

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

DOI 10.25789/YMJ.2025.90.30

УДК 575.17, 613.2.038, 612.395.1

Е.П. Аммосова, Т.М. Климова, Р.Н. Захарова, Т.М. Сивцева,
Е.В. Кондакова, М.В. Иванченко, М.М. Николаева,
С.Г. Терентьева, С.И. Семенов

ВЛИЯНИЕ РАЦИОНА И СТЕРЕОТИПОВ ПИТАНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ КОРЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Исследование посвящено оценке влияния питания на ускорение или замедление биологического возраста у коренного населения Якутии. В исследовании приняло участие 84 чел. в возрасте от 18 до 89 лет, проживающих в центральном регионе Якутии. Средний возраст респондентов составил 58,0 (21,1) лет. Анкета по стереотипам питания и частоте потребления отдельных продуктов содержала 30 вопросов. С помощью кластерного анализа методом К-средних были выделены две группы по типу питания и оценена их связь с возрастной акселерацией, рассчитанной по 3 моделям биологических часов: Horvath DNAm, Hannum DNAm, GrimAge. При бинарной логистической регрессии показано, что шансы к замедлению биологических возрастов увеличивались при наличии умеренного типа питания для Hannum DNAm в 6,3 раза, Horvath DNAm в 21 раз и GrimAge в 15,8 раза. Установлено, что частое переедание негативно отражалось на биологическом возрасте респондентов. Частота употребления молочных, жареных, консервированных, солёных продуктов, переработанного мяса статистически значимо влияла на биологический возраст. Ускорение эпигенетического возраста наблюдалось у респондентов с погрешностями в питании в виде переедания и частого употребления легкоусвояемых, высококалорийных, консервированных продуктов.

Ключевые слова: эпигенетический возраст, Horvath DNAm, Hannum DNAm, GrimAge, возрастная акселерация, Якутия, коренное население, старение, питание.

The study is devoted to assessing the impact of nutrition on accelerating or slowing down biological age in the indigenous population of Yakutia. The study involved 84 participants aged 18 to 89 years living in the central region of Yakutia. The average age of respondents was 58.0 (21.1) years. To analyze the food composition, the frequency questionnaire containing 30 questions were used. Using K-means method of the cluster analysis, two types of the nutrition were identified among the respondents. We assessed the age acceleration, calculating using three biological clock models: Horvath DNAm, Hannum DNAm, GrimAge in these groups of participants. Binary logistic regression showed that the odds of slowing biological ages increased with a moderate diet for Hannum DNAm by 6.3 times, Horvath DNAm by 21 times, and GrimAge by 15.8 times. The frequent overeating had a negative impact on the biological age of respondents. The frequency of consumption of dairy, fried, canned, salted products, and processed meat statistically significantly affected biological age. Acceleration of epigenetic age was observed in respondents with nutritional errors in the form of overeating and frequent consumption of easily digestible, high-calorie, canned foods.

Keywords: epigenetic age, Horvath DNAm, Hannum DNAm, GrimAge, age acceleration, Yakutia, indigenous population, aging, nutrition.

Для цитирования: Аммосова Е.П., Климова Т.М., Захарова Р.Н., Сивцева Т.М., Кондакова Е.В., Иванченко М.В., Николаева М.М., Терентьева С.Г., Семенов С.И. Влияние рациона и стереотипов питания на биологический возраст коренного населения Республики Саха (Якутия). Якутский медицинский журнал. 2025; 90(2): 142-146. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.90.30>

АММОСОВА Елена Петровна – к.м.н., в.н.с. НИЦ Медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова, 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58, ammosovael@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7973-6103; **КЛИМОВА Татьяна Михайловна** – к.м.н., доцент Медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова, с.н.с. ЯНЦ КМП, 677018, г. Якутск, ул. Ярославского, 6/3, biomedtykt@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2746-0608; **ЗАХАРОВА Раиса Николаевна** – к.м.н., в.н.с.-руковод. НИЦ Медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова, prn.inst@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1395-8256, **СИВЦЕВА Татьяна Михайловна** – к.б.н., в.н.с. НИЦ Медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова, tm.sivtseva@s-vfu.ru, ORCID: 0000-0002-1501-7433; **КОНДАКОВА Елена Владимировна** – к.б.н., с.н.с. НИИ нейронаук, с.н.с. Института информационных технологий, математики и механики, н.с. НИИ биологии старения ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, elen_kondakova@list.ru, ORCID: 0000-0002-6123-8181; **ИВАНЧЕНКО Михаил Васильевич** – д.ф.-м.н., доцент, зам. директора НИИ биологии старения, зав. кафедрой, гл.н.с. Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, ivanchenko@unn.ru, ORCID: 0000-0002-1903-7423; **НИЦ Медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова:** **НИКОЛАЕВА Мария Михайловна** – м.н.с., mariaokhotina@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3757-0918; **ТЕРЕНТЬЕВА Саина Григорьевна** – м.н.с., terentevassg@s-vfu.ru, ORCID 0009-0007-6075-1155; **СЕМЕНОВ Сергей Иннокентьевич** – д.м.н., в.н.с., insemenov@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8099-2270.

Введение. В исследованиях среди населения Республики Саха (Якутия) было показано, что коренное население характеризуется эволюционно сложившимся полярным (северным) типом метаболизма и белково-жировым типом питания, которое является более физиологичным в условиях резко континентального субарктического климата региона [2, 5, 18]. Глобальное изменение традиционного уклада жизни и коренное изменение типа питания в виде переключения с белково-липидного на углеводно-липидный, происходящие в последнее столетие, меняют профиль патологии и способствуют росту числа хронических неинфекционных заболеваний среди коренных национальностей Севера [1, 3, 5, 6].

Достижения в области эпигенетических исследований и биоинформатических технологий привели к созданию так называемых «часов старения» — цифровых моделей, позволяющих количественно оценивать процессы старения, уровень здоровья и адаптационный резерв организма [4, 11, 14]. В настоящем исследовании использованы наиболее известные и изученные биологические часы: Hannum DNAm [11], Horvath DNAm [12, 13], GrimAge [19], оценивающие биологический возраст по уровню метилирования CpG участков генома. Ранее впервые при сравнении якутской популяции с жителями центральной России были выявлены различия в уровне метилирования во многих областях генома,

также представители якутской популяции демонстрировали статистически значимое ускорение эпигенетического возраста относительно центральной России по всем основным типам эпигенетических часов Horvath DNAm age, Hannum DNAm age, DNAm PhenoAge, GrimAge и их усовершенствованным моделям [15].

В исследованиях на модельных организмах показано, что ограничение калорий в питании способствует предотвращению возрастных изменений метилома [8], ремоделирует профили ДНК генов, ассоциированных с сахарным диабетом, воспалением и сердечно-сосудистыми заболеваниями [16], значительно улучшало выживаемость [9]. Интервенционные исследования на людях подтвердили положительное влияние низкокалорийного питания, богатого полифенолами (овощи, фрукты, бобовые, орехи), а также ограничения потребления красного мяса, сахаров и алкоголя на метилирование ДНК [8-10, 20, 21].

Таким образом, изучение связи общего качества и стереотипов питания с эпигенетическими маркерами старения может расширить знания о молекулярно-генетических механизмах влияния диеты на качество и продолжительность жизни людей.

Целью исследования была оценка влияния питания на ускорение или замедление биологического возраста у коренного населения Якутии.

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2022 г. среди неорганизованного коренного населения Таттинского и Чурапчинского улусов и в г. Якутске Республики Саха (Якутия). В исследование включены данные 84 респондентов, из них мужчин 41 (48,8 %) чел., женщин — 43 (51,2%). Средний возраст составил $58,0 \pm 21,1$ года (от 18 до 89 лет). Участие в исследовании было добровольным. Все участники были представителями коренного населения Якутии (якуты). Исследование было одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике Медицинского института СВФУ (протокол №34 от 30 марта 2022 г.). Критериями исключения были острые и хронические заболевания в стадии обострения, беременность.

В рамках анкетирования анализировались социо-демографические параметры, образ жизни респондентов, включая уровень физической активности. Также были измерены и оценены антропометрические параметры, артериальное давление и частота сердечных сокращений. Для анализа состава

рациона и частоты употребления отдельных продуктов использованы данные частотного метода оценки питания по анкете, содержащей 30 вопросов. Частота употребления продуктов оценивалась по 4 градациям: ежедневно, 1-2 раза в неделю, редко, не употребляю.

Анализ метилирования ДНК осуществлялся с применением высоко-технологичной платформы Illumina Infinium MethylationEPIC BeadChip [15]. Данные метилирования были оценены с помощью онлайн-калькулятора Хорвата (Horvath) (<https://dnamage.clockfoundation.org/>) [12]. Метод Hannum DNAm основан на анализе уровня метилирования определенных CpG-участков, связанных с возрастными изменениями [11]. Метод Horvath DNAm представляет собой мультитканевый предиктор возраста, основанный на 353 CpG-участках, который позволяет оценить возраст метилирования ДНК большинства тканей и типов клеток [12, 13]. GrimAge был разработан на основе 7 наборов CpG, 8 плазменных белков и пачко-лет курения [19].

Статистический анализ данных был проведен в пакете IBM SPSS STATISTICS 22 и StatTech v. 4.8.0 (разработчик - ООО «Статтех», Россия). Проверка распределения количественных показателей на соответствие нормальному закону проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка, Колмогорова-Смирнова. Сравнение групп по количественному показателю выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента, U-критерия Манна-Уитни, t-критерия Уэлча. Сравнение процентных долей выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона, точного критерия Фишера. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Также использован метод кластеризации K-средних. Для разработки прогностической модели использовался метод логистической регрессии.

Результаты и обсуждение. Возрастную акселерацию Hannum Acc, Horvath Acc, GrimAge Acc оценивали путем вычитания хронологического возраста от каждого эпигенетического возраста. Характеристика выборки представлена в таблице. Учитывая

Социально-демографическая характеристика респондентов, частота некоторых факторов риска и показатели возрастной акселерации

Параметр	Группа	n	Значение
Возраст (лет)*	Оба пола	84	58,0 (21,1)
Пол#	Женский	43	51,2 (95% ДИ 40,0 – 62,3)
	Мужской	41	48,8 (95% ДИ 37,7 – 60,0)
Семейное положение#	Семейный	51	60,7(95% ДИ 49,5 – 71,2)
	Не семейный	33	39,3(95% ДИ 28,8 – 50,5)
Образование#	Высшее	37	44,0 (95% ДИ 33,2 – 55,3)
	Не высшее	47	56,0 (95% ДИ 44,7 – 66,8)
Индекс массы тела, кг/м ² *	Оба пола	84	24,8 (21,8 – 28,3)
Вес (кг)**	Оба пола	84	66,3 (14,4)
САД (мм рт.ст.) **	Оба пола	84	132,1 (17,2)
ДАД (мм рт.ст.) *	Оба пола	84	82,0 (75,7 – 90,0)
Ожирение#	Ожирение	16	19,0 (95 % ДИ 11,3 – 29,1)
	Норма	68	81,0 (95 % ДИ 70,9 – 88,7)
Абдоминальное ожирение#	Наличие	16	19,0 (95% ДИ 11,3-29,1)
	Отсутствие	50	59,5 (95% ДИ 48,3 – 70,1)
Адаптационный потенциал#	Удовлетворительный	5	23,8 (95% ДИ 8,2 – 47,2)
	Напряжение	10	47,6 (95% ДИ 25,7 – 70,2)
	Неудовлетворительный	1	4,8 (95% ДИ 0,1 – 23,8)
	Срыв адаптации	5	23,8 (95% ДИ 8,2 – 47,2)
Гиподинамия#	Гиподинамия	11	52,4 (95% ДИ 29,8 – 74,3)
	Нет	10	47,6 (95% ДИ 25,7-70,2)
Hannum Acc**	Оба пола	84	-10,25 (7,06)
Horvath Acc**	Оба пола	84	4,29 (7,21)
GrimAge Acc**	Оба пола	84	-10,59 (5,73)

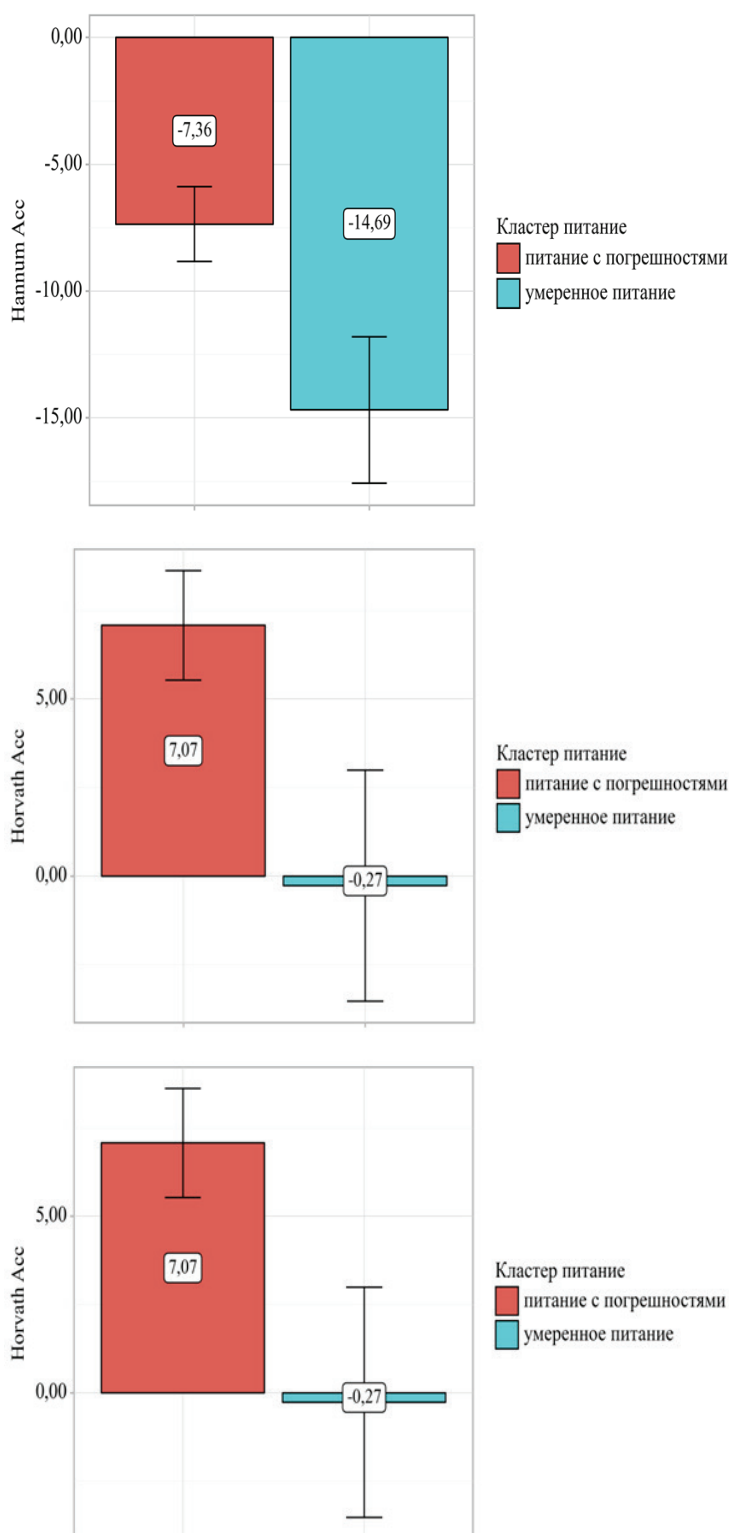
Примечание. Данные представлены: * - в виде медианы и интерквартильного размаха в формате Me (Q1 - Q3); ** - в виде среднего и стандартного отклонения M (SD); # - в виде доли и 95% доверительного интервала (ДИ).

малый размер выборки и невыраженное ускорение биологических возрастов, ориентировались на медианное значение возрастной акселерации для каждого эпигенетического часа. При возрастной акселерации выше медианного значения соответствующих часов считалось, что имеется тенденция к ускорению возраста, при значениях меньше медианного - тенденция в сторону замедления. Применение медианы в подобных анализах, позволяет минимизировать влияние выбросов и повысить точность интерпретации.

С использованием кластеризации методом К-средних были выделены две группы по особенностям питания: в 1-й группе - 51 респондент с погрешностями в питании (переедание, частое потребление жареных, соленых, консервированных, переработанных продуктов), во 2-й группе - 26 респондентов с умеренным типом питания. Второй тип питания можно охарактеризовать как консервативный. Такой подход к кластеризации согласуется с современными исследованиями, в которых анализ диетических паттернов позволяет более точно определить их влияние на биологическое старение.

Методом бинарной логистической регрессии были разработаны прогностические модели для определения вероятности ускорения или замедления биологических часов Hannum DNAm, Horvath DNAm, GrimAge в зависимости от кластера питания. Полученные регрессионные модели были статистически значимыми ($p < 0,001$). Число наблюдений составило 77. В модели для Hannum DNAm R^2 Найджелкерка составил 20,6 %, шансы к замедлению биологического возраста увеличивались при наличии умеренного питания в 6,3 раза. Для Horvath DNAm R^2 Найджелкерка составил 37,8 %, шансы к замедлению биологического возраста увеличивались при наличии умеренного питания в 21 раз. Для GrimAge R^2 Найджелкерка составил 33,0 %, шансы тенденции к замедлению увеличивались при наличии умеренного питания в 15,8 раза.

Современные мировые исследования продолжают подчеркивать важность умеренного питания для замедления старения. Так, в многочисленных исследованиях показали, что сбалансированная диета, богатая антиоксидантами, витаминами и минералами, может замедлять возрастные изменения на молекулярном уровне, в том числе через эпигенетические механизмы [7, 9, 10, 20, 21]. В нашем исследовании мы также наблюдаем,



* $p < 0,001$

Рис. 1. Биологические часы и кластер питания: * – t-критерий Уэлча, ** – t-критерий Стьюдента.

что умеренное питание связано с замедлением биологического возраста по всем трем моделям эпигенетических часов. Так, на рис. 1 видно, что респонденты с умеренным типом питания имеют тенденцию к замедлению биологического возраста, тогда как ре-

спонденты с погрешностями в питании имели тенденцию к ускорению.

При анализе связи частоты употребления отдельных продуктов питания и биологического возраста выявлена статистически значимая ($p < 0,001$) тенденция к ускорению всех изучаемых

эпигенетических возрастов при частом употреблении жареных, соленых, консервированных продуктов, переработанного мяса. Современные исследования также не оставляют сомнений в том, что частое потребление переработанных продуктов, жареной пищи и продуктов с высоким содержанием соли приводит к ускорению биологического старения. Выявленное в данном исследовании ускорение всех исследуемых эпигенетических возрастов у лиц, часто потребляющих жареные и переработанные продукты, согласуется с мнением о том, что рационы, содержащие большое количество трансжиров и консервантов, увеличивают воспаление и ускоряют старение.

Статистически значимая тенденция к ускорению по биологическим часам Hannum DNAm также наблюдалась при частом употреблении легкоусвояемых продуктов, таких как пирожное, печенье, конфеты ($p < 0,029$), и по GrimAge при частом употреблении соленых и маринованных продуктов ($p < 0,04$).

Интересно, что по результатам исследования частое употребление молочной продукции ассоциировалось с замедлением биологического возраста по Horvath DNAm ($p < 0,005$), Hannum DNAm ($p < 0,011$), GrimAge ($p < 0,029$). Сведения о связи между потреблением молочных продуктов и замедлением старения в существующей литературе несколько противоречивы. Но среди них имеются данные исследований, которые подтверждают, что молочные продукты могут оказывать положительное влияние на биологический возраст, благодаря содержанию кальция, витаминов D и B12, а также пробиотиков, которые поддерживают здоровье кишечника и метаболические процессы. Так, например, в исследовании, проведенном в США, было обнаружено, что умеренное потребление молочных продуктов связано с улучшением метаболического здоровья и уменьшением признаков старения на клеточном уровне [17].

В исследовании не установлено статистически значимых связей биологической акселерации с частотой употребления рыбы, овощей и фруктов. Это, скорее всего, связано с тем, что данные продукты не так часто употребляют все обследованные.

При отдельном анализе ответов на вопрос «Считаете ли вы, что переедаете?» выявлено, что у респондентов, которые имели склонность к перееданию, имелась тенденция к ускорению возраста по Hannum DNAm - 84,6% против 46,7% у лиц, не переедающих.

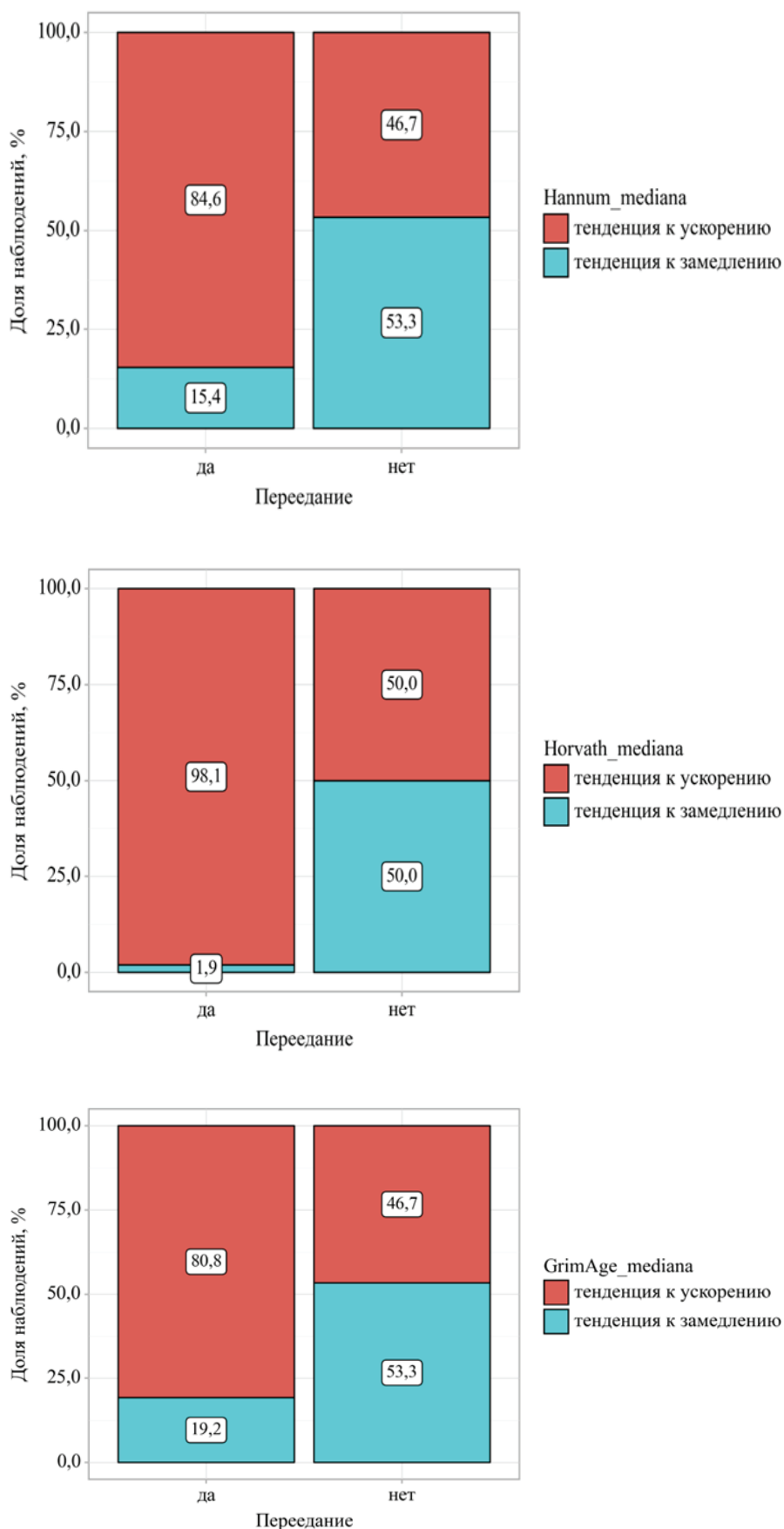


Рис. 2. Возрастная акселерация в зависимости от ответа на вопрос: «Считаете ли вы что переедаете?» (используемый метод t–F–критерий Фишера)

щих, по Horvath DNAm - у 98,1% против 50%, по GrimAge - у 80,8% против 46,7% соответственно (рис. 2). Данный результат согласуется с современными исследованиями, указывающими на негативное влияние избыточного потребления пищи на процессы эпигенетического старения [7, 9, 10, 20, 21].

Заключение. Таким образом, в исследовании впервые проанализировано влияние питания на возрастную акселерацию у коренного населения Якутии. Несмотря на небольшой размер исследуемой выборки, нами установлено отрицательное влияние переизбытка, частого употребления жареных, консервированных продуктов, переработанного мяса, легкоусвояемых продуктов на эпигенетический возраст исследуемых. Разработана модель для определения вероятности ускорения или замедления эпигенетических часов в зависимости от типа питания. Респонденты, придерживающиеся умеренного типа питания, имели шансы к замедлению биологического возраста для Hannum DNAm в 6,3 раза, Horvath DNAm в 21 раз и GrimAge в 15,8 раза.

Последние исследования все более акцентируют внимание на важности индивидуализации диеты для замедления старения. Работы в области нутригеномики подтверждают, что для оптимизации здоровья и замедления старения следует учитывать не только диету, но и генетические, эпигенетические и экологические факторы. Наше исследование поддерживает этот тренд, показывая, что умеренное питание оказывает благоприятное влияние на замедление биологического возраста, что в будущем может стать основой для разработки персонализированных программ питания для предотвращения старения и увеличения продолжительности жизни.

Дальнейшие исследования с расширением выборки и более углубленным изучением питания с добавлением дополнительных клинических параметров поможет выявить новые факторы, способствующие ускоренному старению.

Исследование проведено в рамках базовой части государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект FSRG-2023-0003).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Балтахинова М.Е., Климова Т.М., Захарова Р.Н., Аммосова Е.П. Территориальные различия в заболеваемости сахарным диабетом 2 типа в Республике Саха (Якутия). Сибирское Медицинское Обозрение. 2019, 6 (120), С 80-87.
2. Baltakhinova M.E., Klimova T.M., Zakharova R.N., Ammosova E.P. Territorial differences in the incidence of type 2 diabetes mellitus in the Republic of Sakha (Yakutia). Siberian Medical Review. 2019, 6 (120). P. 80-87.
3. Бойко Е.Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. С. 192.
4. Boyko E.R. Physiological and biochemical bases of human life in the North. Ekaterinburg. Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2005. P.192.
5. Влияние питания на липидный обмен населения арктического района Якутии / Л.Д. Олесова, З.Н. Кривошапкина, Е.И. Семенова [и др.] // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № S3. С. 144.
6. Olesova L.D., Krivoshapkina Z.N., Semenova E.I. et al. The influence of nutrition on lipid metabolism of the population of the Arctic region of Yakutia. Nutrition issues. 2015. Vol. 84. No. S3. P. 144.
7. Донцов В.И., Крутько В.Н. Биологический возраст как метод системной оценки онтогенетических изменений состояния организма // Онтогенез. 2015. Т. 46, № 5. С. 295. DOI 10.7868/S0475145015050031.
8. Dontsov V. I., Krutko V. N. // Biological age as a method of systemic assessment of ontogenetic changes in the state of the organism. Ontogenesis. 2015. Vol. 46, No. 5. P. 295. -DOI 10.7868/S0475145015050031.
9. Климова Т.М., Федорова В.И., Балтахинова М.Е., Кривошапкин В.Г. Липидный профиль и дислипидотеинемии у коренного сельского населения Якутии // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). 2012. Т. 27, № 3. С. 142-146.
10. Klimova T. M., Fedorova V. I., Baltakhinova M. E., Krivoshapkin V. G. Lipid profile and dyslipoproteinemia in the indigenous rural population of Yakutia // Siberian Medical Journal (Tomsk). 2012. T. 27, No. 3. P. 142-146.
11. Питание коренного сельского населения Севера / И.И. Хамнагадаев, Л.С. Поликарпов, М.И. Ганкин [и др.]// Терапевтический архив. 2003. Т. 75, № 1. С. 34-37.
12. Nutrition of the indigenous rural population of the North / Khamnagadayev I.I., Polikarpov L.S., Gankin M.I., et al. Therapeutic archive. 2003. Vol. 75. No. 1. P. 34-37.
13. Capurso C, Bellanti F, Lo Buglio A et al. The Mediterranean Diet Slows Down the Progression of Aging and Helps to Prevent the Onset of Frailty: A Narrative Review. Nutrients. 2020;12:35.
14. Colman R.J., Anderson R.M., Johnson S.C. et al. Caloric restriction delays disease onset and mortality in rhesus monkeys Science, 325 (2009), pp. 201-204.
15. Gensous N, Garagnani P, Santoro A et al. One-year Mediterranean diet promotes epigenetic rejuvenation with country- and sex-specific effects: a pilot study from the NU-AGE project. Geroscience. 2020;42: 687-701.
16. Gensous N, Franceschi C, Santoro A et al. The Impact of Caloric Restriction on the Epigenetic Signatures of Aging. Int J Mol Sci 2019 Apr 24;20(8):2022.
17. Hannum G, Guinney J, Zhao L [et al]. Genome-wide methylation profiles reveal quantitative views of human aging rates. Mol Cell. 2013. Vol. 49(2). P. 359-67.
18. Horvath S. DNA methylation age of human tissues and cell types. Genome Biol. 2013. Vol. 14(10): P.115.
19. Horvath S, Pirazzini C, Bacalini MG, et al. Decreased epigenetic age of PBMCs from Italian semi-supercentenarians and their offspring. Aging (Albany NY). 2015. Vol. 7. P. 1159-70.
20. Jaul E, Barron J. Age-related diseases and clinical and public health implications for the 85 years old and over population. Front Public Health. 2017; 5: 335.
21. Kalyakulina A., Yusipov I., Kondakova E, et al. Epigenetics of the far northern Yakutian population. Clin Epigenet 15, 189 (2023).
22. Kim C.H., Lee E.K., Choi Y.J., et al. Short-term calorie restriction ameliorates genomewide, age-related alterations in DNA methylation. Aging Cell, 15 (2016), pp. 1074-1081.
23. Larry A Tucker Milk fat intake and telomere length in U.S. women and men: the role of the milk fat fraction. Oxid. Med. Cell. Longev. 2019 Oct 28; 2019:1574021.
24. Levy SB, Klimova TM, Zakharova RN [et al]. Brown adipose tissue, energy expenditure, and biomarkers of cardio-metabolic health among the Yakut (Sakha) of northeastern Siberia. Am J Hum Biol. 2018. Vol. 30(6).
25. Lu AT, Quach A, Wilson JG [et al.] DNA methylation GrimAge strongly predicts lifespan and healthspan. Aging (Albany NY). 2019; Vol. 11(2): P. 303-27.
26. Quach A, Levine ME, Tanaka T [et al.] Epigenetic clock analysis of diet, exercise, education, and lifestyle factors. Aging. 2017; Vol. 9(2). P. 419-46.
27. Varun B. Dwaraka, Lucia Aronica, Natalia Carreras-Gallo et al. Unveiling the epigenetic impact of vegan vs. omnivorous diets on aging: insights from the Twins Nutrition Study (TwiNS) BMC Medicine volume 22, Article number: 301 (2024).