

Бужилова А.П.<sup>1)</sup>, Колясникова А.С.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,  
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия;

<sup>2)</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова, биологический факультет, кафедра антропологии,  
Ленинские горы, д.1, стр. 12. Москва, 119234, Россия

## HYPEROSTOSIS FRONTALIS INTERNA В АРКТИЧЕСКИХ ГРУППАХ ПО МАТЕРИАЛАМ СОВРЕМЕННЫХ КРАНИОЛОГИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ

**Введение.** Лобный внутренний гиперостоз, или *Hyperostosis frontalis interna* (далее HFI), это патологическое состояние, характеризующееся доброкачественными образованиями на внутренней поверхности лобной кости. В настоящее время этиология данного состояния не установлена, однако известно, что HFI часто сопровождает ряд заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ и гормональными дисфункциями. На примере современного населения отмечено увеличение частоты HFI в популяциях, практикующих диету с избытком жиров и простых углеводов на фоне гиподинамии.

**Материалы и методы.** Целью данного исследования является анализ частоты встречаемости HFI в краниологических сериях, представляющих коренные народы, проживающие в условиях полярного климата с повседневной высокопротеиновой и жирной диетой. Исследовано 942 черепа из фондов НИИ и Музея антропологии МГУ (13 краниологических коллекций арктических народов). Анализовалась общая частота встречаемости признака, проведен сравнительный межгрупповой анализ, оценена степень выраженности HFI и распределение признака с учетом пола и возраста. Применена одномерная непараметрическая статистика.

**Результаты.** Было обнаружено, что показатель частоты встречаемости HFI в арктических группах значительно ниже, чем в других группах современного населения Евразии и Америки. В сводной серии лобный внутренний гиперостоз одинаково часто встречался как у мужчин, так и у женщин. Однако при учете распределения этого показателя по возрастным категориям мужские и женские группы различаются. В группах *Adultus* и *Maturus* этот признак чаще встречается у мужчин, а в группе *Senilis* – у женщин.

**Обсуждение.** Вероятно, в арктических выборках у женщин признак HFI идентифицирует проявление нарушения общего обмена веществ в силу естественных гормональных перестроек в процессе старения организма, а у мужчин – признак HFI следует рассматривать как индикатор наличия метаболических нарушений в молодом и зрелом возрасте.

Учитывая значительно более низкую частоту встречаемости признака HFI в арктических сериях по сравнению другими современными группами, можно предположить низкий уровень развития метаболических нарушений у жителей Арктики. Не исключено, что это результат физиологической приспособленности к типу питания и проживанию в экстремальных условиях среды.

**Ключевые слова:** биологическая антропология; краниология; адаптация; палеопатология; метаболические нарушения; коренные народы Арктики; *Hyperostosis frontalis interna*

## Введение

Лобный внутренний гиперостоз, или *Hyperostosis frontalis interna* (далее HFI) это патологическое состояние, характеризующееся беспорядочным разрастанием (утолщением) участков внутренней поверхности лобной кости [She, Szakacs, 2004]. В некоторых случаях, гиперостоз может распространяться на другие кости черепа, однако костные разрастания никогда не касаются сагиттального синуса твердой мозговой оболочки [Talarico et al., 2008]. Проявления HFI могут варьировать от единичных узелков, до массивного утолщения без четко определимых границ [Hershkovitz et al., 1999]. Лобный внутренний гиперостоз считается состоянием, отличным от диффузного гиперостоза черепа, внутреннего краниального гиперостоза и других заболеваний, которые могут привести к общему утолщению костей черепа, например, как при акромегалии или болезни Педжета [Hershkovitz et al., 1999].

Впервые HFI был описан итальянским анатомом и врачом Джованни Баттиста Морганьи как заболевание, сопровождающееся частичным проявлением вирилизма (маскулинизации) у пожилых женщин. В дальнейшем, Стюард, Морель и Мур добавили в описание патологии некоторые нейropsychиатрические нарушения и головную боль [Stewart, 1928; Morel, 1929; Moore, 1955]. В результате был сформирован синдром Морганьи-Стюарда-Мореля-Мура [Antón, 1997].

В настоящее время этиология данного состояния так и не установлена, однако известно, что HFI часто сопровождает ряд заболеваний, связанных с гормональными дисфункциями (диабет, патологии щитовидной железы, ожирение, вирилизм, акромегалия др.) [She, Szakacs, 2004.]. Таким образом, HFI – это доброкачественное образование, не связанное напрямую с другими заболеваниями костей. Формирование HFI может быть следствием широкого круга факторов вследствие гормонального влияния на рост костей черепа.

Судя по результатам краниологических исследований, HFI – это современное явление, сравнительно редко встречающееся в исторических группах [Бужилова, Козловская, 2001; Перерва, Моисеев, 2018; Lazer, 1996; Antón, 1997; Hershkovitz et al, 1999; Hajdu et al., 2009]. На примере израильско-

го населения с разницей в 100 лет (XX и XXI в.) зафиксирован секулярный тренд. Исследователи отмечают значительный рост и распространение этого показателя в хронологически более поздней группе. Кроме того, в популяциях XXI века отмечается «омоложение» возраста HFI в женских выборках. В качестве вероятных причин исследователи указывают, например, использование активной гормональной терапии у женщин, нарушающей общий гормональный статус; изменения в повседневной диете с избытком жиров и простых углеводов на фоне гиподинамии, приводящие к ожирению (патологиям общего обмена веществ) [May et al., 2011].

По данным различных исследований, HFI чаще встречается у женщин, чем у мужчин. Гершкович и соавторы [Hershkovitz et al., 1999], изучив остеологические коллекции жителей США начала XX века, обнаружили HFI у 23,9% женщин и у 5,2% мужчин. Авторы проведенного исследования ссылаются на то, что похожие тенденции были отмечены ранее Марле: которым в результате анализа рентгенограмм современного населения HFI был обнаружен у 20% у женщин и у 2% мужчин [Marlet, 1974 цит. по Hershkovitz et al., 1999, с. 318]. В сборной антропологической коллекции народов из регионов Центральной и Южной Европы современной эпохи было проанализировано 204 черепа, и гиперостоз был обнаружен у 22,7% женщин и 2,8% мужчин. Результаты 40 аутопсий подтвердили эту тенденцию, и показали наличие HFI у 22,7% женщин и отсутствие этого признака у мужчин [Raikos et al., 2011]. В работе Девриндт с соавторами [Devriendt et al., 2005] приведены результаты 1532 аутопсий жителей современного Марселя (Франция). HFI был найден у 12 женщин и 1 мужчины, т.е. признаки гиперостоза из общего числа обследованных отмечены только у 0,78% женщин и 0,01% мужчин. В работе Хайду и соавторов были исследованы краниологические серии из археологических раскопок в Венгрии, датируемые средневековьем и новым временем. Всего было просмотрено 1811 черепов и найдено 20 случаев гиперостоза, из них 15 – у женщин (3,83%) и 5 – у мужчин (1,21%) [Hajdu et al., 2009]. В работе Мультхерн с соавторами [Mulhern et al., 2006] представлены результаты анализа останков из захоронений IX–XII вв. в Пуэбло Бонито (штат Нью-Мексико, США): гиперостоз был найден у

12 из 37 индивидов (32,4%) из них 11 случаев – у женщин (44%) и 1 – у мужчин (8,3%).

Учитывая степень выраженности признаков HFI, было показано, что наиболее распространенным типом гиперостоза у мужчин был тип А (самое слабое проявление признака), в то время как у женщин отмечено более очевидные варианты HFI (крайние стадии С и D) [Hershkovitz et al., 1999]. Принимая во внимание, что увеличение частоты встречаемости стадий С и D и снижение частоты встречаемости стадий А и В отмечено после 60 лет, можно предположить, что HFI прогрессирует с возрастом. Наиболее очевидная связь HFI с возрастом зафиксирована у женщин [Hershkovitz et al., 1999; May et al., 2011]. В исследовании Гершон-Когэн и соавторов [Gershon-Cohen et al., 1955] были проанализированы рентгенограммы людей старше 60-ти лет: HFI был обнаружен у 62% обследованных женщин и полностью отсутствовал у мужчин. В исследовании Мэй и соавторов [May et al., 2011] было проанализировано 768 КТ-снимков (326 мужчин и 442 женщины), и в 42% случаев внутренний гиперостоз был отмечен у людей старше 70 лет. Кроме того, было подтверждено, что наиболее легкие формы гиперостоза чаще встречаются в молодом возрасте, чем тяжелые. Это характерно как для мужчин, так и для женщин. Как отмечают исследователи, изменения на внутренней поверхности лобной кости могут возникнуть довольно рано, а затем прогрессировать в течение жизни с различной скоростью [Hershkovitz et al., 1999].

Опираясь на литературные данные, можно резюмировать, что HFI может быть индикатором общего нарушения обмена веществ в силу различных причин. Наиболее часто этот признак отмечается у пожилых женщин (возраст серьезной гормональной перестройки). Важно отметить, что заметное увеличение частоты признака фиксируется у современного населения, практикующего диету, богатую жирами и простыми углеводами на фоне очевидной гиподинамии. Однако специалистам ничего не известно о распространении признака HFI в современных популяциях, практикующих традиционный образ жизни в экстремальных условиях среды, где употребление пищи богатой белками и жирами является нормой, например, проживающих в арктическом регионе.

Целью данного исследования является анализ частоты встречаемости HFI в краниологических сериях, представляющих коренные народы, проживающих в условиях полярного климата, ведущих полукочевой и оседлый образ жизни, связанный с охотой, оленеводством, рыболовством и собирательством. Особенностью этих популяций является адаптация к условиям жизни при низкой температуре. Для быстрого воспроизводства калорий в таких условиях может быть диета, богатая белками и жирами. По данным исследователей, основу традиционного рациона коренных жителей Арктики составляют блюда из жирной рыбы и оленины [Иванова, Сафронова, 2018]. Дополнительно прибрежные жители используют в пищу высокопротеиновое и жирное мясо морских животных.

Из числа исследовательских задач, помимо общей частоты встречаемости этого признака, сравнительного межгруппового анализа частот показателя HFI и степени его выраженности, в нашем исследовании анализировались распределение этого признака с учетом пола и возраста.

## Материалы и методы

Исследовано 945 черепов: 413 мужских, 386 женских и 146 индивидуумов, вызвавших затруднения с определением пола (главным образом останки детей). Это 13 краниологических коллекций, представляющих современные коренные народы Арктики, из фондов НИИ и Музея антропологии МГУ [Алексеева с соавт., 1986]. Наиболее многочисленными из них оказались серии хантов, манси, эскимосов, чукчей и алеутов (табл. 1).

Пол и возраст определялся по стандартной методике [Алексеев, Дебец, 1964]. Кроме того, дополнительно, с методической целью для одного индивидуума пол был подтвержден результатами пептидного анализа эмали коронки верхнего второго моляра (серия алеуты, № 7777, возраст *Senilis*). Травление зубной эмали, экстракцию из нее пептидов, как и анализ идентифицирующих пол пептидов методом хромато-масс-спектрометрии, проводили по модифицированной методике [Зиганшин с соавт., 2020].

**Таблица 1. Состав и численность исследованных краниологических серий**  
**Table 1. Composition and number of the studied craniological series**

Народность	Географическое положение	Всего индивидов
Алеуты	Алеутские острова /Атака, Амми, бухта Наниках/	71
Коряки	Гижигинский округ, Камчатка	2
Манси	Сосьва и Сычва, левый приток Оби, Щеку-Пауля, Нижний Тагил	66
Ненцы	Архангельская губ., тундра Коровий перелесок, близ Семжы, Ягинский перелесок, близ Неси и Канинский п-ов, на р. Шойне. Обь /низовье/	12
Саамы	Кольский п-ов	6
Финны	Хельсинки	16
Ханты	Обдорск, р. Обь	291
Чукчи	р. Анадырь, /низовье/, Чукотский п-ов; Имтук, Чукотский р-н, Магаданская обл.; Нунямо, Чукотский р-н, Магаданская обл.; Уэлен, Чукотский р-н, Магаданская обл.; Эквенская тундра, Магаданская обл.; Яндагай, Чукотский р-н, Магаданская обл.	192
Эвенки	Дагары, Горемыка, р. Томпа, Сев. Прибайкалье	25
Эвены	Неизвестно	1
Эскимосы	Наукан, Чукотский р-н, Магаданская обл.; о. Ратманова; Сиреники, Чукотский р-н, Магаданская обл.; Сиклюк, Чукотский р-н, Магаданская обл.; Эквен	252
Юкагиры	р. Коркодон	3
Якуты	Одунунский Наслег, Якутия; Средне-Виллойский улус, Якутия; Якутия, точное месторасположение неизвестно	8

Для учета возрастной динамики частоты встречаемости показателя HFI все серии половозрелых индивидуумов были разделены по категориям биологического возраста (*Adultus*, *Maturus*, *Senilis*), всего 658 индивидуумов. Для 9 половозрелых индивидуумов определение возраста в заданных категориях оказалось невозможным из-за плохой сохранности черепов. Отдельно рассматривалась выборка неполовозрелых индивидуумов без учета возрастной группы, пола и этно-территориальной принадлежности (всего 278 индивидуумов).

Определение наличия и степени развития HFI проводилось на основе морфологических критериев по схеме, предложенной Hershkovitz с соавторами [Hershkovitz et al., 1999]:

Тип А. Изолированные приподнятые единичные костные островки размером до 10 мм.

Тип В. Узелковые костные наросты без четких границ, слегка приподнятые на поверхности лобной кости (до 25%).

Тип С. Более интенсивные наросты с неравномерным утолщением внутренней пластинки лобной кости (до 50%).

Тип D. Непрерывный костный нарост, охватывающий более 50% лобной кости (рис. 1).

Частота и степень выраженности признака HFI анализировалась по полу, возрасту и этно-территориальному происхождению. Статистическая обработка проводилась в программе Statistica 10 с использованием непараметрических методов, в частности, критерия Манна-Уитни для оценки достоверности различий между двумя независимыми выборками и коэффициента корреляции Спирмена.

## Результаты

Всего было обнаружено 23 случая HFI, что соответствует 2,5% от всей выборки (табл. 2). В исследованных группах признак HFI выражен как у мужчин, так и у женщин. Он находится примерно на



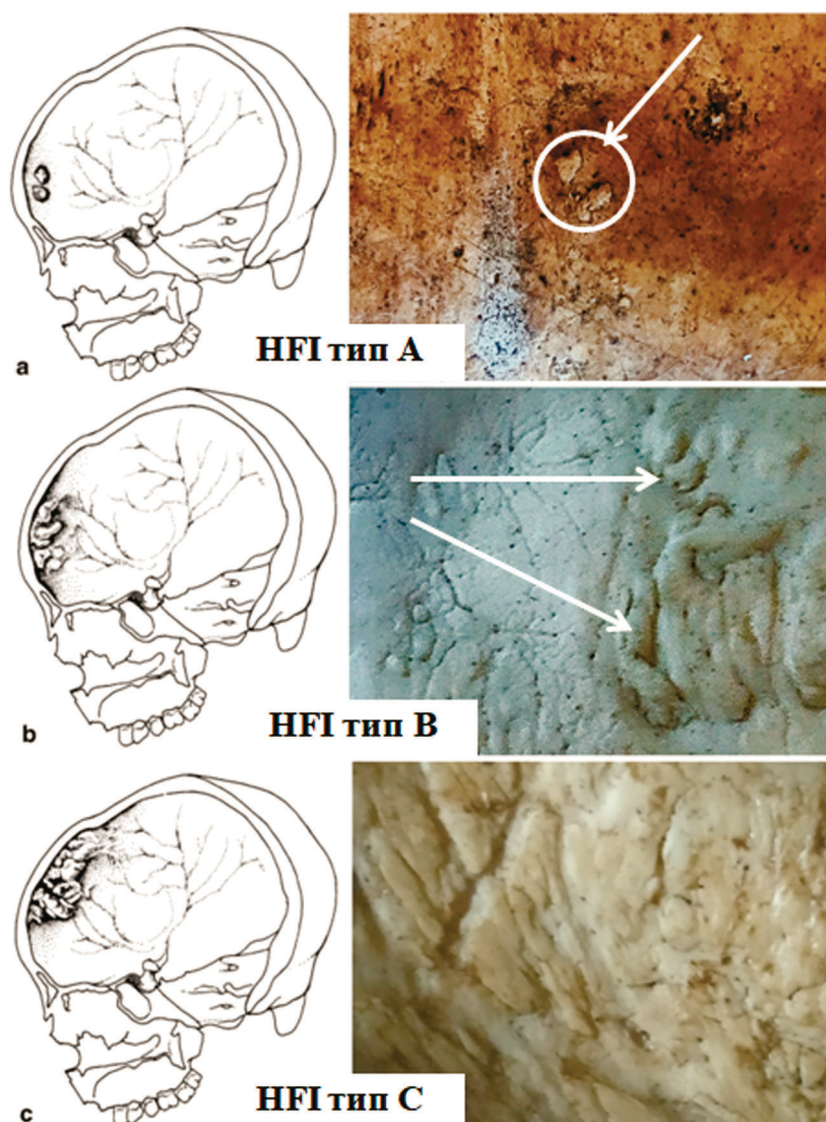


Рисунок 1. Схема выраженности гиперостоза на внутренней поверхности лобной кости [Hershkovitz et al., 1999] и фотографии, иллюстрирующие типы HFI на примерах из арктических коллекций НИИ и Музея антропологии МГУ  
 Figure 1. Schematic presentation of HFI types A–C [Hershkovitz et al., 1999] and cases of HFI from Arctic collections of Research Institute and Museum of Anthropology, MSU

одном уровне, и составляет около 3% (табл. 3, 4). Подчеркнем, что отсутствие значимых различий по полу подтверждается и результатами корреляционного анализа (табл. 5). При анализе распределения признака по возрасту гиперостоз у неполовозрелых индивидов был выявлен только в одном случае (эскимосы, KO290/44, *Juvenilis*) что составляет 0,4%. В группах *Adultus* и *Senilis* частота проявления гиперостоза была одинакова и составила 3,8%, а в группе *Maturus* этот показатель оказался ниже – 2,6% (табл. 2). По степени выраженности наиболее

распространенным типом гиперостоза в сводной арктической серии зафиксирован тип А – он был выявлен у 1,6%, и чаще всего в возрасте *Adultus* (3,0%). Гиперостоз типа В встречается у 0,6%, и наиболее распространен в группе *Maturus* (1,1%). Наиболее редким оказался тип С, в целом он был выявлен у 0,2%, и чаще в группе *Senilis* (0,8%). Тип D в краниологических сериях арктических групп не был обнаружен.

**Таблица 2. Распределение признака HFI в сводной краниологической серии по возрастным группам и степени выраженности**  
**Table 2. Distribution of HFI in the studied craniological series by age and type**

Возрастная группа	HFI		Частота встречаемости типов HFI							
	%	n/N	A		B		C		D	
			%	n/N	%	n/N	%	n/N	%	n/N
<b>Juvenilis</b>	0,4	1/278	0	0/278	0,4	1/278	0	0/278	0	0/278
<b>Adultus</b>	3,8	10/260	3,0	8/260	0,4	1/260	0,4	1/260	0	0/260
<b>Maturus</b>	2,6	7/265	1,5	4/265	1,1	3/265	0	0/265	0	0/265
<b>Senilis</b>	3,8	5/133	2,3	3/133	0,8	1/133	0,8	1/133	0	0/133
<b>Bcero*</b>	<b>2,5</b>	<b>23/936</b>	<b>1,6</b>	<b>15/936</b>	<b>0,6</b>	<b>6/936</b>	<b>0,2</b>	<b>2/936</b>	<b>0</b>	<b>0/936</b>

Примечания. \* В таблицу не вошли 9 черепов половозрелых индивидов с неопределенным возрастом в заданных категориях.

Notes. \* 9 skulls with indeterminate age were excluded.

**Таблица 3. Распределение выявленных случаев HFI по степени выраженности и возрасту у мужчин**  
**Table 3. Distribution of HFI types in males by age and type**

Возрастная группа	HFI		Мужчины, тип HFI							
	%	n /N	A		B		C		D	
			%	n /N	%	n /N	%	n /N	%	n /N
<b>Adultus</b>	<b>4,5</b>	6/133	3,0	4/133	0,8	1/133	0,8	1/133	0	0/133
<b>Maturus</b>	<b>2,5</b>	4/159	1,8	3/159	0,6	1/159	0	0/159	0	0/159
<b>Senilis</b>	<b>1,8</b>	1/57	1,8	1/57	0	0/57	0	0/57	0	0/57
<b>Bcero</b>	<b>3,1</b>	<b>11/349</b>	<b>2,3</b>	<b>8/349</b>	<b>0,6</b>	<b>2/349</b>	<b>0,3</b>	<b>1/349</b>	<b>0</b>	<b>0/349</b>

**Таблица 4. Распределение выявленных случаев HFI по степени выраженности и возрасту у женщин**  
**Table 4. Distribution of HFI types in females by age and type**

Возрастная группа	HFI		Женщины, тип HFI							
	%	n/N	A		B		C		D	
			%	n /N	%	n /N	%	n /N	%	n /N
<b>Adultus</b>	<b>3,2</b>	4/124	<b>3,2</b>	4/124	0	0/124	0	0/124	0	0/124
<b>Maturus</b>	<b>2</b>	2/101	0,9	1/101	0,9	1/101	0	0/101	0	0/101
<b>Senilis</b>	<b>5,6</b>	4/71	1,4	1/71	2,8	2/71	1,4	1/71	0	0/71
<b>Bcero</b>	<b>3,4</b>	<b>10/296</b>	<b>2,0</b>	<b>6/296</b>	<b>0,7</b>	<b>2/296</b>	<b>0,4</b>	<b>1/296</b>	<b>0</b>	<b>0/296</b>

Примечания. \* В таблицу не были включены: случай гиперостоза у манси №4386, определение пола которого было затруднительно; случай гиперостоза у неполовозрелого эскимоса (KO290; №44); все неполовозрелые индивиды и 9 половозрелых индивидов с неопределенным возрастом.

Notes. \* The table did not include: a case of hyperostosis of Mansi No. 4386, the sex determination of which was difficult; a case of hyperostosis of an immature Eskimo (KO290; # 44); all immature individuals and 9 adult individuals of undetermined age.

**Таблица 5. Ранговые корреляции Спирмена R**  
**Table 5. Spearman's rank correlation R**

Критерии	География серии	Пол	Возраст	Наличие HFI
География серии	1,00	<b>0,11*</b>	-0,05	-0,01
Пол	<b>0,11*</b>	1,00	<b>-0,39*</b>	-0,03
Возраст	-0,05	<b>0,39*</b>	1,00	<b>0,08*</b>
Наличие HFI	-0,01	-0,03	<b>0,08*</b>	1,00

Примечания. \* Отмеченные корреляции значимы на уровне  $p < 0,05$ .

Notes. \* Significance of differences: –  $p < 0,05$ .

**Таблица 6 Частота случаев HFI с учетом этно-территориального происхождения**  
**Table 6. Distribution of HFI by ethnic and territory origin**

Народность	HFI		Частота встречаемости типов HFI							
	%	n/N	А		В		С		D	
			%	n/N	%	n/N	%	n/N	%	n/N
Чукчи	1,0	2/192	1,0	2/192	0	0/192	0	0/192	0	0/192
Ненцы	25,0*	3/12	25	3/12	0	0/12	0	0/12	0	0/12
Манси	6,0*	4/66	3,0	2/66	1,5	1/66	1,5	1/66	0	0/66
Алеуты	1,3	1/71	0	0/71	1,3	1/71	0	0/71	0	0/71
Финны	18,8*	3/16	12,5	2/16	6,3	1/16	0	0/16	0	0/16
Эскимосы	1,2	3/252	0,8	2/252	0,4	1/252	0	0/252	0	0/252
Ханты	2,4	7/291	1,4	4/291	0,7	2/291	0,3	1/291	0	0/291
<b>Всего</b>	<b>2,4</b>	<b>23/945</b>	<b>1,6</b>	<b>15/945</b>	<b>0,6</b>	<b>6/945</b>	<b>0,2</b>	<b>2/945</b>	<b>0</b>	<b>0/945</b>

Примечания. \* по критерию Манна-Уитни статистически достоверные различия при  $p < 0,05$ .

Notes. \* Mann-Whitney test statistically significant differences at  $p < 0.05$ .

## Обсуждение

Обратим внимание, что частота встречаемости HFI в арктических группах очевидно ниже, чем в других группах современного населения Евразии и Америки. У населения США XX века средняя частота проявления признака HFI составляет от 3 до 18% [Moore, 1955; Jaffe, 1972], по данным других авторов этот показатель у американцев не ниже 12,8% [Hershkovitz et al., 1999; Mulhern et al., 2006]. У современных жителей центральной и южной Европы частота встречаемости лобного внутреннего гиперостоза составила 11,9% [Raikos et al., 2011]. У современного населения Израиля – 15,8% [May et al., 2010].

Распределение показателя HFI с учетом возраста выявило, что в арктических группах HFI у половозрелых индивидуумов распределяется с

низкой частотой почти равномерно по всем возрастным группам. Мы оценили наличие HFI с учетом пола и возраста, проанализировав ранговые корреляции по Спирмену (табл. 5).

Оказалось, что в сводной серии арктических народов присутствуют достоверные положительные связи с возрастом и отрицательные с полом (корреляции значимы на уровне  $p < 0,05$ ). Иначе говоря, признак имеет тенденцию чаще встречаться в более зрелых по возрасту группах, и чаще фиксироваться в женских, а не мужских группах. Согласно литературным данным частота встречаемости HFI обычно увеличивается с возрастом, и чаще отмечается у пожилых женщин. Например, при исследовании распространения HFI у жителей Европы XVIII-XXI вв. признак не был зафиксирован в группе *Adultus*, а только – в группах *Maturus* (13,6%) и *Senilis* (в 25,6%) [Western,

Bekvalac, 2017]. У жителей XX века в США лобный внутренний гиперостоз был описан в группе возраста *Adultus* у 10,1%, в группе *Maturus* – 22,4% и в возрасте *Senilis* – 38,7% [Hershkovitz et al., 1999]. У современных жителей Сербии HFI был выявлен в возрасте *Adultus* в 6,6%, в возрасте *Maturus* – 7,1% и в возрасте *Senilis* – 22,7% [Nikolic et al., 2010].

Таким образом, несмотря на низкую частоту встречаемости признака в сериях арктических народов, основные тенденции, известные по литературным данным в этих группах сохраняются. Заниженный показатель HFI, с одной стороны, можно интерпретировать, как морфофизиологическую особенность арктического населения, которому не свойственны гормональные проблемы, связанные с появлением HFI. Но с другой, не стоит исключать и того, что в изученных арктических группах доля людей зрелого и пожилого возраста (где признак встречается чаще всего) сравнительно ниже, чем в сравниваемых выборках Евразии и Америки. Это может быть причиной занижения как общего показателя HFI у арктических жителей, так и уровня его распределения в старших возрастных группах.

Попробуем оценить связь частоты встречаемости признака HFI с показателем среднего возраста смерти по локальным группам (рис. 2). В целом средний возраст смерти в изученных группах едва выходит за границы возраста *Adultus*, не доходя до границы возраста *Maturus*. По литературным данным, такая картина распределения показателя среднего возраста смерти наиболее близка средневековым выборкам [Алексеева, 2003]. И в этом случае важно отметить, что при сравнении с историческими группами уровень гиперостоза в арктической серии входит в интервал минимальных значений, известных по работам разных исследователей. Так, у жителей VII века из Молизе (Италия) показатель гиперостоза в группе достигает 3,9% [Belcastro et al., 2006]. При анализе ископаемых останков V–VIII вв. с территории карпатского бассейна показано, что лобный внутренний гиперостоз варьировал в группах женщин от 2 до 9,5% женщин, в группах мужчин – от 1,2 до 4,2%; в X веке этот показатель увеличился: в женской группе до 16,9%, в мужской – 10,3% [Szeniczey et al., 2019]. Серия из Великобритании, датированная XII–XVIII вв., демонстрирует более высокие значения HFI: 30% в мужской серии

и 50% в женской [Barber et al., 1997]. Единичные находки X–XIV вв. описаны для материалов из памятников Германии, Польши и Великобритании [Glab et al., 2006]. У коренных жителей Америки XVI–XVII вв. признак не был обнаружен совсем [Hershkovitz et al., 1999]. Очевидно, низкий уровень среднего возраста смерти в исторических группах не способствует нивелированию показателя HFI. На разных территориях и в разные эпохи отмечаются разные уровни показателя лобного гиперостоза. Рассмотрим распределение частоты HFI по арктическим группам детальнее. Относительно более высокие показатели дожития отмечены для групп ненцев, манси, саамов, чукчей и якутов (рис. 2). В двух из них (у саамов и якутов) признак HFI не был зафиксирован вовсе. В остальных – по частоте HFI выделяются группы ненцев и манси (25% и 6% соответственно) (табл. 6). Мы проверили эти различия по критерию Манна-Уитни, подтвердив, что группа ненцев статистически достоверно отличается по этому показателю от других выборок, где зафиксирован HFI (кроме финнов). Отметим, что это довольно высокий уровень, приближающийся к максимальным значениям показателей, известных для современного и средневекового населения Европы, Ближнего Востока и США [Moore, 1955; Jaffe, 1972; Hershkovitz et al., 1999; May et al., 2010; Raikos et al., 2011]. Группа манси демонстрирует частоту HFI существенно ниже, чем у ненцев, но по уровню показателя статистически достоверно отличается от групп чукчей, ненцев и эскимосов (табл. 6). У соседствующих с манси группой хантов средний возраст смерти находится на уровне показателя *Adultus* и частота зафиксированного гиперостоза ниже, чем у манси (2,4%) (рис. 2). Однако выявленные различия по критерию Манна-Уитни между этими двумя группами статистически не достоверны (табл. 6).

В группах, не достигших среднего возраста смерти *Adultus*, выделяется выборка финнов, которая демонстрирует высокие значения HFI – 18,8%, приближаясь по этим значениям к современному населению. По критерию Манна-Уитни группа финнов статистически достоверно отличается от выборок хантов, чукчей, алеутов и эскимосов (табл. 6). Обратим внимание, что минимальные значения показателя отмечены в группах чукчей, алеутов и эскимосов (1,0%, 1,25% и 1,2% соответственно) (рис. 2).



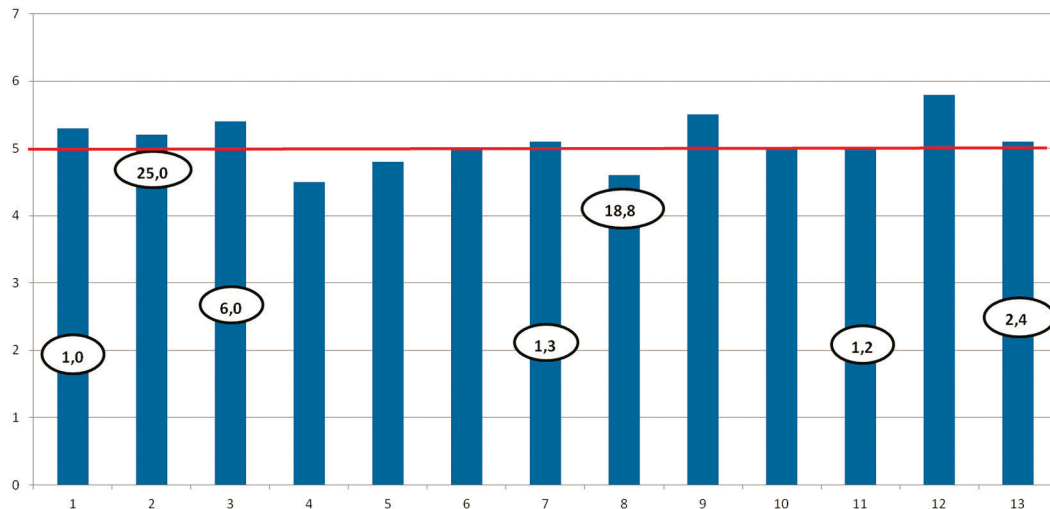


Рисунок 2. Средний возраст смерти и частота HFI в исследованных группах, %  
 Figure 2. Average age at death and frequency of HFI in the examined groups, %

Примечания. \*По горизонтальной оси графика цифрами обозначены исследованные группы: 1-чукчи, 2-ненцы, 3-манси, 4-коряки, 5-эвенки, 6-эвены, 7-алеуты, 8-финны, 9-саамы, 10-юкагиры, 11-эскимосы, 12-якуты, 13-ханты. По вертикальной оси графика цифрами обозначены возрастные группы: 1- infantilis-1a, 2- infantilis-1b, 3- infantilis-2, 4- juvenilis, 5- adultus, 6- maturus, 7- senilis. Красной линией обозначена граница Adultus. Цифрами на столбцах обозначена частота выявленных случаев HFI в исследованных группах в процентах.

Notes. \* Horizontal: 1-Chukchi, 2-Nenets, 3-Mansi, 4-Koryaks, 5-Evenks, 6-Evens, 7-Aleuts, 8-Finns, 9-Sami, 10-Yukaghir, 11-Eskimos, 12-Yakuts, 13-Khanty. Vertical: 1- infantilis-1a, 2- infantilis-1b, 3- infantilis-2, 4- juvenilis, 5- adultus, 6- maturus, 7- senilis. Age group Adultus marked by a red line. Numbers on columns show a level of HFI found in Arctic groups, %

Итак, по полученным данным трудно уловить прямое влияние среднего возраста смерти на уровень показателя HFI. В нашем исследовании есть яркие примеры, когда относительно старшая по возрасту смерти группа (ненцы) демонстрирует высокие значения HFI, но и группа с наименьшими показателями среднего возраста смерти (финны) также показывает высокий уровень HFI. Обратим внимание на общую численность выделяемых по высокому показателю HFI групп. Так, серия ненцев, демонстрирующая самый высокий показатель HFI, едва превышает десяток индивидуумов (табл. 6). Такая малочисленность группы может повлиять в целом на завышение частоты показателя HFI (т.н. ошибка выборки). Важно отметить, что степень выраженности признака в этой выборке зафиксирована только по типу А и отмечена у молодых женщин, что не совсем точно отражает известные мировые тенденции. А вот на примере серий хантов, манси и финнов видно, что признак HFI присутствует в этих группах во всех вариантах его проявления: от типа А до типа С (табл. 6), что можно рассматривать как

дополнительное подтверждение неслучайности превалирования показателя гиперостоза в этих выборках. В пользу этого тезиса говорит и традиционное наличие признака HFI в группах хантов и манси как у зрелых женщин, так и у мужчин. Интересно, что в группе финнов HFI отмечен только у мужчин молодого и зрелого возраста. При анализе корреляций важно обратить внимание на достоверную связь географии выборки и пола (связь положительная) (табл. 6). Из 7 серий, в которых мы выявили HFI, наиболее часто он отмечен у мужчин разного возраста, и только в 4 из них он отмечен еще и у женщин (ханты, манси, ненцы и эскимосы). Обратим внимание, что признак превалирует в западных группах Арктики. Все выше перечисленное показывает, что в палеоантропологии анализ частоты лобного гиперостоза необходимо проводить с учетом репрезентативности выборки по показателям общей численности группы, этно-территориальной принадлежности, среднего возраста смерти, пола и возраста.

### Степень выраженности HFI

При детализации анализа частоты выраженности HFI по типу С обращает внимание, что он отмечен только в группах Западной Сибири (хантов и манси). Причем в одном случае – это пожилая женщина (серия манси, № 4377, *Senilis*) с признаками третичного сифилиса (инфекционное заболевание, которое на этой стадии, помимо прочего, поражает кости скелета). В этом случае поражение костной ткани – деструктивно-пролиферативное или гуммозное, значительным образом разрушает все костные структуры и зачастую распространяется на костный мозг, вызывая остеомиелит [Рейнберг, 1964]. Учитывая, что на третичных стадиях сифилиса происходит значительная травматизация костной ткани с очевидным воспалительным процессом, не исключено частное влияние данного процесса на возникновение и развитие HFI. В литературе есть прямые отсылки к случаям посттравматического развития HFI; например, описан внутренний лобный гиперостоз у ребенка семи лет после перенесенной черепно-мозговой травмы [Yaxiong et al., 2017].

В другом случае тип С отмечен у молодого мужчины (серия ханты, № 7195, *Adultus*) без видимых костных патологий на черепе. Для интерпретации причин появления HFI у молодого мужчины необходимо дополнительное исследование и выявление возможных сопутствующих признаку HFI патологий с привлечением молекулярных и радиологических методов. По литературным данным показано, что у мужчин HFI может появиться в любом возрасте и развиваться до любой степени выраженности признака [Szeniczey et al., 2019].

При детальном анализе случаев по типу В следует подчеркнуть, что большинство из них (4 из 6 выявленных в нашем исследовании) также зафиксировано в западных областях Арктики.

В женской выборке тип В отмечен в серии хантов у двух индивидуумов пожилого возраста без видимых дополнительных патологий на черепе (ханты, № 7056, *Maturus-Senilis*; ханты, № 7074, *Senilis*). Отдельно следует упомянуть женщину старческого возраста (алеуты, № 7777, *Senilis*). Помимо HFI, у неё отмечен признак *Cribra orbitalia* во внутренней области глазниц. *Cribra orbitalia*, или поротический гиперостоз, – частный случай патологических изменений кости, которые проявляются

в виде визуально фиксируемого истончения компакты (рис. 3). На поверхности кости появляются небольшие отверстия, что придает ей пористый характер [Goodman, 1984]. Наиболее вероятной причиной возникновения и развития *Cribra orbitalia* является мегалобластная анемия, вызванная недостаточным поступлением питательных веществ или глистными инвазиями [Steckel et al., 2002]. Кроме того, у женщины зафиксирована потеря части зубов при жизни и хронический пародонтоз. Отметим, что череп этого индивидуума относительно более массивный, чем другие в женской выборке алеутов, что на индивидуальном уровне ставит под сомнение достоверность определения биологического пола традиционными методами. Мы провели дополнительную идентификацию пола, применив метод пептидного анализа эмали зуба. Результат однозначно подтвердил присутствие большого числа фрагментов белков гена AMELX при полном отсутствии фрагментов гена AMELY, т.е. женский пол индивидуума. В этом эксперименте мы опирались на апробированную модификацию метода, когда биологический пол особи определяется по двум критериям: 1) наличию/отсутствию пептидов, специфичных для амелогенина Y (мужской пол) и 2) обязательное присутствие в пробе не менее 30 фрагментов амелогенина X [Зиганшин с соавт., 2020].

Молодым возрастом выделяется индивидуум женского пола из серии Наукан (эскимосы Наукан, KO290; № 44, *Adultus*). У нее помимо HFI типа В отмечен признак *Cribra orbitalia* во внутренней области глазниц, который представляет собой характерные изменения кости в верхней стенке орбит. Кроме того, обнаружены признаки хронического пародонтоза.

В мужской выборке отмечено два случая типа В, в сериях манси и финнов у индивидуумов молодого возраста (манси, № 4362, *Adultus*; финны, № 3420, *Adultus*). В обоих случаях мы отметили хронический пародонтоз, а у индивидуума № 4362 – еще и признаки третичного сифилиса.

В целом, полученные данные подтверждают выявленную другими исследователями тенденцию: гиперостоз типа А наиболее распространен среди молодых индивидов, а HFI типа В и С чаще встречается у людей пожилого возраста или молодых индивидуумов со специфическими патологиями

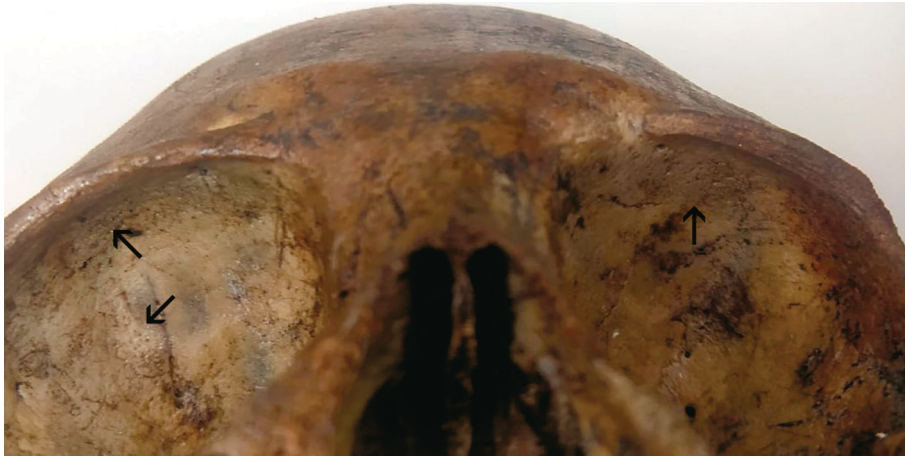


Рисунок 3. Cribra orbitalia во внутренней полости глазниц черепа (Серия алеуты, №7777)  
Figure 3. Cribra orbitalia in the inner cavity of the orbits of the skull (Aleut №7777)

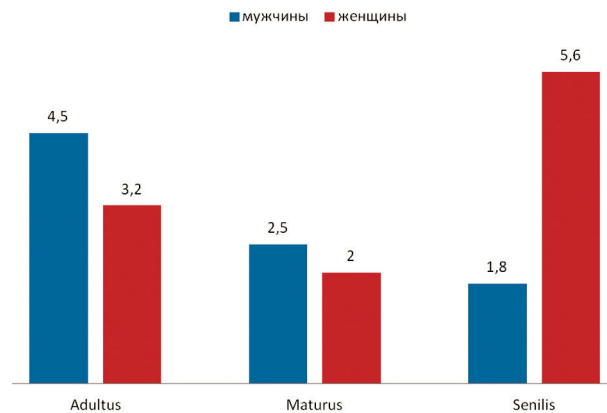


Рисунок 4. Частота HFI в мужских и женских арктических выборках с учетом возраста смерти, %  
Figure 4. Frequency of HFI in male and female Arctic groups by age at death, %

[Hershkovitz et al., 1999; Nikolic et al., 2010; Western, Bekvalac, 2017]. По нашим данным в 62,5% признаку HFI (тип В и тип С) сопутствуют индикаторы системных хронических заболеваний, влияющих на травматогенность костной структуры в целом (в нашем исследовании это третичный сифилис), а также индикаторы физиологического стресса (в частности, хронического воспалительного процесса) с широким спектром причин (в нашем исследовании Cribra orbitalia, хронические зубные патологии). И эта тенденция статистически достоверна по коэффициенту корреляции Спирмена ( $r = 0,675786$ , на уровне  $p < 0,05$ ). Важно подчеркнуть, что при анализе внутреннего лобного гиперостоза типов В и С отмечается преобладание этих форм в западной части Арктики, что для объективной ин-

терпретации требует привлечения дополнительного массива данных.

#### Половой диморфизм

Согласно литературным данным признак HFI чаще проявляется у женщин, чем у мужчин [Gershon-Cohen et al., 1955; Hershkovitz et al., 1999; Devriendt et al., 2005; Hajdu et al., 2009; Raikos et al., 2011]. Исследователи рассчитали возрастную градиацию превалирования частоты признака у женщин: соотношение 5:1 в возрастной группе до 60 лет и 3:1 в возрастной группе старше 60 лет [Hershkovitz et al., 1999]. При учете распределения этого показателя по возрастным категориям в арктической серии мужские и женские группы тоже различаются, но не так как

у других современных популяций. В группах *Adultus* и *Maturus* этот признак чаще встречается у мужчин, а в группе *Senilis* – у женщин (рис. 4).

Не обнаружено каких-либо различий по степени выраженности HFI у мужчин и женщин (табл. 3, 4). Наиболее распространенным типом гиперостоза оказался тип А (2,3% и 2% соответственно у мужчин и женщин). Тип В демонстрирует сходные минимальные значения в сравниваемых группах (у мужчин – 0,6%, а у женщин – 0,7%). В равной степени наиболее редким типом гиперостоза оказался тип С (у мужчин – 0,3%, у женщин – 0,4%). По литературным данным такой равнозначности не отмечается. Показано, что наиболее распространенным типом гиперостоза у мужчин является тип А, в то время как у женщин чаще отмечаются типы В и С [Hershkovitz et al., 1999].

Распределение типов HFI с учетом возраста показало превалирования типа А в возрасте *Adultus* как в мужской, так и женской группе (табл. 3, 4). Частота проявления типа В у мужчин фиксируются в более молодой возрастной категории (*Adultus-Maturus*), в то время как в женской группе этот тип превалировал в категориях *Maturus-Senilis*. Тип С у мужчин отмечен в когорте *Adultus*, у женщин – *Senilis* (табл. 3, 4). Важно обратить внимание, что в группах финнов, чукчей и алеутов HFI зафиксирован только в мужской части.

Полученные данные подтвердили высказанную нами гипотезу о накоплении в арктических группах уровня HFI за счет двух тенденций: преобладания признака в группах зрелых и пожилых женщин, и появления HFI разной степени выраженности у мужчин независимо от возрастной категории. Другими исследователями на примере средневековых групп карпатского бассейна было показано, что частота встречаемости и степень развития гиперостоза у женщин зависит от возраста, в то время как у мужчин возраст и степень развития HFI не демонстрирует каких-либо закономерностей [Szeniczey et al., 2019]. Как видим, выявленная в нашем исследовании тенденция не уникальна. Иначе говоря, в арктических выборках у женщин признак HFI идентифицирует проявление нарушения общего обмена веществ в силу естественных гормональных перестроек в процессе старения организма, а у мужчин – признак HFI следует рас-

сматривать как индикатор наличия метаболических нарушений в молодом и зрелом возрасте (не исключено, что вследствие системных патологий).

#### *Отбор и адаптация к экстремальным условиям среды*

Заниженный показатель HFI по сравнению с другими современными группами, также, как и превалирование этого признака в определенных географически приуроченных выборках направляет вектор поиска причин в сторону оценки последствий естественного отбора в ходе адаптации коренного населения Арктики к экстремальным условиям жизни.

Особенностью коренного населения Арктики является постоянное проживание в условиях сурового холодного климата. Т.И. Алексеева и соавторы [Антропозология., 2008] выделяют три группы природных факторов, определяющих в совокупности условия жизни коренного населения этого региона. Первая группа – геофизические факторы, к ним относятся низкая теплообеспеченность, недостаток УФ-радиации, длительный период стояния снега, своеобразный фотопериодизм (короткий световой день зимой и длинный – в летний период). Ко второй группе относят геохимические факторы: дефицит биогенных элементов в растительных продуктах, ультрапресные воды и превалирование в диете пищевых продуктов животного происхождения. К третьей группе – биотические факторы: природно-очаговые болезни. Кроме того, для жителей Арктики характерна специфическая форма т.н. хронического полярного напряжения, которая провоцируется снижением резистентности организма в суровых полярных условиях [Агаджанян, 2005]. Все перечисленное должно существенным образом способствовать снижению средней продолжительности жизни. Для оценки уровня HFI в арктических популяциях – это важное наблюдение, поскольку подтверждает предположение, что часть популяции не имеет возможности дожить до преклонных лет, и, следовательно, уровень этого показателя должен быть существенно ниже в Арктике, чем в популяциях с высокой продолжительностью жизни.

Кроме того, не исключено и снижение общего генетического разнообразия коренных популяций в



условиях жесткого давления среды. Развивая идею адаптивного генотипа, следует подчеркнуть дефицит растительных продуктов (отсутствие важных биогенов): Исследователи отмечают, что некоторые растительные биогены, например, фитоэстрогены включают изофлавоны и лигнаны, которые обладают биологическим воздействием, включая изменения в метаболизме эстрогенов и возможной профилактике потери кальция в период менопаузы у женщин [Cassidy, Faughnan, 2000]. Очевидное отсутствие фитоэстрогенов в диете арктического населения поднимает вопрос о возможно ином эволюционном механизме профилактики метаболических синдромов в этом регионе. Также, высокое содержание доли белковой и жирной пищи требовали специальной физиологической и генетической адаптации местного населения. В сумме с влиянием геофизических факторов среды в популяциях должен был проходить селективный отбор аллелей, проявившийся, в конечном счете, в определенном комплексе фенотипов. Т.И. Алексеевой [Алексеева, 1986] была выделена группа адаптивных признаков, не идентифицирующая их происхождение: невысокая длина тела сочетается с большими обхватными размерами груди, туловища и увеличенной массой тела. Особенный интерес представляет высокая частота встречаемости мужчин атлетического телосложения (50%) в арктических группах (это, видимо, и влияет на завышение среднего показателя массы тела). Среди женщин наиболее часто встречается мезопластический вариант. Данный феномен характерен для всех коренных групп, живущих в условиях холодного стресса. Заметим, что при исследовании краниологических материалов из древних могильников Эквен и Уэлен, имеющих широкие хронологические рамки (со II в. до н.э. по XIV в. н.э.), было показано, что форма черепов эскимосов, погребенных в Эквене и Уэлене, практически не отличается от современной [Антропозэкология... 2008]. В нашем случае такое наблюдение поддерживает гипотезу о древности фенотипических особенностей жителей Арктики и, следовательно, о древности сформированного адаптивного комплекса к экстремальным арктическим условиям.

Если обратиться к данным по западной части Арктики, то, по мнению Л.В. Беца [Бец, 2018], показатели гормонального статуса у современных

хантов (Сургутский район, Ханты-Мансийский АО) характеризуются достоверным снижением половых гормонов. Кроме того, в мужской группе хантов преобладают грудной и грудномускульный типы телосложения, а в женской – стенопластический, мезопластический и астенический. Эти данные подтверждают факты, изложенные Т.И. Алексеевой, об отсутствии крайних конституциональных типов в арктических группах, связанных с повышенным ожирением и, следовательно, увеличением числа метаболических синдромов. И в тоже время, отмеченный Л.В. Бец относительно заниженный уровень половых гормонов в популяциях западной части Арктики может быть той особенностью, которая повлияла на относительное увеличение уровня HFI у коренного населения, в особенности у мужчин. По данным исследователей предполагается, что снижение уровня половых гормонов (отмечаемое чаще всего в пожилом возрасте) способствует увеличению HFI [Ruhli et al., 2004].

Итак, опираясь на выявленные фенотипические комплексы и особенности телосложения арктического населения, можно резюмировать, что селективный отбор в условиях экстремальной среды способствовал формированию специфического генофонда и, соответственно, генетической структуры населения (определенное соотношение в популяции различных генотипов и аллелей).

Экстремально низкие температуры – один из важных факторов в формировании физиологического стресса в условиях Арктики. Специалистами было показано, что даже в зоне умеренного снижения среднегодовых температур происходит активная стимуляция сосудосуживающих реакций, что увеличивает сердечную нагрузку [Rintamaki, 2007]. В ходе генетического исследования было показано, что частота одного из аллелей гена TRPM8 возрастает с учетом географической широты, положительно коррелируя с показателем снижения среднегодовой температуры [Key et al., 2018]. Следовательно, увеличение частоты встречаемости этого аллеля потенциально отражает положительный (направленный) отбор на реакцию на низкие температуры в условиях Арктики. Авторы объясняют, что ген TRPM8 кодирует катионный канал, который контролирует реакцию на холод.

По их мнению, производный аллель, который чаще встречается в более высоких широтах, притупляет эндогенный метаболически затратный ответ на низкие температуры.

В этой связи, важно обратиться к гипотезе «экономного генотипа», которая предполагает наличие ряда «экономных» генов, отвечающих за метаболические процессы в организме жителей высоких широт (например, частота аллеля AGXT Pro11Leu, определенные аллели генов APOE). Ген (AGXT, OMIM 604285) контролирует активность фермента, катализирующего превращение гликоксилата в глицин (усвоение протеинов). Один из его аллелей (полиморфизм Pro11Leu) в ходе селективного отбора может встречаться с большей частотой в популяциях, практикующих диету с высоким содержанием мяса. Исследователями было показано достоверное увеличение частоты встречаемости этого аллеля в современных популяциях саамов по сравнению с соседними популяциями шведов и русских [Caldwell et al., 2004; Kozlov et al., 2008].

Ген аполипопротеина E (APOE), кодирующий особенности строения белка APOE, регулирует всасывание холестерина в кишечнике, замедляя этот процесс при избыточном поступлении жиров с пищей [Климов, Никульчева, 1999]. Частоты трех аллелей гена APOE в современных популяциях территориально различаются. Самым распространенным считается аллель APOE\*ε3 (до 60%), он характерен для европейского населения. Наибольшая частота встречаемости другого аллеля – APOE\*ε4 (до 40%), фиксируется у охотников-собирателей тропических регионов Африки и Южной Америки, и с меньшей, но ощутимо высокой частотой он отмечен у арктических аборигенов (20-23%) [Козлов с соавт., 2013].

Уже на этих примерах становится очевидным генетическое своеобразие арктических популяций, отражающее адаптацию к употреблению жирной и высокопротеиновой пищи без патологического депонирования жировой ткани. Современные исследования только увеличивают число таких фактов. Например, генетическое исследование инуитов (эскимосов) Гренландии показало высокую корреляцию аллелей 5 генов (TMEM258, MYRF; а также FADS1, FADS2 и FADS3) со множеством метаболических и антропометрических фенотипов.

Выявлено их достоверное влияние на вес и рост местных жителей. Исследователи убедительно показали, что аллели этих генов увеличили свою частоту в популяции вследствие адаптации к специфической диете, богатой белком и жирными кислотами, особенно омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами [Fumagalli et al., 2015].

Обратим внимание еще на одну гипотезу, связанную с оценкой роли лептина в контроле обмена веществ. Этот пептид участвует в работе сигнальной системы, извещающей гипоталамус о чувстве сытости [Ruhli, Henneberg, 2002]. Было показано, что уровень лептина в организме коррелирует с индексом массы тела, и высказано предположение, что при увеличении жировой компоненты лептин увеличивает симпатический тонус и расход энергии. В связи с этим обсуждается гипотеза эволюционной природы механизма быстрого увеличения уровня лептина для скорейшего усвоения (увеличение скорости метаболизма) жиров и белков животного происхождения [Ruhli, Henneberg, 2002]. Показано, что лептин непосредственно связан и с уровнем половых гормонов, в частности он участвует в контроле менструального цикла у женщин; отмечается его участие в работе щитовидной железы [Ruhli et al., 2004]. Следовательно, накопление мутаций генов лептина и его рецепторов в популяции могут приводить к патологическому дисбалансу важных для жизнедеятельности гормонов, провоцируя, в частности, появление HFI. Одним из механизмов накопления мутаций в популяции является изоляция. Напомним, что в нашем исследовании довольно высокий процент показателя HFI был отмечен в группе финнов, причем в самом ее нетрадиционном варианте (признак был отмечен только в мужской выборке, в женской части его не оказалось). Финское население нередко используется генетиками как модель изолированной популяции, которая позволяет изучать многие «эффекты основателя», в том числе и генетические заболевания. Географическая изоляция из-за полярного положения страны, как и культурная изоляция вследствие религиозных и языковых особенностей спровоцировали «эффект бутылочного горлышка», значительно снизив генетическое разнообразие этого населения [Norio et al., 1973]. Сегодня медики выделяют 36 моноге-

нетических заболеваний (чаще всего аутосомно-рецессивного характера), которые с максимальной частотой фиксируются только у финнов, их так и называют «финские генетические заболевания» [Norio, 2003]. Мы не можем исключить, что полученные нами результаты связаны с накоплением в финской популяции каких-либо других мутаций, провоцирующих ранний метаболический синдром, и, возможное появление HFI у мужчин. Было показано, например, что некоторые генетические дефекты в регуляции уровня лептина положительно коррелируют с крайними формами ожирения. Исследователями получено достоверное увеличение частоты аллеля LEP A19G у финнов по сравнению с французами и итальянцами [Paracchini et al., 2005]. Для мужчин патологическое ожирение – это один из вариантов накопления эстрогена в жировой компоненте, и, следовательно, появления метаболического синдрома. Важно обратить внимание, что сложный патогенез ожирения включает не один, а ряд генетических факторов, как и факторов окружающей среды, и не может контролироваться только одним аллелем [Daub et al., 2013]. Тем не менее, это объяснение завышения показателя HFI в финской популяции мужчин должно быть в ряду других до получения нового массива данных.

Самым показательным сюжетом о дизадаптации в стрессовых условиях и завышении заболеваний общего нарушения обмена веществ выступают арктические популяции сегодняшнего дня. В научной литературе появляются заявления о том, что в условиях глобализации «генетические протекторные механизмы» арктических популяций не срабатывают. Негативным образом сказываются различные антропогенные факторы (сильное загрязнение среды, привнесение новых инфекций мигрантами, появление новых зоонозных патогенов вследствие миграции животных из-за потепления Арктики и пр.) [Waits et al., 2018]. Кроме того, у молодого поколения отмечается увеличение числа не типичных для их предков заболеваний, связанных с гормональным дисбалансом, нарушением общего обмена веществ и сердечно-сосудистыми дисфункциями [Малявская с соавт., 2021; Pedersen et al., 2010]. Завышение показателей различных заболеваний, это не столько результат современного медицинского скрининга,

сколько последствия изменения традиционного образа жизни коренных жителей Арктики, в частности, переход на «континентальную» диету с введением большой доли простых углеводов и сахаров. Исследователи отмечают, что суровые климатические факторы региона усугубляют течение метаболических и циркуляторных синдромов, приводя к ранней смертности населения [Малявская с соавт., 2021; Chateau-Degat et al., 2010; Pedersen et al., 2010; Kim et al., 2019].

## Заключение

Сравнительный анализ частоты встречаемости признака HFI в арктических группах по сравнению с другими географическими выборками показал относительно низкие значения, и даже отсутствие это признака в 6 исследованных группах из 13. Полученный результат не находит однозначного объяснения, и требует накопления новых данных. Из числа обследованных групп выделяются западно-арктические серии, которые демонстрируют относительно более высокие значения показателя HFI (не превышающие пределов, известных для других современных групп), и статистически достоверно отличаются от других арктических групп. В сериях ханты, манси и финнов отмечены три варианта степени выраженности признака лобного гиперостоза. Однако, если у хантов и манси признак отмечен и у мужчин, и у женщин, то в серии финнов – только у мужчин. Обнаруженные тенденции указывают, вероятно, на разные причины накопления показателя HFI в арктических группах. Не исключено, что у финнов завышение показателя связано с особенностями генетической структуры популяции вследствие факторов изоляции. При анализе HFI по типу В и С отмечается преобладание этих форм также в западной части Арктики, эти формы HFI отмечены во всех половозрастных группах и достоверно коррелируют с наличием у индивидуумов различных патогенов (в основном это хронические инфекции и показатели воспалительного процесса).

В возрастных когортах половозрелых индивидуумов частота HFI мало отличается, однако ранговые корреляции Спирмена подтверждают достоверную зависимость уровня HFI от возраста (признак характерен для людей старших

возрастов). Наиболее показательны в этом случае многочисленные выборки хантов и эскимосов. Полученный фактический результат занижения частоты HFI отчасти можно объяснить низкой продолжительностью жизни в исследованных группах, т.е. частичным отсутствием доли пожилого населения (где признак HFI должен отмечаться наиболее часто).

Анализ частоты встречаемости признака с учетом пола не подтвердил обсуждаемое в литературе превалирование этого признака у женщин, в арктических группах показатели практически одинаковые у мужчин и женщин. При анализе распределения признака с учетом возраста отмечено, что в группах *Adultus* и *Maturus* этот признак чаще встречается у мужчин, а в группе *Senilis* – у женщин. В этой связи важно отметить, что в целом уровень HFI в арктических группах формируется за счет двух тенденций: традиционного увеличения доли признака с возрастом, особенно в женских группах, и заметного увеличения частоты признака у мужчин (преимущественно возраста *Adultus-Maturus*). Не исключено, что у мужчин признак HFI следует рассматривать как индикатор наличия метаболических нарушений в молодом и зрелом возрасте вследствие системных патологий.

### Благодарности

Авторы приносят благодарность к.б.н. Зиганшину Р.Х. (ИБХ РАН) за помощь и руководство в проведении пробоподготовки к пептидомному анализу и интерпретации результатов эксперимента.

Работа выполнена на оборудовании НИИ и Музея антропологии по Программе развития МГУ. Работа выполнена в рамках НИР НИИ и Музея антропологии МГУ, ЦИТИС №121041500329-0.

### Библиография

- Агаджанян Н.А. Стресс и теория адаптации. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. 2005. 190 с.
- Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука. 1964. 128 с.
- Алексеева Т.И. Адаптивные процессы в популяциях человека. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1986. 302 с.
- Алексеева Т.И. Антропо-экологические исследования народов России и сопредельных стран // Историческая экология и историческая демография, 2003. С. 11-19.
- Алексеева Т.И., Ефимова С.Г., Эренбург Р.Б. Краниологические и остеологические коллекции Института и Музея антропологии МГУ. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1986. 224 с.
- Антропозология Северо-Восточной Азии: Чукотка, Камчатка, Командорские острова. Отв. ред. Т.И. Алексеева, А.П. Бужилова, М.Б. Медникова, М.В. Добровольская. М.: Таус, 2008. 368 с. ISBN 978-5-903011-44-5.
- Бец Л. Ханты. Этно-физиологический аспект // Известия Института антропологии МГУ М.: НИИ и Музей антропологии, 2018. № 4. С. 11-12.
- Бужилова А.П., Козловская М.В. Проблема полового диморфизма населения в связи с гормональными патологическими изменениями по материалам могильника Колбино // Археология Среднего Дона в скифскую эпоху: Труды Потуданской археологической экспедиции ИА РАН, 1993-2000 гг. 2001. С. 196–202.
- Зиганшин Р.Х., Березина Н.Я., Александров П.Л., Рябинин В.В., Бужилова А.П. Оптимизация метода идентификации пола человека пептидомным анализом эмали зубов различной биологической генерации, археологического возраста и тафономической сохранности // Биохимия, 2020. № 5. С. 718-728. DOI: 10.31857/S0320972520050103.
- Иванова Г.В. Сафронова Т.Н. Особенности питания коренного населения арктической зоны Российской Федерации // Российская Арктика, 2018. № 3. С. 60-70.
- Климов А.Н., Никульчева Н.Г. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения. СПб: Питер Ком., 1999. 512 с.
- Козлов А.И., Козлова М.А., Вершубская Г.Г., Шилов А.Б. Здоровье коренного населения Севера РФ: на грани веков и культур. Пермь: ОТ и ДО, 2013. 159 с. ISBN: 978-5-900414-26-3.
- Малаяевская С.И., Лебедев А.В., Кострова Г.Н., и др. Взаимосвязь патогенетических факторов метаболического и циркуляторного синдромов у молодежи Арктики // Экология человека, 2021. № 2. С. 47-56. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-2-47-56.
- Перерва Е.В., Моисеев В.И. Внутренний лобный гиперостоз на костных останках сарматов Нижнего Поволжья и Нижнего Дона (к вопросу о причинах проявления эндокринных нарушений у кочевников раннего железного века) // Вестник Волгоградского государственного университета, 2018. № 6. С. 18-43. DOI: 10.15688/jvolsu4.2018.6.2.
- Рейнберг С.А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. М.: Медицина. 1964. 532 с.

### Сведения об авторах

Бужилова Александра Петровна д.и.н., академик;  
ORCID ID: 0000-0001-6398-2177; albu\_pa@mail.ru;  
Колясникова Анна Сергеевна;  
ORCID ID: 0000-0003-2278-5948;  
kas181994@yandex.ru.

Поступила в редакцию 03.06.2021,  
принята к публикации 06.07.2021.



<sup>1)</sup>*Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology, Mokhovaya st., 11, Moscow, 125009, Russia;*

<sup>2)</sup>*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Anthropology, Leninskie Gory, 1(12), Moscow, 119234, Russia*

## HYPEROSTOSIS FRONTALIS INTERNA IN ARCTIC GROUPS ACCORDING TO CRANIOLOGY

**Introduction.** *Hyperostosis frontalis interna (HFI) is a pathological condition characterized by bilateral thickening of the inner surface of the frontal bone. The etiology of the condition is currently unknown, but HFI commonly appears with a number of metabolic disorders and hormonal dysfunctions.*

**Materials and methods.** *We have examined 942 skulls from the collections of the Anuchin Research Institute and Museum of Anthropology (13 craniological collections of the Arctic groups). We have analyzed the total frequency of HFI, used a comparative intergroup analysis, and evaluated the degree of HFI expression and the distribution of the trait according to sex and age. Univariate nonparametric statistics was applied.*

**Results.** *It was found that the rate of HFI in the Arctic groups is much lower than in other groups of modern Eurasian and American populations.*

*In the combined series, HFI was equally represented in both males and females. However, according to the age distribution, the male and female groups are different. HFI was more frequent in males in the Adultus and Maturus groups and in the Senilis group in females.*

**Discussion.** *The significantly lower frequency of HFI in the Arctic series relative to the other modern groups show us a low level of metabolic disorders in the Arctic population and a good adaptation to the type of nutrition and living in extreme conditions. The obtained data show the predominance of the trait in the groups of mature and elderly women, and the appearance of HFI of different severity in men regardless of the age category. Probably, in the Arctic samples in women, HFI identifies metabolic disorders due to normal hormonal changes in women aging. HFI should be considered as an indicator of the presence of metabolic disorders in young and mature age in Arctic men group.*

**Keywords:** human biology; craniology; adaptation; palaeopathology; metabolic diseases; indigenous peoples of the Arctic; Hyperostosis frontalis interna

## References

Agadzhanyan N.A. *Stress i teoriya adaptazii* [Stress and adaptation theory]. Orenburg, 2005. 190 p. (In Russ.).

Alekseev V.P. Debets G.F. *Kraniometriya. Metodika antropologicheskikh issledovaniy* [Craniometry. Anthropological research methodology]. Moscow, Nauka Publ. 1964. 128 p. (In Russ.).

Alexeeva T.I. *Adaptivnye processy v populyatsiyah cheloveka* [Adaptive Reactions in Human Populations]. Moscow, MSU Publ., 1986. 302 p. (In Russ.).

Alekseeva T.I. *Antropo-ekologicheskie issledovaniya narodov Rossii i soprodel'nykh stran* [Anthropo-ecological studies of Russian people and neighboring countries]. *Istoricheskaya ekologiya i istoricheskaya demografiya* [Historical ecology and historical demography], 2003. pp. 11-19. (In Russ.).

Alexeeva T.I., Yefimova S.G., Erenbourg R.B. *Kraniologicheskiye i osteologicheskiye kollektsii Instituta i Museya antropologii MGU* [Craniological and osteological

collections of the Institute and Museum of Anthropology, MSU]. Moscow, MSU Publ., 1986. 224 p. (In Russ.).

*Antropoekologiya Severo-Vostochnoy Azii: Chukotka, Kamchatka, Komandorskie ostrova* [Anthropoecology of Northeast Asia: Chukotka, Kamchatka, Commander Island]. Eds: T.I. Alekseeva, A.P. Buzhilova, M.B. Mednikova, M.V. Dobrovol'skaya. Moscow, Taus Publ., 2008. 368 p. ISBN 978-5-903011-44-5. (In Russ.).

Bets L. Chanty. *Etno-fiziologicheskiy aspekt*. [Khanty: Ethnophysiological aspect]. *Izvestiya Instituta antropologii MGU* [Journal of Institute of anthropology MSU]. Moscow, Institute and Museum of Anthropology, MSU Publ., 2018, 4, pp. 11-12 p. (In Russ.).

Buzhilova A.P., Kozlovskaya M.V. *Problema polovogo dimorfizma naseleniya v svyazi s gormonal'nymi patologicheskimi izmeneniyami po materialam mogil'nika Kolbino* [Problems of sexual dimorphism of population in relation with pathological hormonal changes based on materials from cemetery Kolbino]. *Archeologiya Srednego Dona v skifskuyu epochu: Trudy Potudanskoy archeologicheskoy*

- ekspeditsii IA RAN, 1993-2000. [Middle Don archaeology in Scythian epoch: Transactions of Potudan' archaeological expedition of IA RAS, 1993-2000], 2001. Moscow, IA RAS. pp. 196-202. (In Russ.).
- Ziganshin R.Ch., Berezina N.Ya., Aleksandrov P.L., Ryabinin V.V., Buzhilova A.P. Optimizatsiya metoda identifikatsii pola cheloveka peptidomnym analizom emali zubov razlichnoy biologicheskoy generatsii, archeologicheskogo vozrasta i tafonomicheskoy sochrannosti [Optimization of Method for Human Sex Determination Using Peptidome Analysis of Teeth Enamel from Teeth of Different Biological Generation, Archeological Age, and Degrees of Taphonomic Preservation]. *Biochimika* [Biochemistry], 2020. 5. pp. 718-728. DOI: 10.31857/S0320972520050103. (In Russ.).
- Ivanova G. V., Safronova T.N. Osobennosti pitaniya korennoy naseleniya arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii [Nutritional peculiarities of the arctic indigenous population]. *Rossiyskaya Arktika* [Russian Arctic], 2018, 3. pp. 60-69. (In Russ.).
- Klimov A.N., Nikul'cheva N.G. *Obmen lipidov i lipoproteidov i ego narusheniya* [Lipid and lipoprotein metabolism and disorders]. St. Petersburg, Piter Kom. Publ., 1999. 512 p. (In Russ.).
- Kozlov A.I., Kozlova M.A., Vershubskaya G.G., Shilov A.B. *Zdorov'e korennoy naseleniya Severa RF: na grani vekov i kul'tur* [Health of the Russian North: On the Edge of Ages and Cultures]. Perm': OT i DO, 2013. 159 p. ISBN: 978-5-900414-26-3. (In Russ.).
- Malyavskaya S.I., Lebedev A.V., Kostrova G.N., et al. Vzaimosvyaz' patogeneticheskikh faktorov metabolicheskogo i zirkulyatornogo sindromov u molodezhi Arktiki [Correlation of pathogenetic factors of metabolic and circulatory syndromes in Arctic youth]. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology], 2021, 2, pp. 47-56. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-2-47-56. (In Russ.).
- Pererva E.V., Moiseev V.I. Vnutrennyy lobnyy giperostoz na kostnykh ostankakh sarmatov Nizhnego Povolzh'ya i Nizhnego Dona (k voprosu o prichinakh proyavleniya endokinnnykh narusheniy u kochevnikov rannego zheleznogo veka) [Hyperostosis Frontalis Interna on the Skeletal Remains of the Sarmatians of the Lower Volga and the Lower Don (to the Question of Causes of the Endocrine Disorders in the Early Iron Age)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta* [Science Journal of Volgograd State University], 2018, 6, pp. 18-43. DOI: 10.15688/jvolsu4.2018.6.2. (In Russ.).
- Reynberg S.A. *Rentgenodiagnostika zabolevaniy kostey i sustavov* [X-ray diagnostics of bones and joints disorders]. Moscow, Meditsina publ., 1964. 532 p. (In Russ.).
- Antón S.C. Endocranial hyperostosis in Sangiran 2, Gibraltar 1, and Shanidar 5. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1997, 102, pp. 111-122.
- Barber G, Watt I, Rogers G. A comparison of radiological and paleopathological diagnostic criteria for hyperostosis frontalis interna. *Int. J. Osteoarchaeol.*, 1997, 7, pp. 157-164.
- Belcastro M.G., Facchini F., Rastelli E. Hyperostosis Frontalis Interna and sex identification of two skeletons from the Early Middle Ages necropolis of Vicenne-Campochiaro (Molise, Italy). *Int. J. Osteoarchaeol.*, 2006, 16, pp. 506-516. <https://doi.org/10.1002/oa.851>.
- Caldwell E.F., Mayor L.R., Thomas M.G., Danpure C.J. Diet and the frequency of the alanine: glyoxylate aminotransferase Pro11Leu polymorphism in different human populations. *Hum. Genet.*, 2004, 115, pp.504-509.
- Cassidy A, Faughnan M. Phyto-oestrogens through the life cycle. *Proc Nutr Soc.*, 2000, 59, pp 489-496.
- Chateau-Degat M.L., Dewailly E., Noël M., Valera B., Ferland A., et al. Hypertension among the Inuit from Nunavik: should we expect an increase because of obesity? *Int J Circumpolar Health*, 2010, 69 (4), pp.361-372.
- Daub J.T., Hofer T., Cutivet E., Dupanloup I., Quintana-Murci L., et al. Evidence for Polygenic Adaptation to Pathogens in the Human Genome. *Molecular Biology and Evolution*, 2013, 30 (7), pp. 1544-1558. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst080>.
- Devriendt W., Piercecchi-Marti M.D., Adalian P., Sanvoisin A., Dutour O., et al. Hyperostosis frontalis interna: Forensic issues. *J. Forensic. Sci.*, 2005, 50 (1), pp. 143-146.
- Fumagalli M., Moltke I., Grarup N., Racimo F., Bjerregaard P., et al. Greenlandic Inuit show genetic signatures of diet and climate adaptation. *Science*, 2015, 349, pp. 1343-1347.
- Gershon-Cohen J., Schraer H., Blumberg N. Hyperostosis frontalis interna among the aged. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, 1955, 73 (3), pp.396-397.
- Glab H., Szostek K., Kaczanowski K. Hyperostosis frontalis interna, a genetic disease? Two medieval cases from Southern Poland. *Homo*, 2006, 57 (1), pp. 19-27. DOI: 10.1016/j.jchb.2005.08.001.
- Goodman A.H., Martin D.L., Armelagos G.J., Clarke G.A. Indications of stress from bones and teeth. *Paleopathology at the origins of agriculture*, New York: Academic Press, 1984, pp. 13-49.
- Hajdu T., Fóthi E., Bernert Z., Molnár E., Lovász, et al. Appearance of hyperostosis frontalis interna in some osteoarchaeological series from Hungary. *Homo*, 2009, 60 (3), pp.185-205.
- Hershkovitz I., Greenwald C., Rothschild B.M., Lattimer B., Dutour O., et al. Hyperostosis frontalis interna: an anthropological perspective. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1999, 109, pp. 303-325.
- Jaffe H.L. Metabolic, degenerative, and inflammatory diseases of bone and joints. Philadelphia, Lea & Febiger, 1972. 1101 p.
- Key F.M., Abdul-Aziz M.A., Mundry R., Peter B.M., Sekar A., et al. Human local adaptation of the TRPM8 cold receptor along a latitudinal cline. *PLoS Genet.*, 2018, 14, e1007298. DOI: 10.1101/251033.
- Kim L.B., Putyatina A.N., Russkikh G.S. et al. Melatonin and the Aging Process in Men in the European Part of the Arctic Zone of Russia. *Adv Gerontol*, 2019, 9, pp. 67-74. DOI:10.1134/S2079057019010090.
- Kozlov A., Borinskaya S., Vershubsky G., Vasilyev E., Popov V., et al. Genes related to the metabolism of nutrients in the Kola Sami population. *International Journal of Circumpolar Health*, 2008, 67 (1), pp.58-68. DOI: 10.3402/ijch.v67i1.18235.
- Lazer E. Revealing secrets of a lost city: an archaeologist examines skeletal remains from the ruins of Pompeii. *Med J Aust.*, 1996, 165, pp.620-623.
- May H., Peled N., Dar G., Abbas J., Hershkovitz I. Hyperostosis frontalis interna: what does it tell us about our health? *Am. J. Hum. Biol.*, 2011, 23, pp. 392-397.
- Moore S. *Hyperostosis Cranii*. Illinois, CC. Thomas, Springfield, 1955. 226 p.
- Morel F. *L'Hyperostose Frontale Interne*. Geneva, Chapalay and Mottier, 1929.
- Mulhern D.M., Wilczak C.A., Dudar J.C. Brief communication: unusual finding at Pueblo Bonito: multiple cases of hyperostosis frontalis interna. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2006, 130, pp. 480-484.

Nikolic S., Djonic D., Zivkovic V., et al. Rate of occurrence, gross appearance, and age relation of hyperostosis frontalis interna. *Am J Forensic Med Pathol.*, 2010, 31, pp. 205–207.

Norio R. Finnish Disease Heritage II: population pre-history and genetic roots of Finns. *Hum Genet.*, 2003, 112(5-6), pp 457-69. DOI: 10.1007/s00439-002-0876-2.

Norio R., Nevanlinna H.R., Perheentupa J. Hereditary diseases in Finland; rare flora in rare soul. *Ann Clin Res.*, 1973, 5(3), pp 109-41. PMID: 4584134.

Paracchini V., Pedotti P., Taioli E. Genetics of Leptin and Obesity: A HuGE Review. *American Journal of Epidemiology*, 2005, 162 (2), pp. 101–114. DOI:10.1093/aje/kwi174.

Pedersen M.L., Lindskov J.J., Jørgensen M.E. Prevalence of gestational diabetes mellitus among women born in Greenland: measuring the effectiveness of the current screening procedure. *Int. J. Circumpolar. Health*, 2010, 69 (4), pp. 352-360.

Raikos A., Paraskevas G.K., Yusuf F., Kordali P., Meditskou S., et al. Etiopathogenesis of hyperostosis frontalis interna: a mystery still. *Ann. Anat.*, 2011, 193, pp. 453–458.

Rintamaki H. Human responses to cold. *Alaska Med.*, 2007, 49 (2), pp.29–31.

Ruhli F.J., Boni T., Henneberg M. Hyperostosis frontalis interna: archaeological evidence of possible microevolution of human sex steroids? *Homo J. Comp. Hum. Biol.*, 2004, 55, pp. 91–99.

Ruhli F.J., Henneberg M. Are hyperostosis frontalis interna and leptin linked? A hypothetical approach about hormonal influence on human microevolution. *Med. Hypotheses*, 2002, 58, pp. 378–381.

She R., Szakacs J. Hyperostosis frontalis interna: case report and review of literature. *Ann. Clin. Lab. Sci.*, 2004, 34, pp. 206–208.

Steckel R.H., Sciulli P.W., Rose J.C. A health index from skeletal remains. *The Backbone of History: Health and Nutrition in the Western Hemisphere*. Cambridge University Press, 2002, pp. 61–93.

Stewart R.M. Localised cranial hyperostosis in the insane. *J. Neurol. Psychopathol.*, 1928, 8, pp. 321–331.

Szeniczey T., Marcsik A., Ács Z., Balassa T., Bernert Z., et al. Hyperostosis frontalis interna in ancient populations from the Carpathian Basin - A possible relationship between life-style and risk of development. *Int. J. Paleopathol.*, 2019, 24, pp. 108–118. DOI: 10.1016/j.ijpp.2018.10.003.

Talarico E.F., Prather A.D., Hardt K.D. A case of extensive hyperostosis frontalis interna in an 87-year-old female human cadaver. *Clin. Anat.*, 2008, 21, pp. 259–268.

Waits A., Emelyanova A., Oksanen A., Khaled A., Arja R., Human infectious diseases and the changing climate in the Arctic. *Environment International*, 2018, 121 (1), pp. 703–713.

Western A.G., Bekvalac J.J. Hyperostosis frontalis interna in female historic skeletal populations: Age, sex hormones and the impact of industrialization. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2017, 162 (3), pp. 501–515.

Yaxiong Li, Xin Wang, Yan Li. Hyperostosis Frontalis Interna in a Child With Severe Traumatic Brain Injury. *Child neuro open*, 2017, 4. DOI: 10.1177/2329048X17700556.

#### Information about Authors

Buzhilova Alexandra P., DSci, Academician;  
ORCID ID: 0000-0001-6398-2177; albu\_pa@mail.ru;  
Kolyasnikova A.S.; ORCID ID: 0000-0003-2278-5948;  
kas181994@yandex.ru.