



DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-4-284-297

УДК [613.291:644.41]-071.1(470.311)

EDN: XLDFAZ

**Д.О. Драгунов^{1,2}, А.В. Соколова^{1,2}, Г.П. Арутюнов¹**

¹ — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

² — Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ ОПРОСНИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ СОЛИ У ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

D.O. Dragunov^{1,2}, A.V. Sokolova^{1,2}, G.P. Arutjunov¹

¹ — N.I. Pirogov Russian State Autonomous University of Medical Sciences, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

² — SBU «NIIOZMM» DZM, Moscow, Russia

Development and Validation of a Questionnaire to Assess the Level of Salt Intake in the Adult Population of the Russian Federation Using Machine Learning Methods

Резюме

Цель: разработать и валидировать инструмент для оценки уровня потребления соли у взрослого населения РФ. **Материал и методы.** Респонденты заполняли пищевые дневники, где учитывался тип приема пищи, ее объем и факт дополнительного досаливания блюда. Для статистической обработки полученных данных использовали язык R, версия — 4.2.1, среда разработки RStudio (пакеты ggplot2, ggpubr, dplyr, tidyverse, gtsummary, rstatix). **Результаты.** Всего в исследование был включен 271 респондент, медианный возраст которых составил 52 [20; 70] года. Было установлено, что основными факторами высокого потребления натрия является досаливание, потребление соленых продуктов, меньший уровень потребления кондитерских изделий, для низкого уровня потребления соли характерно более высокое потребление молочных продуктов. Тест согласованности Коэна составил $\kappa = 0,48$ 95 % ДИ (0,08; 0,08), значения альфы Кронбаха $\alpha = 0,8$. При пороговом значении ≥ 12 баллов по данным опросника, опросник имеет чувствительность 85 % по сравнению с медианной оценкой по данным 3-дневного пищевого дневника. При пороговом показателе < 12 баллов опросник имеет специфичность 74 % с медианной оценкой по данным 3-дневного пищевого дневника. **Заключение:** Опросник СОЛЬ может быть использован для определения оценки уровня потребления соли.

Ключевые слова: потребление соли, пищевой опросник, потребление натрия, машинное обучение

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов

Источники финансирования

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования

Соответствие принципам этики

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ГБУЗ «Городская клиническая больница № 4 ДЗМ» (Павловская больница, протокол № 44 от 20.09.2020г.). Все участники подписали Информированное согласие

Благодарности

Мы выражаем благодарность участникам исследования, без которых исследование было бы невозможным. А также студентам педиатрического факультета ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Статья получена 26.02.2024 г.

Одобрена рецензентом 21.05.2024 г.

Принята к публикации 16.07.2024 г.

Для цитирования: Драгунов Д.О., Соколова А.В., Арутюнов Г.П. РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ ОПРОСНИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ СОЛИ У ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ. Архивъ внутренней медицины. 2024; 14(4): 284-297. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-4-284-297. EDN: XLDFAZ

Abstract

Purpose: To develop and validate a tool to assess salt intake in the adult population of the Russian Federation. **Material and Methods:** Respondents filled out food diaries, where the type of food intake, its volume, and the fact of additional salting of the dish were taken into account. R language, version 4.2.1, RStudio development environment (packages ggplot2, ggpubr, dplyr, tidyverse, gtsummary, rstatix) were used for statistical processing of the obtained data. **Results:** A total of 271 respondents were included in the study, with a median age of 52 [20; 70] years. It was found that the main factors for high sodium intake were pre-salting, consumption of salty foods, lower intake in confectionery, low salt intake was characterized by higher consumption of dairy products. Cohen's consistency test was $\kappa=0.48$ 95 % CI (0.08; 0.08), Cronbach's alpha values $\alpha=0.8$. At a threshold score of ≥ 12 points on the questionnaire, the questionnaire had a sensitivity of 85 % compared with the median score from the 3-day food diary data. At a threshold score < 12 points, the questionnaire has a specificity of 74 % compared with the median score from a 3-day food diary. **Conclusion:** The SOLE questionnaire can be used to determine the estimated level of salt intake by the population, but for wider application in the territory of the Russian Federation additional validation by regions is required.

Key words: salt consumption, food questionnaire, sodium consumption, machine learning

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests

Sources of funding

The authors declare no funding for this study

Conformity with the principles of ethics

The study was approved by the local ethics committee of the State Budgetary Healthcare Institution «City Clinical Hospital No. 4 DZM» (Pavlovsk Hospital, protocol No. 44 of September 20, 2020). All participants signed the Informed Consent

Acknowledgments

We express our gratitude to the study participants, without whom the study would not have been possible. And also, to students of the pediatric faculty of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Russian National Research Medical University named after. N.I. Pirogov of the Russian Ministry of Health.

Article received on 26.02.2024

Reviewer approved 21.05.2024

Accepted for publication on 16.07.2024

For citation: Dragunov D.O., Sokolova A.V., Arutjunov G.P. Development and Validation of a Questionnaire to Assess the Level of Salt Intake in the Adult Population of the Russian Federation Using Machine Learning Methods. The Russian Archives of Internal Medicine. 2024; 14(4): 284-297. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-4-284-297. EDN: XLDFAZ

24чРД — 24-часовое воспроизведение диеты, XCH — хроническая сердечная недостаточность, XGBoost — eXtreme Gradient Boosting, ИМТ — индекс массы тела, BMI — Body Mass Index, NHANES — National Health and Nutrition Examination Survey (Национальное обследование состояния здоровья и питания), ЮАР — Южно-Африканская Республика

Введение

С 60-х годов XX века осуществляются попытки изучения диетических привычек при помощи пищевых опросников [1]. Первые опросники, посвященные именно потреблению натрия, появились в 80-х годах [2]. Pietinen с соавт. в 1982 г. разработал опросник с целью классификации уровней потребления соли. Опросник состоял из пяти вопросов, касающихся подсаливания и самооценки употребления соли, а также частоты употребления семи продуктов с наибольшим содержанием соли. Анкету заполнили 1471 человек в возрасте от 14 до 65 лет, они также сдавали суточную пробу мочи для оценки количества выделяемого натрия. На основе полученных данных был создан опросник, который получил название «Солевой индекс». Корреляция между 24-часовой экскрецией натрия с мочой и уровнем потребления соли была слабой: у мужчин составила $r = 0,18$, у женщин $r = 0,20$ ($p < 0,001$). В данном анализе был использован способ валидации с помощью 24-часового

сбора мочи, который долгое время считался “золотым” стандартом изучения уровня потребления натрия. Однако, с учетом полученных за последние годы данных о физиологии натриевого обмена [4], необходимо понимать, что натрийурез не является константой и может меняться под влиянием ряда факторов. Данными факторами может являться изменение диеты респондента между будними днями и выходными [5]. Кроме того, следует учитывать и возможное высвобождение натриевых депо на фоне длительной низосолевой диеты, что было продемонстрировано в исследовании MARS520 [6].

В связи с этим более целесообразным является валидация опросника с помощью пищевого дневника. Изучение уровня потребления натрия при помощи опросника SALT [8] представляется оптимальным, так как он позволяет учесть только один питательный нутриент и вариабельность потребления натрия в течение нескольких дней.

Таким образом, целью нашего исследования было разработать и валидировать инструмент для оценки уровня потребления соли среди взрослого населения РФ.

Материалы и методы

На первом этапе была создана база данных, включающая 7 641 продукт с известным содержанием соли на 100 г продукта. В качестве источников данных использовались справочники под редакцией Скурихина И.М., Буланова Ю.Б., Новикова Е.В. [9–12], а также данные по содержанию нутриентов и натрия из открытых официальных источников производителей продуктов и фастфуда, сертифицированных на территории РФ. Продукты были сгруппированы по типам и объединены в общие категории, которые использовались для составления пищевого дневника. Дизайн исследования представлен на рисунке 1. В дневнике учитывались тип приема пищи, объем и факт дополнительного досаливания блюда. Объем досаливания принимался из расчета 0,1 г соли на одно досаливание [13]. Продукты с менее чем 50 мг натрия на порцию, исключались из анализа. Частота ответов учитывала потребление за последнюю неделю, включая два будних дня и один выходной день [14], так как среднее потребление соли в выходные дни может возрастать на 8–14 % по сравнению с будними днями [15]. Потребление пищи не оценивалось в дни праздников. Респонденты заполняли дневник строго день в день. В период наблюдения и заполнения опросника и дневника все респонденты не соблюдали какие-либо специальные или низкосольевые диеты. Размеры порций определялись путем взвешивания продукта или определения объема порции по заводской маркировке, если она была доступна, или с использованием атласа фотографий порций пищевых продуктов и блюд [14]. Участники исследования были опрошены методом 24-часового воспроизведения диеты, один раз в сезон. Данные собирались с соотношением рабочих и выходных дней 2:1. (не указана длительность наблюдения за пациентами/ведения дневника)

Разработка опросника потребления соли

Целью создания опросника являлось получение инструмента для оценки медианного уровня потребления натрия респондентом в течение недели. В связи с этим, сразу после окончания заполнения дневника респонденту предлагалось заполнить опросник по частоте употребления определенных групп продуктов или блюд за тот же период времени.

Продукты и блюда были разделены по уровню содержания натрия в продуктах, информация по содержанию соли была получена из ранее созданной базы данных продуктов и блюд. Все продукты были разделены по категории и по уровню среднего содержания соли в продуктах и блюдах (например «Блюда из рыбы и морепродуктов» и т.п.). Всего было получено 35 категорий продуктов.

Респондентам предлагалось ответить на вопрос: «как часто они потребляют данный тип продуктов в течение недели». И в зависимости от частоты потребле-

ния ответу присваивался балл «Никогда» — 0, «1-3 раза в неделю» — 1, «4-6 раз в неделю» — 2, «1 раз в день» — 3, «2 раза в день» — 4, «более 3-х раз в день» — 5. Отдельно учитывалось досаливание: при положительном ответе на вопрос о его наличии добавлялся еще один балл.

Значения уровня потребления соли, используемое для анализа данных

Для проверки валидности результата опросника его сравнивали с результатами медианного потребления натрия, рассчитанного на основе суммы трех 24-часовых результатов дневников питания, которые включали информацию о потреблении соли для каждого субъекта в течение двух будних дней недели и одного выходного дня.

Уровень потребления соли респондентами рассчитывался по формуле,

$$z = \text{median} \sum_{d_1}^{d_3}$$

где, z — медиана суммы потребления соли за 3 дня, d — день по пищевому дневнику.

При анализе данных, полученных за разные дни недели, мы отметили определенную долю вариабельности в потреблении продуктов, содержащих соль, медиана размаха по всей выборке составила 4,2 [2,3; 7,3] г. В связи с этим мы выбрали медиану потребления соли с целью минимизировать индивидуальную вариабельность потребления соли каждым респондентом. Все пациенты, которые сообщали о низком потреблении соли или соблюдении специальных диет, были исключены из нашего исследования и не вошли в анализ.

Использовали машинное обучение для определения категорий продуктов и факта досаливания пищи, влияющих на уровень потребления соли. Для этого выборка была разделена на обучающую и тестовую, а затем подвергнута V-кратной перекрестной проверке. Мы использовали следующие алгоритмы: метод K-средних, случайный лес и eXtreme Gradient Boosting (XGBoost). Оценка оптимальности моделей проводилась с использованием критериев RMSE и R^2 .

Размер выборки для исследования был рассчитан с использованием формулы, основанной на границах согласия Блэнда—Алтмана [16]. По литературным данным и на основании пилотного тестирования нами было сделано предположение, что ожидаемая средняя разница между опросником и 24-часовыми пищевым дневником будет составлять около 5 баллов на г соли, что частично было основано на ожидаемой разнице между дневниками питания и опросником. Учитывая некоторую неопределенность в наших оценках, возможной средней разнице и стандартного отклонения, уровень коэффициента вариации был принят в 10 %, что обеспечивало приемлемую степень уверенности в том, что расчетные пределы согласия будут достаточно надежными для подтверждения результатов опросника при мощности исследования в 80 %. Это соответствовало минимальному размеру выборки из 162 респондентов для оценки нижнего предела Блэнда—Алтмана для уровня потребления соли.

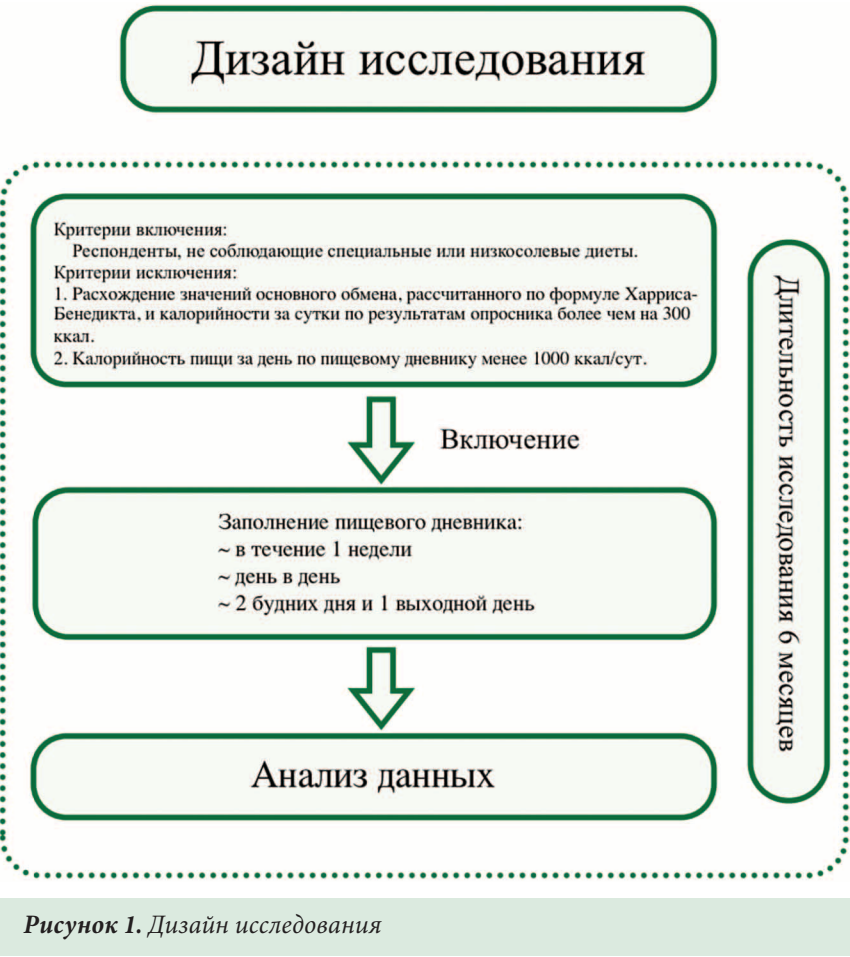


Таблица 1. Клиническая характеристика группы
Table 1. Clinical characteristics of the group

Категория/ Category	Значение/ Value
Женщины/ Women	220 (81 %)
Мужчины/ Men	51 (19 %)
Средний возраст/ Average age	52 [20;70] лет/years
Средний возраст женщин/ Average age of women	44.8±26.2 года/years
Средний возраст мужчин/ Average age of men	50.7±25.1 года/years
Хроническая сердечная недостаточность/ Chronic heart failure	123 (45.4 %)
Гипертоническая болезнь/ Hypertensive disease	122 (45 %)
Инфаркт миокарда/ Myocardial infarction	47 (17.3 %)
Фибрилляция предсердий/ Atrial fibrillation	73 (26.9 %)
Сахарный диабет/ Diabetes mellitus	39 (14.4 %)
Бронхиальная астма/ Bronchial asthma	13 (4.8 %)
Хроническая обструктивная болезнь легких/ Chronic obstructive pulmonary disease	17 (6.3 %)
Хроническая болезнь почек/ Chronic kidney disease	99 (36.5 %)
Заболевания суставов/ Joint diseases	8 (3 %)

Результаты

Клиническая характеристика
изучаемой группы

Период набора пациентов для исследования был с сентября 2021г по январь 2023г в г. Москве и Московской области. Общая когорта состояла из 271 респондента, из которых 220 (81 %) были женщины и 51 (19 %) — мужчины. Возраст составил 52 [20;70] года. Женщины в среднем были моложе мужчин (44,8±26,2 лет у женщин против 50,7±25,1 лет у мужчин). У респондентов младше 30 лет отсутствовали хронические заболевания, тогда как у респондентов 30 лет и старше многие страдали от различных хронических заболеваний. Выявлялись следующие заболевания: хроническая сердечная недостаточность (ХСН) была у 123 (45,4 %), гипертонической болезнью страдали 122 (45 %) человека, инфаркт миокарда перенесли 47 (17,3 %) пациентов, фибрилляция предсердий была у 73 (26,9 %) человек, а сахарный диабет — у 39 (14,4 %) человек. Заболевания легких в группе были представлены бронхиальной астмой (13 (4,8 %) человек) и хронической обструктивной болезнью легких (17 (6,3 %) человек). Достаточно много респондентов 30 лет и старше имело с хроническую болезнь почек — 99 (36,5 %) человек. Меньше всего была распространенность заболеваний суставов — 8 (3 %) человек (Таблица 1).

Вариабельность потребления соли
в группах

На основании распределения данных и целей исследования мы разделили возрастные группы следующим образом: 18-40 лет, 41-70 лет, 71-80 лет и старше 80 лет.

Таблица 2. Потребление соли, калорий и вариабельность потребления в зависимости от возраста с использованием дневника

Table 2. Salt intake, calorie consumption, and intake variability by age using a diary

Переменные/ Variables	Все пациенты/ All patients N=271 Me(IQR)	18 — 40 лет/ 18 — 40 years n = 131 Me(IQR)	41 — 70 лет/ 41 — 70 years n = 70 Me(IQR)	71 — 80 лет/ 71 — 80 years n = 46 Me(IQR)	старше 80 лет/ over 80 years n = 18 Me(IQR)	p-value
Среднее потребление соли, г/ Average salt intake, g	6,2 (4,8; 8,5)	6,1 (4,7; 8,7)	6,4 (4,9; 8,4)	6,4 (4,7; 8,5)	6,0 (4,9; 8,1)	>0,9
Средняя калорийность, калории/ Average calorie intake, calories	2119 (1765; 2604)	2095 (1725; 2592)	2178 (1819; 2650)	2120 (1846; 2526)	2080 (1703; 2623)	0,8
Отношение потребления соли к калорийности, мг/кал/ Salt intake to calorie ratio, mg/cal	2,93 (2,20; 3,76)	2,94 (2,19; 3,86)	2,89 (2,23; 3,60)	2,83 (2,15; 4,28)	3,04 (2,25; 3,29)	>0,9
Основной обмен, калории/ Basal metabolism, calories	1434 (1378; 1501)	1434 (1380; 1540)*	1434 (1408; 1502)*	1434 (1400; 1434)**	1434 (1259; 1434)**	0,032
ИМТ, кг/м²/ BMI, kg/m²	23,2 (21,4; 25,1)	21,7 (19,7; 23,2)*	23,2 (23,2; 27,3)**	23,2 (23,2; 27,2)**	23,2 (23,2; 28,9)**	<0,001
Вариабельность потребления соли (%)/ Salt intake variability (%)	37 (27; 56)	37 (24; 58)	37 (29; 54)	39 (30; 57)	31 (16; 39)	0,2
Вариабельность калорийности (%)/ Caloric intake variability (%)	24 (14; 34)	24 (16; 34)	22 (13; 34)	21 (16; 35)	20 (12; 34)	0,7
Пол/Gender						0,3
Женский, n (%) /Female, n (%)	220 (81 %)	111 (85 %)	52 (74 %)	36 (78 %)	15 (83 %)	
мужской, n (%) /Male, n (%)	51 (19 %)	20 (15 %)	18 (26 %)	10 (22 %)	3 (17 %)	

Примечания: Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [IQR]) и n (%).
p для тенденции представлена в последнем столбце. Значения для конкретных сравнений: *p <0.05 ** p <0.01 *** p <0.001
Notes: Data are presented as median and interquartile range (Me [IQR]) and n (%).
The p for trend is presented in the last column. Values for specific comparisons: *p <0.05 ** p <0.01 *** p <0.001

Это позволило нам более детально изучить различные возрастные категории и их влияние на уровень потребления соли и калорий, а также их вариабельность. Хотя данные возрастные группы могут не полностью соответствовать общепринятым подходам ВОЗ, это разделение было выбрано для более точного анализа специфических характеристик и потребительских привычек каждой группы в нашем исследовании.

В таблице 2 представлен уровень потребления соли, калорий и их вариабельность в разных возрастных категориях. Статистически значимых различий в потреблении соли по возрастным группам выявлено не было, медиана среднего потребления за три дня колеблется около 6 г. Потребление калорий также статистически значимо не отличается в группах, в отличие от расчетного основного обмена, медианы которого во всех группах ниже потребляемых калорий. Индекс массы тела статистически ниже в группе 18-40 лет, затем медианы фактически не отличаются. Вариабельность потребления соли в течение 3 дней заполнения пищевого дневника статистически значимо не отличается в группах. Наибольший размах в потреблении соли можно наблюдать в группе 18-40 лет и 41-70 лет, где вариабельность колеблется от 20 до 50 %, такая же тенденция наблюдается и в потреблении калорий. По-видимому, эти переменные связаны друг с другом, и при увеличении общей калорийности принятой пищи растет и уровень потребления натрия, причем это наиболее характерно для молодого возраста. Однако

стоит отметить, что отношение потребления соли к калорийности, хотя статистически и не значимо, наибольшее в группе старше 80 лет, что обусловлено большим потреблением домашних заготовок с высоким содержанием натрия и не очень большой калорийностью.

Проверка внутренней согласованности опросника

С целью определения согласованности полученного опросника был вычислен внутренний критерий согласованности значения альфы Кронбаха составило 0,8, что говорит о хорошем уровне согласованности вопросов.

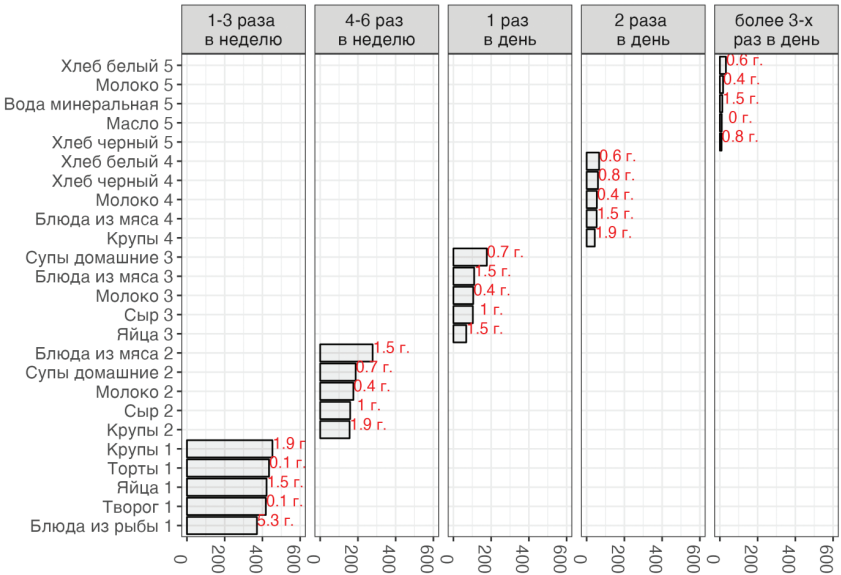


Рисунок 2. Частота потребления продуктов (цифрами отмечена частота потребления продуктов респондентами: 1 — 1-3 раза в неделю, 2 — 4-6 раз в неделю, 3 — 1 раз в день, 4 — 2 раза в день, 5 — более 3-х раз в день)

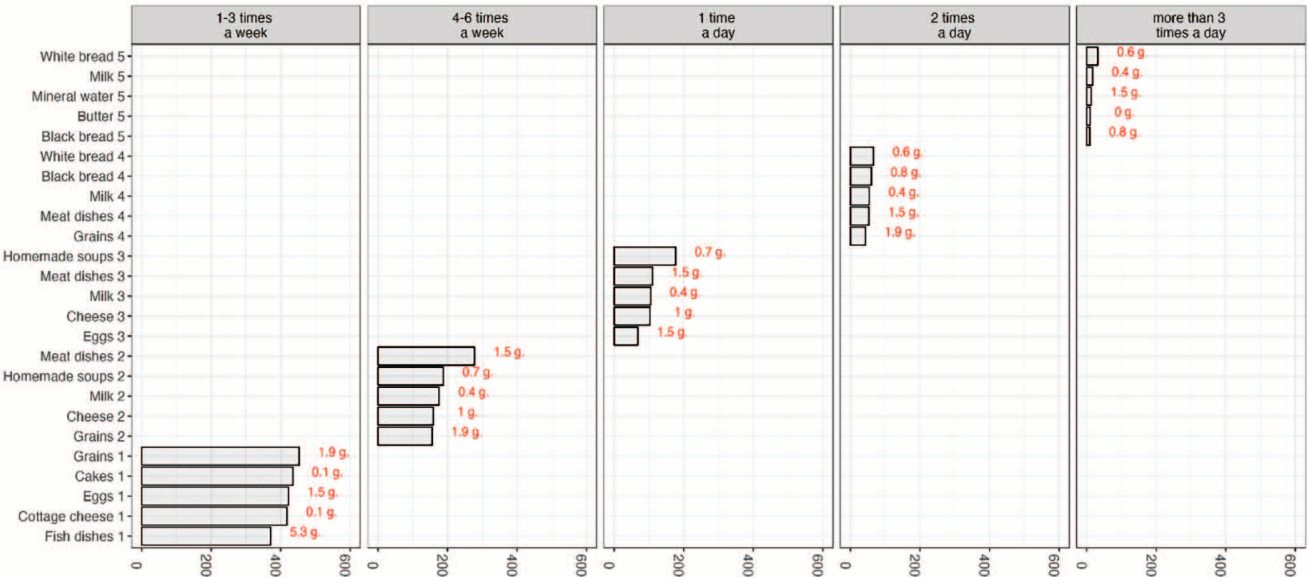


Figure 2. Frequency of food consumption (numbers indicate the frequency of food consumption by respondents: 1 — 1-3 times a week, 2 — 4-6 times a week, 3 — once a day, 4 — twice a day, 5 — more than 3 times a day)

Сокращение размерности опросника

На рисунке 2 представлены по 5 самых часто отмечаемых респондентами продуктов/категорий продуктов, распределенные по частоте потребления за неделю. Цифрами указано медианное содержание соли в каждой категории продукта по данным дневников на один прием с учетом съеденного объема. Продукты с очень высоким медианным потреблением соли употреблялись не часто, но при этом могли одновременно

содержать очень большое количество соли (например, «Блюда из рыбы», медиана на один прием пищи составляла 5,3 г, что является суточной нормой потребления). Также стоит учитывать и продукты, содержащие среднее количество натрия (около 1 г на один прием, но при этом употребляемые достаточно часто — это 1 и более раз в день (например, хлеб 0,6 г на один прием, но при этом 3 раза в день, что составляет 1,8 г в сутки только за счет одного продукта). Таким образом, присутствует определенная вариабельность потребления продуктов

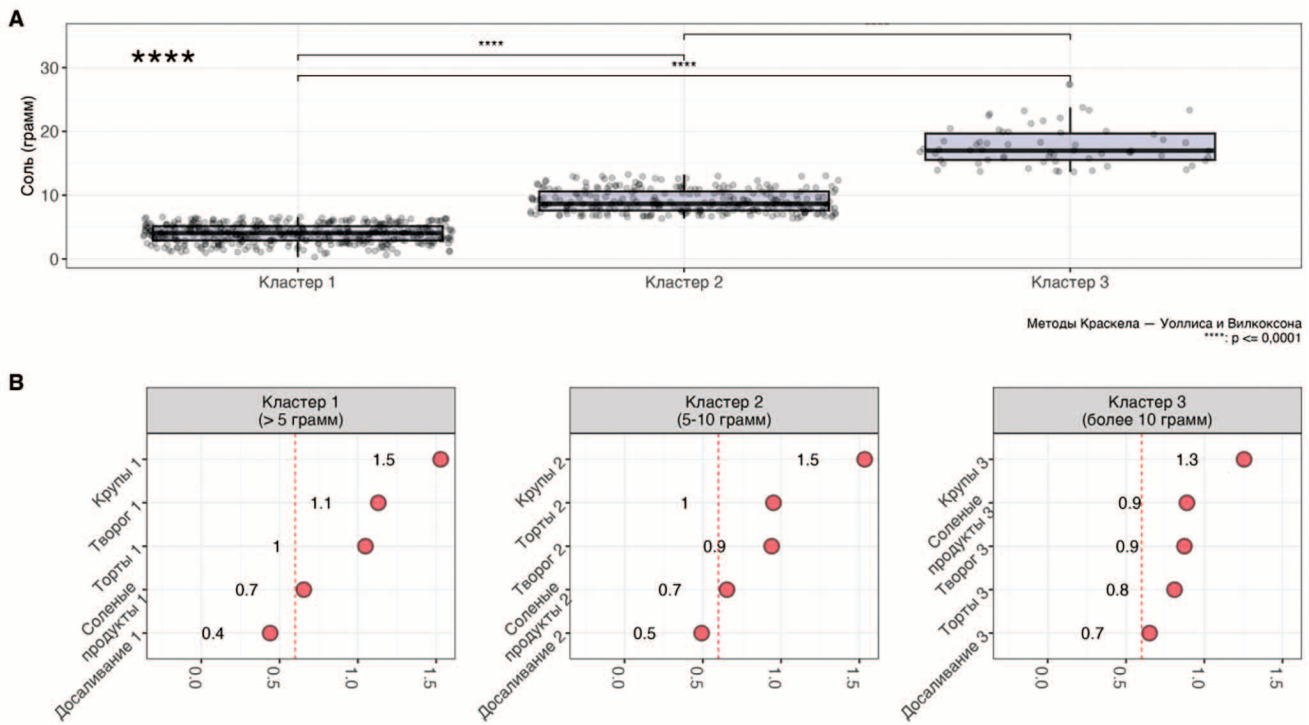


Рисунок 3. Сравнительный анализ потребления соли в различных кластерах респондентов и вклад отдельных категорий продуктов

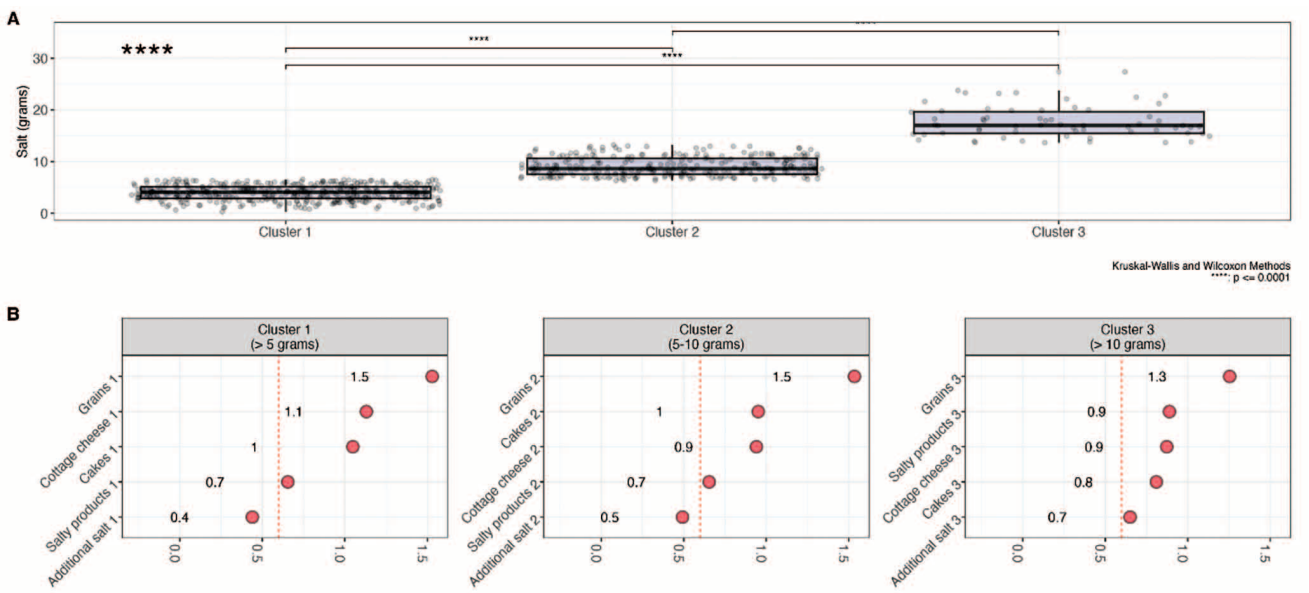


Figure 3. Comparative analysis of salt consumption in different clusters of respondents and the contribution of individual product categories

с большим и не очень большим содержанием соли. Поэтому стоит учитывать потребление натрия в течение недели, что снижает вероятность ошибки.

При проверке уровня корреляции между вопросами был определен ряд категорий продуктов, которые имели высокую степень корреляции между собой ($r > 0,3$). Ряд категорий с высоким уровнем корреляции взаимно ассоциированы с продуктами с высоким содержанием натрия (например, фастфуд и пицца и т.п.), что определило объединение ряда категорий в одну для сокращения количества вопросов. Стоит отметить, что паттерн высокого потребления натрия не прослеживается во всех категориях. Так, например, молочные продукты, супы (медианный уровень составляет 0,4 и 0,7г соли соответственно на один прием пищи) не ассоциированы с высоким содержанием соли. Таким образом, не представляется возможным просто объединить данные категории в одну, так как уровень потребления соли у данной категории респондентов мог отличаться. В связи с этим нами был проведен дополнительный анализ с помощью машинного обучения для выявления категорий продуктов, наибольшим образом отражающих паттерн потребления натрия респондентами.

Кластерный анализ

Для выявления основных категорий продуктов в опроснике, которые влияли на уровень потребления соли у респондентов, был выполнен кластерный анализ методом k-средних. Анализ графика «каменистая осыпь» показал, что оптимальное количество кластеров составляет три. Медианный уровень потребления в кластере 1 составил 4,1 [2,9;5,1] г, в кластере 2 — 8,7 [7,6;10,6] г, в кластере 3 — 17 [15,5;19,7] г ($p < 0,0001$). Для выявления наиболее значимых категорий продуктов в каждом кластере был проведен апостериорный анализ между каждой группой последовательно, и выявлены продукты, которые статистически значимо влияли на уровень потребления соли. На рисунке 3 представлены различия между кластерами (А) и категории продуктов (В), которые статистически значимо влияют на уровень потребления соли респондентами. Цифрами на рисунке 3 представлена средняя частота потребления в баллах. То есть основными факторами высокого потребления натрия является досаливание, потребление соленых продуктов, меньший уровень потребления кондитерских изделий (на графике категория «торты»); для низкого уровня потребления соли характерно более высокое потребление молочных продуктов. Таким образом, по соотношению частоты потребления тех или иных продуктов можно предположить уровень медианного потребления соли.

Алгоритмы машинного обучения

Для подбора оптимального количества предикторов были построены пошаговые модели линейной регрессии до момента подбора оптимальной модели. В результате была получена модель со следующими характеристиками: $R^2=0,06$ (Макфаддена), $p < 0,0001$ и оптимальным количеством коэффициентов для прогнозирования. В таблице 3 представлены получившиеся

Таблица 3. Влияние различных пищевых категорий на потребление соли: результаты регрессионного анализа
Table 3. The impact of various food categories on salt intake: results of regression analysis

Значения/ Values	Коэффициент/ Coefficient (Beta)	Статистика/ Statistic	p-value
(Intercept)	6,83	13,41	$p \leq 0,0001$
Досаливание/ Adding salt	1,13	3,5	$p \leq 0,001$
Творог/ Cottage cheese	-0,6	-2,93	$p \leq 0,01$
Фастфуд/ Fast food	0,89	3,32	$p \leq 0,001$
Соленые продукты/ Salty products	0,32	1,49	незначимо / Not significant
Торты/ Cakes	-0,42	-2,07	$p \leq 0,05$
Сало/ Lard	0,4	1,87	незначимо / Not significant
Сгущенное молоко/ Condensed milk	-0,6	-2,38	$p \leq 0,05$
Крупы/ Groats	-0,44	-2,37	$p \leq 0,05$
Консервы/ Canned foods	0,7	2,06	$p \leq 0,05$
Блюда из мяса/ Meat dishes	0,27	1,54	незначимо / Not significant
Сухое молоко/ Powdered milk	1,36	1,5	незначимо / Not significant

оптимальные предикторы. Если сравнить с результатами кластерного анализа, то можно видеть, что большинство статистически значимых предикторов пересекаются. Также, можно оценить знак у коэффициента β , который позволяет оценить категорию продукта как повышающий потребление соли (коэффициента β положительный), либо как понижающий при отрицательных значениях коэффициента β .

С учетом того, что в полученных результатах могла и не быть линейная зависимость между переменными, мы применили методiku, основанную на деревьях решений с модулем регрессии. На рисунке 4 (А) полученные предикторы ранжированы по значимости влияния (частота встречаемости в узлах) на предсказание уровня потребления соли. На рисунке 4 (В) показаны первые узлы получившегося дерева решений. Таким образом, мы видим, что одним из главных узлов является употребление «Фастфуда»: при его потреблении более 1 раза в неделю уровень потребления соли составляет 9,7 г, и таких респондентов 6%. При этом уровень корреляции полученной модели на тестовой выборке составил $r=0,42$, $p= 0,0001$.

Наиболее значимые узлы в двух моделях машинного обучения «Случайный лес» и XGBoost были определены на основе результатов работы с тестовыми выборками. Модель «Случайный лес» показала коэффициент корреляции $r=0,42$ с уровнем значимости $p < 0,0001$,

в то время как модель XGBoost показала коэффициент корреляции $r=0,36$ с уровнем значимости $p < 0,0001$. Несмотря на то, что модель «Случайный лес» показала лучшие результаты на тестовой выборке, ряд категорий продуктов пересекается в данных моделях.

Мы проанализировали категории продуктов, которые наиболее часто использовались различными алгоритмами машинного обучения для предсказания

уровня потребления соли респондентами. Категории продуктов, которые использовались 2 и более раза при решении задачи предсказания уровня потребления соли различными алгоритмами, были разделены на положительно влияющие на уровень потребления соли и отрицательно влияющие. Например, категория «Торты» снижала уровень потребления соли, а категория «Фастфуд» повышала его. Большинство алгоритмов

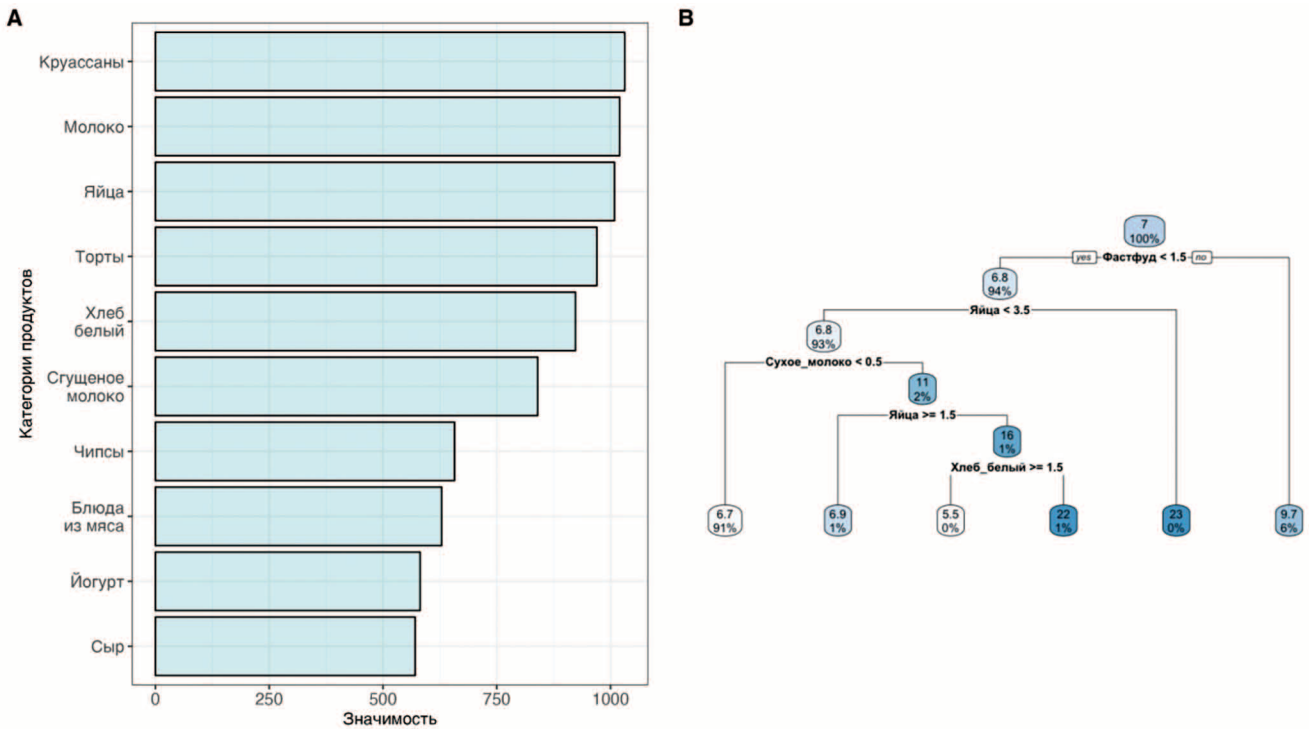


Рисунок 4. Деревья решений. А — частота категорий продуктов в узле, В — обрезанное дерево.
Примечание. Дерево решений разделяет данные, начиная с условия «Фастфуд <1.5» в корневом узле, где 97% примеров находятся в этой ветви. Затем данные делятся по условию «Яйца <3.5», и далее по условию «Сухое молоко <0.5». Каждый узел показывает количество примеров и процент от общего числа, соответствующих условиям. Конечные листья, такие как «6.7 (91%)», представляют группы данных, которые не могут быть далее разделены. Узлы с нулевыми значениями указывают на отсутствие примеров, соответствующих данным условиям

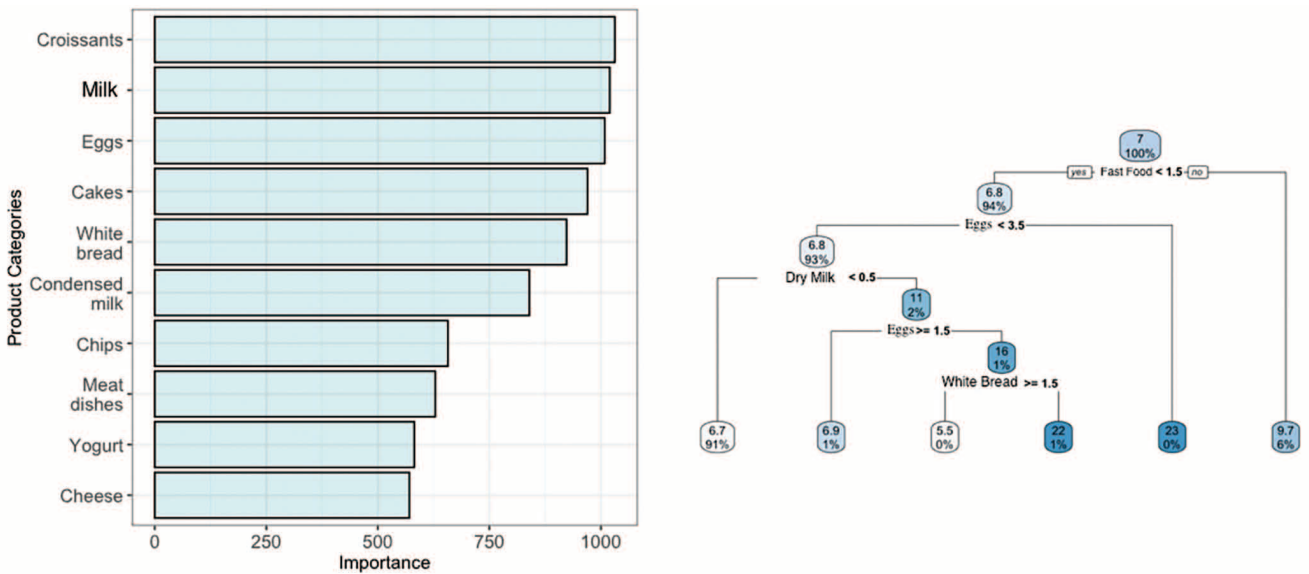


Figure 4. Decision trees. A — frequency of product categories in the node, B — pruned tree
Note. The decision tree divides the data starting with the condition “Fast food <1.5” at the root node, where 97% of the samples fall into this branch. Then, the data is further split by the condition “Eggs <3.5”, and subsequently by “Powdered milk <0.5”. Each node shows the number of samples and the percentage of the total that meet the conditions. The terminal leaves, such as “6.7 (91%)”, represent data groups that cannot be further split. Nodes with zero values indicate the absence of samples meeting those conditions

использовали категорию «Торты» для предсказания уровня потребления соли респондентами. Только два алгоритма использовали такие категории продуктов, как «Хрен», «Черный хлеб», «Сосиски», «Сало», «Консервы» и «Йогурт». Таким образом, вес этих категорий значительно ниже.

Повышение эффективности опросника

Мы оптимизировали опросник, чтобы сделать его более удобным и эффективным для использования в рутинной практике. Сначала мы сократили количество категорий продуктов до 10, чтобы сделать опросник более компактным и простым для заполнения.

Мы выделили следующие категории: «Молочные продукты», «Кондитерские изделия», «Яйца», «Хлебобулочные изделия», «Фастфуд», «Домашняя еда», «Рыба и блюда из рыбы», «Мясо/курица и блюда из мяса/курицы», «Соленые продукты/Соленья/ Вода минеральная», «Досаливание». Затем мы оптимизировали частоту ответов по уровню потребления продуктов, объединив близкие по смыслу категории. Это позволило более четко определить, какие категории продуктов влияют на уровень потребления соли, и какие категории продуктов приводят к увеличению или уменьшению уровня потребления соли. Например, категория «Фастфуд» повышает уровень потребления соли, а категория

Солевой Опросник недельный (Опросник СОЛЬ)

ФИО пациента_____Дата опроса «__» _____ 20__

	Никогда	Несколько раз в неделю	Каждый день	Более одного раза в день
Молочные продукты ¹	0	2	1	1
Кондитерские изделия ²	0	2	1	1
Яйца и блюда из яиц	0	2	3	4
Хлебобулочные изделия ³	0	2	3	4
Фастфуд ⁴	0	2	3	4
Домашняя еда ⁵	0	2	1	1
Рыба и блюда из рыбы	0	2	3	4
Мясо/курица и блюда из мяса/курицы ⁶	0	2	3	4
Соленые продукты ⁷ /Соленья ⁷ / Вода минеральная ⁸	0	2	3	4
Досаливание		2		

Примечание:

1. **Молочные продукты:** творог, сметана, молоко, все виды, кроме сухого и сгущённого молока, включая молочный фруктовый сок, молочные коктейли, кефир, ряженка, сливки, ацидофилин, кумыс, йогурт, включая йогуртовые напитки, масло, маргарин.

2. **Кондитерские изделия:** торты, кексы, пироги, пончики, сладкие булочки, сгущённое молоко, сырки, мороженое, вафли, круассаны, рогалики, печенье, крекеры малосоленые, сухари, лепешки и т. п.

3. **Хлебобулочные изделия:** хлеб белый, хлеб черный, хлеб серый, хлеб со злаками, блины.

4. **Фастфуд:** чипсы, попкорн, крекеры обычные (соленые), пицца, наггетсы, бургеры, картофель-фри, роллы, суши и т.п.

5. **Домашняя еда:** еда, приготовленная в домашних условиях, включая супы домашние или ресторанные, каши и т.п.

6. **Мясо/курица и блюда из мяса/курицы:** колбаса вареная, колбаса копченая, колбаса сырокопченая, бекон, салями и т. п., вяленое мясо, сосиски, сало, паштет; блюда из мяса/курицы – стейки, рубленое мясо, котлеты, фрикадельки, тушеное мясо, лазанья, пельмени и т.п.

7. **Соленые продукты:** сыр все виды, полуфабрикаты все виды, консервы все виды, соленые и маринованные продукты (огурцы, капуста, включая квашенную, оливки, маслины и т.п.), супы консервированные или приготовленные из обезжиренной смеси, включая суп харчо, щи из квашенной капусты, орехи и семена соленые, включая семечки, хрен и заправки для салатов, включая майонез, соевый соус, кетчуп, горчица, приправы, соус тартар и т.п.

8. **Вода минеральная:** Ессентуки, Боржоми, Нарзан, Дилижан и т.п.

Интерпретация результата

Уровень потребления соли	Количество набранных баллов
< 5 грамм/сутки	< 7 баллов
6 – 10 грамм/сутки	7 – 15 балла
> 10 грамм/сутки	> 16 баллов

Приложение 1. Солевой Опросник недельный

«Молочные продукты» его снижает. Зная данные категории, мы могли или вычислить коэффициенты для каждый из категорий или применить инверсию баллов для категорий продуктов, понижающих медианный уровень потребления натрия в течение суток. Без учета коэффициентов и инверсии баллов уровень корреляции между баллами и уровнем потребления соли был положительным и статистически значимым, но корреляция была слабая ($r=0,14$, $p=0,0279$).

Нами был выбран метод инверсии баллов как наиболее понятный для пользователей. В результате корреляция между максимальным уровнем потребления соли респондентом за неделю и суммой баллов составила $r=0,61$, $p<0,0001$.

Для проверки взаимосвязи между полученными баллами в результате преобразования опросника уровень

Weekly Salt Questionnaire (SALT Questionnaire)

Patient's Full Name: _____

Date of Survey: " __ " _____ 20__

	Never	Several times a week	Every day	More than once a day
Dairy Products ¹	0	2	1	1
Confectionery ²	0	2	1	1
Eggs and Egg Dishes	0	2	3	4
Bakery Products ³	0	2	3	4
Fast Food ⁴	0	2	3	4
Home-Cooked Food ⁵	0	2	1	1
Fish and Fish Dishes	0	2	3	4
Meat/Chicken and Meat/Chicken Dishes ⁶	0	2	3	4
Salty Products ⁷ / Pickles ⁷ / Mineral Water ⁸	0	2	3	4
Adding Salt	2			

- Note:**
- Dairy Products:** cottage cheese, sour cream, milk of all kinds (excluding dry and condensed milk), including milk fruit juice, milkshakes, kefir, ryazhenka, cream, acidophilin, koumiss, yogurt (including yogurt drinks), butter, margarine.
 - Confectionery:** cakes, muffins, pies, donuts, sweet buns, condensed milk, curd snacks, ice cream, wafers, croissants, bagels, cookies, lightly salted crackers, rusks, flatbreads, etc.
 - Bakery Products:** white bread, black bread, gray bread, grain bread, pancakes.
 - Fast Food:** chips, popcorn, regular crackers (salted), pizza, nuggets, burgers, French fries, rolls, sushi, etc.
 - Home-Cooked Food:** food prepared at home, including homemade or restaurant soups, porridges, etc.
 - Meat/Chicken and Meat/Chicken Dishes:** boiled sausage, smoked sausage, dry-cured sausage, bacon, salami, jerky, sausages, lard, pâté; meat/chicken dishes — steaks, minced meat, cutlets, meatballs, stews, lasagna, dumplings, etc.
 - Salty Products:** all types of cheese, all types of semi-finished products, all types of canned goods, salted and pickled products (cucumbers, cabbage, including sauerkraut, olives, etc.), canned soups or soups made from dehydrated mixes, including kharkho soup, sauerkraut soup, salted nuts and seeds (including sunflower seeds), horseradish and salad dressings, including mayonnaise, soy sauce, ketchup, mustard, seasonings, tartar sauce, etc.
 - Mineral Water:** Essentuki, Borjomi, Narzan, Dilijan, etc.

Result Interpretation

Salt Consumption Level	Number of Points
<5 grams/day	<7 points
6 — 10 grams/day	7 — 15 points
> 10 grams/day	> 16 points

Appendix 1. Salinity questionnaire weekly

потребления натрия был преобразован в категории «менее 5 г», «от 5 до 10 г», «более 10 г» и была построена модель полиномиальной логистической регрессии. Полученная модель имела AIC=191,9, уровень OR=2,38 [1,66;3,42] при потреблении более 10 г; $p=0,00001$ и уровень OR=1,6 [1,14;2,24] при потреблении от 5 до 10 г; $p=0,0001$. Таким образом, баллы в опроснике статистически значимо взаимосвязаны с уровнями потребления соли респондентами, что позволяет определить уровень баллов для различных классов потребления соли «менее 5 г» — 5,5 [4,25;6], «от 5 до 10 г» — 12,5 [10;14], «более 10 г» — 17 [15;18].

Получившийся опросник “*Солевой Опросник недельный (Опросник СОЛЬ)*” представлен в приложении 1.

Проверка валидности и надежности опросника СОЛЬ

Для проверки различий между результатами, полученными с помощью опросника и потреблением соли по данным пищевых дневников респондентами, был построен график Блэнда-Альтмана (рис. 5). Для того, чтобы измерения были в одной шкале, предварительно был проведен однофакторный регрессионный анализ, где зависимой переменной было потребление соли, а предиктором — полученные баллы по опроснику ($R^2=0,12$, $p<0,0001$). Получена значимая модель, с помощью которой были вычислены предсказанные значения потребления соли в граммах в зависимости от количества баллов.

Систематическая ошибка представлена как разница между потреблением натрия по данным опросника СОЛЬ и медианным потреблением натрия за три дня по данным пищевых дневников. Средняя разница составила $0\pm4,36$ с 95 % ДИ (-0,45; 0,45). Таким образом, была получена удовлетворительная вариабельность между результатами оптимизированного опросника и истинным потреблением соли с небольшим занижением потребления натрия. Из графика следует, что 95 % значений попали в пределы согласия, хотя 9 респондентов находятся за пределами двух стандартных отклонений средней разницы, что обусловлено крайне высоким потреблением натрия в данной группе респондентов от 21 до 27 г за сутки.

Тест согласованности Коэна до повышения эффективности опросника составлял $\kappa=0,004$ с 95 % ДИ (0,004; 0,004), после $\kappa=0,48$ с 95 % ДИ (0,08; 0,08), что говорит о средней согласованности и значимом повышении согласованности по сравнению с первым вариантом. При этом значения альфы Кронбаха снизилась до $\alpha=0,38$ по сравнению с предыдущим вариантом $\alpha=0,8$.

Чувствительность и специфичность опросника СОЛЬ

При пороговом значении ≥ 12 баллов (что соответствует 7 г соли в сутки) по данным опросника, опросник имеет чувствительность 85 % по сравнению с медианной оценкой по данным трехдневного пищевого дневника. При пороговом показателе < 12 баллов опросник имеет специфичность 74 % с медианной оценкой по данным трехдневного пищевого дневника.

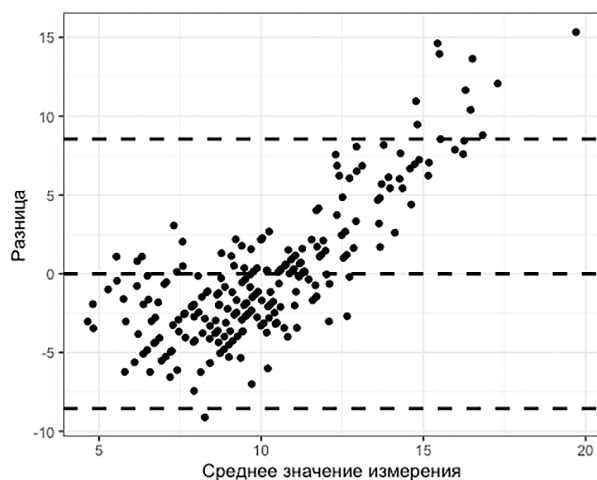


Рисунок 5. График Блэнда-Алтмана систематическая ошибка (средней разницы) между прогнозируемыми оценками натрия, полученными с помощью опросника СОЛЬ, и медианным потреблением натрия с пищей по данным опросника за три дня

Примечание. Пунктирная линия по центру представляет собой среднюю разницу между двумя методами измерения. Это значение показывает систематическую ошибку, то есть среднюю величину, на которую один метод отличается от другого. Верхняя и нижняя пунктирные линии представляют собой границы доверительного интервала 95% для средней разницы. Эти линии показывают диапазон, в котором будет находиться 95% всех различий между двумя методами

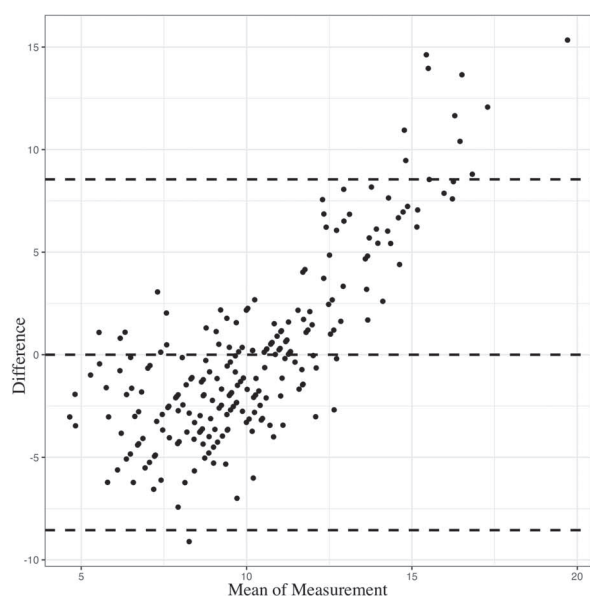


Figure 5. Bland-Altman plot of the systematic error (mean difference) between predicted sodium estimates from the SOL questionnaire and median dietary sodium intake from three days of questionnaire data

Note. The dotted line in the centre represents the mean difference between the two measurement methods. This value shows the systematic error, that is, the average amount by which one method differs from the other. The upper and lower dashed lines represent the limits of the 95% confidence interval for the mean difference. These lines show the range within which 95% of all differences between the two methods will lie

Обсуждение

Результаты нашего исследования показывают, что опросник СОЛЬ может быть надежным инструментом для оценки медианного потребления натрия в течение недели. Существуют исследования, где изучались

пищевые привычки для оценки суточного потребления соли. Mittelmark M.B. с соавт. [17] выявили, что 6% респондентов недосаливают пищу, хотя говорили обратное. Поэтому оценка потребления соли требует серьезной статистической обработки. Подход на основе статистических моделей в 1982 г использовали Pietinen с соавт. [2] для выбора продуктов для опросника. Однако, определение частоты потребления продуктов при валидации опросника вызывает затруднения. При разработке нашего опросника мы использовали опросник Charlton K.E. с соавт. [18], созданный в Южно-Африканской Республике (ЮАР) и валидированный на трех популяциях в этой стране. Оценка потребления соли осуществлялась на основе среднего потребления за сутки с учетом коэффициентов частоты потребления. Однако авторы отметили, что коэффициенты ограничивают использование опросника и упростили его до подсчета баллов. Точность опросника проверялась с помощью корреляции с уровнем натрия в моче ($r = 0,171$) и пищевой анкетой ($r = 0,684$). Корреляция с анкетой была выше, что может быть связано с отсутствием понимания о натриевых депо в 2008г. В процессе обработки наших данных мы пришли к выводу, что большое количество градаций возможных ответов по частоте потребления натрия за неделю избыточно и может добавлять ошибку при ответе респондентов.

В нашем исследовании вариабельность потребления соли составляла 4,2 [2,3; 7,3] г/день, в то время как другие авторы указывают на колебания от 897 до 1403 мг/день [19]. Мы использовали медиану вместо среднего уровня потребления, чтобы снизить влияние выбросов и приблизить результат к центральной тенденции для респондента. В исследовании Charlton K.E. с соавт. [18] только 8 продуктов с высоким содержанием натрия (такие как: попкорн, мясные блюда, рыба и т.п.) значимо коррелировали с уровнем натрия в моче, что может быть связано с пиками экскреции натрия. В исследовании Sasaki S. с соавт. [20] корреляция между опросником и экскрецией натрия была невысокой ($r = 0,14$ для мужчин и $r = 0,23$ для женщин). Попытки увеличить взаимосвязь между опросником и экскрецией натрия не привели к значимым результатам. В исследовании McLean R.M. [21] корреляция между опросником и экскрецией натрия была низкой ($r = 0,257$ для всей популяции, $r = 0,039$ для мужчин и $r = 0,171$ для женщин). Систематический обзор [22] показал, что удовлетворительную взаимосвязь между 24-часовой экскрецией натрия и уровнем потребления натрия удастся получить только при повторных анализах суточной мочи. Наиболее релевантные по уровню корреляции между потреблением натрия и 24 экскрецией натрия являются результаты с 7-дневным сбором суточной мочи согласно исследованию Day N.E. и соавт. [23], где корреляция составила $r = 0,47$, при этом она была меньше, чем с азотом $r = 0,81$, что, по-видимому, связано, как уже упоминалось выше, с пиками экскреции натрия и натриевыми депо.

Исследования, использующие анкетирование пациентов с национальными базами данных по продуктам,

показывают более сильную линейную зависимость между результатами опросника и результатами анкеты. Например, опросник Sodium Screener из 26 вопросов, валидированный в исследовании Tangney C. [24], показал корреляцию $r=0,83$ для женщин и $r=0,85$ для мужчин ($p < 0,001$) с анкетами продуктов из базы данных NHANES. Однако, стоит отметить, что все методы валидации имеют систематические ошибки, и на сегодняшний день ни один из них не может считаться абсолютно надежным [25].

В соответствии с руководством по созданию пищевых опросников для населения, все опросники должны быть проверены на выборке участников из той популяции, где они будут использоваться [13]. Наш опросник был сравнен с 24-часовым пищевым дневником, который считается одним из наиболее точных методов. Мы выбрали период сбора данных в течение трех дней, так как это было использовано в других исследованиях по потреблению натрия. Для оценки потребления натрия включали продукты и блюда, обычно потребляемые населением, а также обработанные на производстве продукты, связанные с повышенным потреблением натрия. Однако, использование опросников, валидированных в других странах, ограничивается отсутствием национальных блюд, типичных для изучаемой популяции. Таким образом, наш опросник является единственным в РФ, который оценивает уровень потребления натрия.

Мы использовали метод машинного обучения для оценки точности опросника СОЛЬ, что позволило нам увеличить выборку и проверить результаты многократно (10 случайных выборок, сформированных с помощью V-кратной перекрестной проверки, эквивалентно 7000 пациентам). Этот метод помог нам определить наиболее важные категории продуктов для оценки потребления натрия. Мы также использовали пищевые дневники для проверки результатов опросника, так как это позволяет оценивать потребление в течение длительного периода времени (дни и недели) и не зависит от натриевых депо [26] и пиков экскреции натрия [27]. В нашем исследовании мы впервые использовали паттерн пищевого поведения для создания опросника, что является новым подходом.

Выводы

Наше исследование показало, что опросник СОЛЬ может быть приемлемым способом оценки потребления натрия в РФ. Мы выявили категории продуктов, отражающие типичные паттерны потребления соли в РФ, и опросник демонстрирует приемлемую согласованность с данными пищевого дневника.

Ограничения исследования

Данный опросник отражает категориальный уровень потребления соли в г. Москве и Подмосковье, и не учитывает разнообразие диет других регионов РФ. Для дальнейшего использования опросника в разных регионах РФ необходима дополнительная валидация.

Вклад авторов:

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией

Драгунов Д.О.: разработка концепции и дизайна исследования, определение его цели и задачи, а также методов сбора, анализа и интерпретации данных; статистическая обработка данных и машинное обучение; участие в сборе данных, их анализ и формирование выводов; написание рукописи, обоснование выводов и представление их в контексте предыдущих исследований

Соколова А.В.: разработка концепции и дизайна исследования; определение его цели и задачи, а также методов сбора, анализа и интерпретации данных; участие в сборе данных, их анализе и формировании выводов, а также в написании рукописи

Арутюнов Г.П.: создание концепции и дизайна исследования; определение его цели, задач и методов сбора; анализ и интерпретация данных

Author Contribution:

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication

Dragunov D.O.: The author makes a significant contribution to the concept and design of the study, defining its goals and objectives, as well as methods of data collection, analysis and interpretation. He actively participates in data collection, their analysis and formation of conclusions, as well as in writing the manuscript, justifying his conclusions and presenting them in the context of previous studies

Sokolova A.V.: The author plays a role in the conception and design of the study, defining its goals and objectives, as well as methods of data collection, analysis and interpretation. He is actively involved in the collection of data, their analysis and formation of conclusions, as well as in the writing of the manuscript

Arutjunov G.P.: The author plays a role in creating the concept and design of the study, defining its goals, objectives, and methods of data collection, analysis, and interpretation

Список литературы/ References:

- Hankin JH, Reynolds WE, Margen S. A Short Dietary Method for Epidemiologic Studies 123: II. Variability of Measured Nutrient Intakes. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1967; 20(9): 935–45. doi: 10.1093/ajcn/20.9.935
- Pietinen P, Tanskanen A, Tuomilehto J. Assessment of sodium intake by a short dietary questionnaire. *Scandinavian Journal of Social Medicine*. 1982; 10(3): 105–12. DOI: 10.1177/140349488201000307
- Titze J, Lang R, Ilies C, et al. Osmotically inactive skin Na^+ storage in rats. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*. 2003; 285(6): F1108–17. doi: 10.1152/ajprenal.00200.2003
- Kopp C, Linz P, Hammon M, et al. Seeing the sodium in a patient with hypernatremia. *Kidney International*. 2012; 82(12): 1343–4. doi: 10.1038/ki.2012.314
- Iaccarino Idelson P, D'Elia L, Cairella G, et al. Salt and health: Survey on knowledge and salt intake related behaviour in Italy. *Nutrients*. 2020; 12(2): 279. doi: 10.3390/nu12020279
- Rakova N, Jüttner K, Dahlmann A, et al. Long-term space flight simulation reveals infradian rhythmicity in human Na^+ balance. *Cell Metabolism*. 2013; 17(1): 125–31. doi: 10.1016/j.cmet.2012.11.013
- Okada C, Takimoto H, Shimomura T. Development of a screening method for determining sodium intake based on the Dietary Reference Intakes for Japanese, 2020: A cross-sectional analysis of the National Health and Nutrition Survey, Japan. *PLOS ONE*. 2020; 15(9): e0235749. doi: 10.1371/journal.pone.0235749

8. Cooper M, Simpson JR, Klutka R. Development and validation of a sodium Analysis tool (SALT). *Nutrition Journal*. 2020; 19(1). doi: 10.1186/s12937-020-00555-7
9. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов. Москва: ДеЛи принт. 2002; 235 с. Skurihin I.M., Tutelyana V.A. Chemical composition of Russian food products. Moscow: DeLi print. 2002; 235 p. [In Russian]
10. Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат. 1987; 224 с. Skurihin IM, Volgarev MN. Chemical composition of food products: Reference tables for the content of basic nutrients and energy value of food products. 2nd ed. Moscow: Agropromizdat. 1987; 224 p. [In Russian]
11. Буланов Ю.Б. Химический состав продуктов: Пищевая ценность. Тверь: ГУПТО. 2003; 16 с. Bulanov Y.B. Chemical composition of products: Nutritional value. Tver: GUPTO. 2003; 16 p. [In Russian]
12. Новикова Е.В., Черевко А.И. Энциклопедия питания. Нутриенты пищевых продуктов. т. 2 Москва: КноРус. 2023; 125 с. Novikova E.V., Cherevko AI. Encyclopedia of nutrition. Nutrients of food products. Vol. 2 Moscow: KnoRus. 2023; 125 p. [In Russian]
13. Mason B, Ross L, Gill E, et al. Development and validation of a dietary screening tool for high sodium consumption in Australian renal patients. *J Ren Nutr*. 2014 Mar;24(2):123-34.e1-3. doi: 10.1053/j.jrn.2013.10.004. Epub 2014 Jan 3.
14. Cade J, Thompson R, Burley V, et al. Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires: A review. *Public Health Nutrition*. 2002; 5(4): 567-87. doi: 10.1079/phn2001318
15. Nowson C, Lim K, Land M-A, et al. Salt intake and dietary sources of salt on weekdays and weekend days in Australian adults. *Public Health Nutrition*. 2018; 21(12): 2174-82. doi: 10.1017/s1368980017004104
16. Martin Bland J, Altman Douglas G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*. 1986; 327(8476): 307-10. doi: 10.1016/s0140-6736(86)90837-8
17. Mittelman MB, Sternberg B. Assessment of salt use at the table: Comparison of observed and reported behavior. *Am J Public Health*. 1985 Oct;75(10):1215-6. doi: 10.2105/ajph.75.10.1215..
18. Charlton KE, Steyn K, Levitt NS, et al. Development and validation of a short questionnaire to assess sodium intake. *Public Health Nutrition*. 2008; 11(1): 83-94. doi: 10.1017/S1368980007000146
19. Luft FC, Aronoff GR, Sloan RS, et al. Intra- and Interindividual Variability in Sodium Intake in Normal Subjects and in Patients With Renal Insufficiency. *American Journal of Kidney Diseases*. 1986; 7(5): 375-80. doi: 10.1016/s0272-6386(86)80085-3
20. Sasaki S, Yanagibori R, Amano K. Validity of a self-administered diet history questionnaire for assessment of sodium and potassium. *Japanese Circulation Journal*. 1998; 62(6): 431-5. doi: 10.1253/jcj.62.431
21. McLean RM, Williams SM, Te Morenga LA, et al. Spot urine and 24-h diet recall estimates of dietary sodium intake from the 2008/09 New Zealand Adult Nutrition Survey: A comparison. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2018; 72(8): 1120-7. doi: 10.1038/s41430-018-0176-0
22. McLean RM, Farmer VL, Nettleton A, et al. Assessment of dietary sodium intake using a food frequency questionnaire and 24-hour urinary sodium excretion: A systematic literature review. *Journal of Clinical Hypertension* (Greenwich, Conn). 2017; 19(12): 1214-30. doi: 10.1111/jch.13148
23. Day N, McKeown N, Wong M, et al. Epidemiological assessment of diet: A comparison of a 7-day diary with a food frequency questionnaire using urinary markers of nitrogen, potassium and sodium. *International Journal of Epidemiology*. 2001; 30(2): 309-17. doi: 10.1093/ije/30.2.309
24. Tangney CC, Rasmussen HE, Richards C, et al. Evaluation of a Brief Sodium Screener in Two Samples. *Nutrients*. 2019; 11(1): 166. doi: 10.3390/nu11010166
25. Souza DS, Santos BI, Costa BM, et al. Food frequency questionnaire for foods high in sodium: Validation with the triads method. *PLOS ONE*. 2023; 18(7): e0288123. doi: 10.1371/journal.pone.0288123
26. Artyukov I, Bukreeva I, Feshchenko R, et al. The first observation of osmotically neutral sodium accumulation in the myocardial interstitium. *Scientific Reports*. 2021; 11(1). doi: 10.1038/s41598-021-02956-y
27. Драгунов Д.О., Арутюнов Г.П., Соколова А.В. Современный взгляд на обмен натрия. *Клиническая Нефрология*. 2018; (1): 62-73. doi: 10.18565/nephrology.2018.1.62-73
- Dragunov DO, Arutyunov GP, Sokolova AV. Modern view of sodium metabolism. *Klinicheskaya Nefrologiya*. 2018; (1): 62-73. [In Russian]

Информация об авторах

Драгунов Дмитрий Олегович — к.м.н., доцент, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, заведующий ОМО по терапии ГБУ «НИИОЗММ» ДЗМ, Москва, e-mail: tamops2211@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1059-8387>

Соколова Анна Викторовна — к.м.н., доцент, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, ведущий специалист ОМО по терапии ГБУ «НИИОЗММ» ДЗМ, Москва, e-mail: sokolova2211@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0823-9190>

Арутюнов Григорий Павлович — д.м.н., профессор, член-корр. РАН, зав. кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, e-mail: arut@ossn.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6645-2515>

Information about the authors

Dmitry O. Dragunov — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, N.I. Pirogov Russian State Autonomous University of Medical Sciences, Ministry of Health of Russia, Head of OMO for Therapeutics, SBU «NIIOZMM» DZM, Moscow, e-mail: tamops2211@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1059-8387>

Anna V. Sokolova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Internal Medicine Propaedeutics, N.I. Pirogov Russian National Research Institute of Medical Sciences, Russian Ministry of Health, leading specialist of OMO on therapeutics of SBU «NIIOZMM» DZM. Moscow, e-mail: sokolova2211@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0823-9190>

Grigoriy P. Arutyunov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Internal Medicine Propaedeutics, N.I. Pirogov Russian National Research Institute of Medical Sciences, Russian Ministry of Health. Moscow, e-mail: arut@ossn.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6645-2515>

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author