40. DOI: 10.1002/ajpa.23253.

Karakostis, F.A., Hotz G., Scherf H., Wahl J., Harvati K. A repeatable geometric morphometric approach to the analysis of hand enthesal three-dimensional form // *American Journal of Physical Anthropology*. 2018. No. 166 (1). Pp. 246-60. DOI: 10.1002/ajpa.23421.

Karakostis F.A., Lorenzo C. Morphometric patterns among the 3D surface areas of human hand entheses // *American Journal of Physical Anthropology*. 2016. No. 160(4). Pp. 694-707. DOI: 10.1002/ajpa.22999.

Karakostis F.A., Reyes-Centeno H., Franken M., Hotz G., Rademaker K., Harvati K. Biocultural evidence of precise manual activities in an Early Holocene individual of the high-altitude Peruvian Andes // *American Journal of Physical Anthropology*. 2021. No. 174(1). Pp. 35-48. DOI: 10.1002/ajpa.24160.

Karakostis F.A., Wallace I.J., Konow N., Harvati K. Experimental evidence that physical activity affects the multivariate associations among muscle attachments (entheses) // *Journal of Experimental Biology*. 2019. No. 22(3). Pp. 1-7. DOI: 10.1242/jeb.213058.

Kennedy, K.A. Morphological variations in ulnar supinator crests and fossae as identifying markers of occupational stress. // *Journal of Forensic Science*. 1983. No. 28(4). Pp. 871-76.

Lieverse A.R., Bazaliiskii V.I., Goriunova O.I., Weber A.W. Lower limb activity in the Cis-Baikal: Enthesal changes among Middle Holocene Siberian foragers // *American Journal of Physical Anthropology*. 2013. No. 150(3). Pp. 421-32. DOI: 10.1002/ajpa.22217.

Lieverse A.R., Weber A.W., Bazaliiskiy V.I., Goriunova O.I., Savel'ev N.A. Osteoarthritis in Siberia's Cis-Baikal: Skeletal indicators of hunter-gatherer adaptation and cultural change // *American Journal of Physical Anthropology*. 2007. No. 132(1). Pp. 1-16. DOI: 10.1002/ajpa.20479.

Lieverse, A.R. Health and Behavior in Mid-Holocene Cis-Baikal: Biological indicators of adaptation and culture change. In Prehistoric Hunter-Gatherers of the Baikal Region, Siberia. Ed. by A.W. Weber, M.A. Katzenberg, T.G. Schurr. Philadelphia - University of Pennsylvania, 2010. 135-174 p. DOI: 10.9783/9781934536391.135

Lieverse A.R., Stock J.T., Katzenberg M.A., Haverkort C.M. The bioarchaeology of habitual activity and dietary change in the Siberian Middle Holocene. In Human Bioarchaeology of the Transition to Agriculture. Ed. by R. Pinhasi, J.T. Stock-Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. 263-291 p. DOI: 10.1002/9780470670170.ch11.

Lieverse A.R., Mack B., Bazaliiskii V.I., Weber A.W. Revisiting osteoarthritis in the Cis- Baikal: Understanding behavioral variability and adaptation among Middle Holocene foragers // Quaternary International. 2016. No. 405. Pp. 160-71. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.03.019.

Lieverse A.R., Mack B., Bazaliiskii V.I., Goriunova O.I., Weber A.W. Upper limb musculoskeletal stress markers among Middle Holocene foragers of Siberia's Cis-Baikal region // American Journal of Physical Anthropology. 2009. No. 138. Pp. 458-472.

Losey R.J., Nomokonova T, and Goriunova O.I. Fishing ancient Lake Baikal, Siberia: Inferences from the reconstruction of harvested perch (*Perca fluviatilis*) size // Journal of Archaeological Science. 2008. No. 35(3). Pp. 577-590. 10.1016/j.jas.2007.05.005.

Macintosh A. Non-metric skeletal variation. In Neolithic Hunter-Gatherers of the Cis-Baikal, Siberia. MA thesis, University of Saskatoon. 2011. 212 p.

Mariotti V., Facchini F., Belcastro M.G. Enthesopathies-Proposal of a standardized scoring method and applications // Collegium Antropologicum. 2004. No. 28(1). Pp. 145-59.

Mariotti V., Facchini F., Belcastro M.G. The study of entheses: Proposal of a standardised scoring method for twenty-three entheses of the postcranial skeleton // Collegium Antropologicum. 2007. No. 31(1) pp. 291-313.

Mazza B. Enteseal changes among Late Holocene hunter-gatherers from the southern extreme of La Plata Basin [Argentina] // Archaeological and Anthropological Sciences. 2019. No. 11(5). Pp. 1865-1885. DOI: 10.1007/s12520-018-0638-2.

Michopoulou E., Nikita E., Henderson C.Y. A test of the effectiveness of the Coimbra method in capturing activity-induced enteseal changes // International Journal of Osteoarchaeology. 2017. No. 27(3). Pp. 409-17. DOI: 10.1002/oa.2564.

Michopoulou E., Nikita E., Valakos E.D. Evaluating the efficiency of different Recording Protocols for Enteseal Changes in Regards to Expressing Activity Patterns Using archival data and cross-sectional geometric properties // American Journal of Physical Anthropology. 2015. No. 158(4). Pp. 557-568. DOI: 10.1002/ajpa.22822.

Milella M., Belcastro M.G., Zollikofer C.P.E., Mariotti V. The effect of age, sex, and physical activity on enteseal morphology in a contemporary Italian skeletal collection // Amer-

Lieverse, A.R. Health and Behavior in Mid-Holocene Cis-Baikal: Biological indicators of adaptation and culture change. In Prehistoric Hunter-Gatherers of the Baikal Region, Siberia. Ed. by A.W. Weber, M.A. Katzenberg, T.G. Schurr. Philadelphia - University of Pennsylvania, 2010. 135-174 p. DOI: 10.9783/9781934536391.135

Lieverse A.R., Stock J.T., Katzenberg M.A., Haverkort C.M. The bioarchaeology of habitual activity and dietary change in the Siberian Middle Holocene. In Human Bioarchaeology of the Transition to Agriculture. Ed. by R. Pinhasi, J.T. Stock-Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. 263-291 p. DOI: 10.1002/9780470670170.ch11.

Lieverse A.R., Mack B., Bazaliiskii V.I., Weber A.W. Revisiting osteoarthritis in the Cis- Baikal: Understanding behavioral variability and adaptation among Middle Holocene foragers // Quaternary International. 2016. No. 405. Pp. 160-71. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.03.019.

Lieverse A.R., Mack B., Bazaliiskii V.I., Goriunova O.I., Weber A.W. Upper limb musculoskeletal stress markers among Middle Holocene foragers of Siberia's Cis-Baikal region // American Journal of Physical Anthropology. 2009. No. 138. Pp. 458-472.

Losey R.J., Nomokonova T, and Goriunova O.I. Fishing ancient Lake Baikal, Siberia: Inferences from the reconstruction of harvested perch (*Perca fluviatilis*) size // Journal of Archaeological Science. 2008. No. 35(3). Pp. 577-590. 10.1016/j.jas.2007.05.005.

Macintosh A. Non-metric skeletal variation. In Neolithic Hunter-Gatherers of the Cis-Baikal, Siberia. MA thesis, University of Saskatoon. 2011. 212 p.

Mariotti V., Facchini F., Belcastro M.G. Enthesopathies-Proposal of a standardized scoring method and applications // Collegium Antropologicum. 2004. No. 28(1). Pp. 145-59.

Mariotti V., Facchini F., Belcastro M.G. The study of entheses: Proposal of a standardised scoring method for twenty-three entheses of the postcranial skeleton // Collegium Antropologicum. 2007. No. 31(1) pp. 291-313.

Mazza B. Enteseal changes among Late Holocene hunter-gatherers from the southern extreme of La Plata Basin [Argentina] // Archaeological and Anthropological Sciences. 2019. No. 11(5). Pp. 1865-1885. DOI: 10.1007/s12520-018-0638-2.

Michopoulou E., Nikita E., Henderson C.Y. A test of the effectiveness of the Coimbra method in capturing activity-induced enteseal changes // International Journal of Osteoarchaeology. 2017. No. 27(3). Pp. 409-17. DOI: 10.1002/oa.2564.

Michopoulou E., Nikita E., Valakos E.D. Evaluating the efficiency of different Recording Protocols for Enteseal Changes in Regards to Expressing Activity Patterns Using archival data and cross-sectional geometric properties // American Journal of Physical Anthropology. 2015. No. 158(4). Pp. 557-568. DOI: 10.1002/ajpa.22822.

Milella M., Belcastro M.G., Zollikofer C.P.E., Mariotti V. The effect of age, sex, and physical activity on enteseal morphology in a contemporary Italian skeletal collection // Amer-

ican Journal of Physical Anthropology. 2012. No. 14(3). Pp. 379-88. DOI: 10.1002/ajpa.22060.

Molnar P. Tracing prehistoric activities: Musculoskeletal stress marker analysis of a stone-age population on the island of Gotland in the Baltic Sea // American Journal of Physical Anthropology. 2006. Vol. 129(1). Pp 1-23. DOI: 10.1002/ajpa.20234.

Niinimäki S. What do muscle marker ruggedness scores actually tell us? // International Journal of Osteoarchaeology. 2011, No. 21(3). Pp. 292-99. DOI: 10.1002/oa.1134.

Nikita E., Xanthopoulou P., Bertatos A., Chovalopoulou M.E., Hafez I. A three-dimensional digital microscopic investigation of enthesal changes as skeletal activity markers // American Journal of Physical Anthropology. 2019. No. 169(4). Pp. 704-13. DOI: 10.1002/ajpa.23850.

Nolte M., Wilczak C. Three-dimensional surface area of the distal biceps enthesis, relationship to body size, sex, age and secular changes in a 20th century American sample // International Journal of Osteoarchaeology. 2013. No. 23(2). Pp. 163-74. DOI: 10.1002/oa.2292.

Pany-Kucera D., Viola B., Teschler-Nicola M. The scientific value of using a 3D surface scanner to quantify entheses. 2009. Workshop on musculoskeletal stress markers (MSM): Limitations and achievements in the reconstruction of past activity patterns, University of Coimbra. Coimbra, CIAS - Centro de Investigacao em Antropologia e Saude. Retrieved from: https://www.uc.pt/en/cia/msm/Pany_Viola_Teschler.pdf

Rabey K.N., Green D.J., Taylor A.B., Begun D.R., Richmond B.G., McFarlin S.C. Locomotor activity influences muscle architecture and bone growth but not muscle attachment site morphology // Journal of Human Evolution. 2015. No. 78. Pp. 91-102.

Rogers J., Shepstone L., Dieppe P. Bone formers: osteophyte and enthesophyte formation are positively associated. // Annals of the Rheumatic Diseases. 1997. Vol. 56(2). Pp. 85-90. DOI: 10.1136/ard.56.2.85.

Ruff C., Holt B., Trinkaus E. Who's afraid of the big bad Wolff?: 'Wolff's law' and bone functional adaptation // American Journal of Physical Anthropology. 2006. No. 129(4). Pp. 484-498. DOI: 10.1002/ajpa.20371.

Ruff C.B., Niskanen M., Junno J.A., Jamison P. Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans // Journal of Human Evolution. 2005. No. 48. Pp. 381-383.

Stock J.T., Bazaliiskii V., Goriunova O.I., Savel'ev N.A., and Weber A.W. Skeletal morphology, climatic adaptation, and habitual behavior among Mid-Holocene Cis-Baikal populations. 2010. In Prehistoric Hunter-Gatherers of the Baikal Region, Siberia. Ed. by M.A. Katzenberg, T. Schurr - Philadelphia: University of Pennsylvania Press. Pp. 193-216.

Turcotte C.M., Rabey K.N., Green DJ, and McFarlin S.C. Muscle attachment sites and behavioral reconstruction: An experimental test of muscle-bone structural response to habitual activity // American Journal of Biological Anthropology. 2021. No. 177(1). Pp. 1-20. DOI: 10.1002/ajpa.24410.

ican Journal of Physical Anthropology. 2012. No. 14(3). Pp. 379-88. DOI: 10.1002/ajpa.22060.

Molnar P. Tracing prehistoric activities: Musculoskeletal stress marker analysis of a stone-age population on the island of Gotland in the Baltic Sea // American Journal of Physical Anthropology. 2006. Vol. 129(1). Pp 1-23. DOI: 10.1002/ajpa.20234.

Niinimäki S. What do muscle marker ruggedness scores actually tell us? // International Journal of Osteoarchaeology. 2011, No. 21(3). Pp. 292-99. DOI: 10.1002/oa.1134.

Nikita E., Xanthopoulou P., Bertatos A., Chovalopoulou M.E., Hafez I. A three-dimensional digital microscopic investigation of enthesal changes as skeletal activity markers // American Journal of Physical Anthropology. 2019. No. 169(4). Pp. 704-13. DOI: 10.1002/ajpa.23850.

Nolte M., Wilczak C. Three-dimensional surface area of the distal biceps enthesis, relationship to body size, sex, age and secular changes in a 20th century American sample // International Journal of Osteoarchaeology. 2013. No. 23(2). Pp. 163-74. DOI: 10.1002/oa.2292.

Pany-Kucera D., Viola B., Teschler-Nicola M. The scientific value of using a 3D surface scanner to quantify entheses. 2009. Workshop on musculoskeletal stress markers (MSM): Limitations and achievements in the reconstruction of past activity patterns, University of Coimbra. Coimbra, CIAS - Centro de Investigacao em Antropologia e Saude. Retrieved from: https://www.uc.pt/en/cia/msm/Pany_Viola_Teschler.pdf

Rabey K.N., Green D.J., Taylor A.B., Begun D.R., Richmond B.G., McFarlin S.C. Locomotor activity influences muscle architecture and bone growth but not muscle attachment site morphology // Journal of Human Evolution. 2015. No. 78. Pp. 91-102.

Rogers J., Shepstone L., Dieppe P. Bone formers: osteophyte and enthesophyte formation are positively associated. // Annals of the Rheumatic Diseases. 1997. Vol. 56(2). Pp. 85-90. DOI: 10.1136/ard.56.2.85.

Ruff C., Holt B., Trinkaus E. Who's afraid of the big bad Wolff?: 'Wolff's law' and bone functional adaptation // American Journal of Physical Anthropology. 2006. No. 129(4). Pp. 484-498. DOI: 10.1002/ajpa.20371.

Ruff C.B., Niskanen M., Junno J.A., Jamison P. Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans // Journal of Human Evolution. 2005. No. 48. Pp. 381-383.

Stock J.T., Bazaliiskii V., Goriunova O.I., Savel'ev N.A., and Weber A.W. Skeletal morphology, climatic adaptation, and habitual behavior among Mid-Holocene Cis-Baikal populations. 2010. In Prehistoric Hunter-Gatherers of the Baikal Region, Siberia. Ed. by M.A. Katzenberg, T. Schurr - Philadelphia: University of Pennsylvania Press. Pp. 193-216.

Turcotte C.M., Rabey K.N., Green DJ, and McFarlin S.C. Muscle attachment sites and behavioral reconstruction: An experimental test of muscle-bone structural response to habitual activity // American Journal of Biological Anthropology. 2021. No. 177(1). Pp. 1-20. DOI: 10.1002/ajpa.24410.

Villotte S., Knüsel C.J. Understanding enthesal changes: Definition and life course changes // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23(2). Pp. 135-146. DOI: 10.1002/oa.2289.

Villotte S., Castex D., Couallier V., Dutour O., Knüsel C.J., Henry-Gambier D. Enthesopathies as occupational stress markers: Evidence from the upper limb // *American Journal of Physical Anthropology*. 2010. No. 142(2). Pp. 224-34. DOI: 10.1002/ajpa.21217.

Villotte S., and Knüsel C.J. I Sing of Arms and of a Man...: Medial epicondylitis and the sexual division of labour in Pre-historic Europe // *Journal of Archaeological Science*. 2014, No. 43(1). Pp. 168-74. DOI: 10.1016/j.jas.2013.12.009.

Wallace I.J., Winchester J.M., Su A., Boyer D.M., Konow N. Physical activity alters limb bone structure but not enthesal morphology // *Journal of Human Evolution*. 2017. No. 107. Pp. 14-18. DOI: 10.1016/j.jhe.02.001.

Weber A.W. The Neolithic and Early Bronze Age of Lake Baikal region: a review of recent research // *Journal of World Prehistory*. 1995. No. 9. Pp. 99-165.

Weber, A.W., Bettinger R. Middle Holocene hunter-gatherers of Cis-Baikal, Siberia: an overview for the new century // *Journal of Anthropological Archaeology*. 2010. No. 29(4). Pp. 491-506. DOI: 10.1016/j.jaa.2010.08.002.

Weber, A.W., Ramsey C.B., Schulting R.J., Bazaliiskii V.I., Goriunova, O.I. Middle Holocene hunter-gatherers of Cis-Baikal, Eastern Siberia: chronology and dietary trends // *Archaeological Research in Asia*. 2021. No. 25. Pp. 1-21.

Weiss E. Examining activity patterns and biological confounding factors: Differences between fibrocartilaginous and fibrous musculoskeletal stress markers // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2015. No. 25(3). Pp. 281-88. DOI: 10.1002/oa.2290.

Weiss E., Corona L., Schultz B. Sex differences in musculoskeletal stress markers: Problems with activity pattern reconstructions // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2012, No. 22(1). Pp. 70-80. DOI: 10.1002/oa.1183.

Weiss E. Understanding muscle markers: Aggregation and construct validity // *American Journal of Physical Anthropology*. 2003, No. 121(3). Pp. 230-40. DOI: 10.1002/ajpa.10226.

Weiss E. Understanding muscle markers: lower limbs // *American Journal of Physical Anthropology*. 2004, No. 125(3). Pp. 232-38. DOI: 10.1002/ajpa.10397.

Weiss E. Muscle markers revisited: Activity pattern reconstruction with controls in a Central California Amerind population // *American Journal of Physical Anthropology*. 2007. No. 133(3). Pp. 931-40. DOI: 10.1002/ajpa.20607.

Wilczak C.A. Consideration of sexual dimorphism, age, and asymmetry in quantitative measurements of muscle insertion sites // *International Journal of Osteoarchaeology*. 1998. No. 8(5). Pp. 311-325.

Wolff J. Ed. Concept of the law of bone remodelling. In *The Law of Bone Remodelling*, 1986. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 128 p.

Villotte S., Knüsel C.J. Understanding enthesal changes: Definition and life course changes // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2013. No. 23(2). Pp. 135-146. DOI: 10.1002/oa.2289.

Villotte S., Castex D., Couallier V., Dutour O., Knüsel C.J., Henry-Gambier D. Enthesopathies as occupational stress markers: Evidence from the upper limb // *American Journal of Physical Anthropology*. 2010. No. 142(2). Pp. 224-34. DOI: 10.1002/ajpa.21217.

Villotte S., and Knüsel C.J. I Sing of Arms and of a Man...: Medial epicondylitis and the sexual division of labour in Pre-historic Europe // *Journal of Archaeological Science*. 2014, No. 43(1). Pp. 168-74. DOI: 10.1016/j.jas.2013.12.009.

Wallace I.J., Winchester J.M., Su A., Boyer D.M., Konow N. Physical activity alters limb bone structure but not enthesal morphology // *Journal of Human Evolution*. 2017. No. 107. Pp. 14-18. DOI: 10.1016/j.jhe.02.001.

Weber A.W. The Neolithic and Early Bronze Age of Lake Baikal region: a review of recent research // *Journal of World Prehistory*. 1995. No. 9. Pp. 99-165.

Weber, A.W., Bettinger R. Middle Holocene hunter-gatherers of Cis-Baikal, Siberia: an overview for the new century // *Journal of Anthropological Archaeology*. 2010. No. 29(4). Pp. 491-506. DOI: 10.1016/j.jaa.2010.08.002.

Weber, A.W., Ramsey C.B., Schulting R.J., Bazaliiskii V.I., Goriunova, O.I. Middle Holocene hunter-gatherers of Cis-Baikal, Eastern Siberia: chronology and dietary trends // *Archaeological Research in Asia*. 2021. No. 25. Pp. 1-21.

Weiss E. Examining activity patterns and biological confounding factors: Differences between fibrocartilaginous and fibrous musculoskeletal stress markers // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2015. No. 25(3). Pp. 281-88. DOI: 10.1002/oa.2290.

Weiss E., Corona L., Schultz B. Sex differences in musculoskeletal stress markers: Problems with activity pattern reconstructions // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2012, No. 22(1). Pp. 70-80. DOI: 10.1002/oa.1183.

Weiss E. Understanding muscle markers: Aggregation and construct validity // *American Journal of Physical Anthropology*. 2003, No. 121(3). Pp. 230-40. DOI: 10.1002/ajpa.10226.

Weiss E. Understanding muscle markers: lower limbs // *American Journal of Physical Anthropology*. 2004, No. 125(3). Pp. 232-38. DOI: 10.1002/ajpa.10397.

Weiss E. Muscle markers revisited: Activity pattern reconstruction with controls in a Central California Amerind population // *American Journal of Physical Anthropology*. 2007. No. 133(3). Pp. 931-40. DOI: 10.1002/ajpa.20607.

Wilczak C.A. Consideration of sexual dimorphism, age, and asymmetry in quantitative measurements of muscle insertion sites // *International Journal of Osteoarchaeology*. 1998. No. 8(5). Pp. 311-325.

Wolff J. Ed. Concept of the law of bone remodelling. In *The Law of Bone Remodelling*, 1986. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 128 p.

Zumwalt A. The effect of endurance exercise on the morphology of muscle attachment sites // Journal of Experimental Biology. 2006. No. 209(3). Pp. 444-54.

Информация об авторах

Дж. Сик – аспирантка магистратуры, Отделение археологии и антропологии, Университет Саскатчеван, 55 Campus Drive, Saskatoon, SK, S7N 5B1, Canada.

Т. Ю. Номоконова – PhD, профессор начальной стадии, Отделение археологии и антропологии, Университет Саскатчеван, 55 Campus Drive, Saskatoon, SK, S7N 5B1, Canada.

В. И. Базалийский – инженер-исследователь, НИЦ «Байкальский регион», Иркутский государственный университет, 664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1, Россия.

А. Р. Ливерс – PhD, профессор, Отделение археологии и антропологии, Университет Саскатчеван, 55 Campus Drive, Saskatoon, SK, S7N 5B1, Canada.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 18 февраля 2022 г.; одобрена после рецензирования 15 марта 2022 г.; принята к публикации 21 марта 2022 г.

Zumwalt A. The effect of endurance exercise on the morphology of muscle attachment sites // Journal of Experimental Biology. 2006. No. 209(3). Pp. 444-54.

Information about the authors

J. Sick – MA Graduate Student, Department of Archaeology and Anthropology, University of Saskatchewan, 55 Campus Drive, Saskatoon, SK, S7N 5B1, Canada.

T. Yu. Nomokonova – PhD, Assistant Professor, Department of Archaeology and Anthropology, University of Saskatchewan, 55 Campus Drive, Saskatoon, SK, S7N 5B1, Canada.

V. I. Bazaliiskii – Research Engineer, Research Center “Baikal Region”, Irkutsk State University, 1, K. Marx St., Irkutsk 664003, Russia.

A. R. Lieveise – PhD, Professor, Department of Archaeology and Anthropology, University of Saskatchewan, 55 Campus Drive, Saskatoon, SK, S7N 5B1, Canada.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

The authors have read and approved the final manuscript.

Article info

The article was submitted February 18, 2022; approved after reviewing March 15, 2022; accepted for publication March 21, 2022.