

УДК 612.821

СЕЗОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ: МЕТА-АНАЛИЗ ПАНЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2022 г. Н. В. Кузьменко^{1, 2, *}, В. А. Цырлин¹, М. Г. Плисс^{1, 2}, М. М. Галагудза¹

¹ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр
имени В.А. Алмазова МЗ РФ, Санкт-Петербург, Россия

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова МЗ РФ, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: nat.kuzmenko2011@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.03.2021 г.

После доработки 12.03.2021 г.

Принята к публикации 30.04.2021 г.

Цель работы – путем мета-анализа исследовать сезонные колебания артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) и их зависимость от пола, возраста и особенностей климата региона. Были проанализированы данные по сезонной динамике АД и ЧСС у здоровых людей из 24 панельных исследований, проведенных в 23 регионах Земного шара. Регионы располагались в различных климатических зонах от субарктической до тропической. Мета-анализ данных сезонной динамики дневных значений АД у человека показал, что как САД (систолическое АД), так и ДАД (диастолическое АД) были выше в более холодный сезон по сравнению с более теплым сезоном. Разность между зимой и летом составляла для САД в среднем 3.42 [2.00, 4.84] мм рт. ст., для ДАД – 2.86 [0.98, 4.74] мм рт. ст. Дневные значения ЧСС были максимальны осенью и минимальны весной и летом, разность составляла в среднем не более 2 уд./мин. Значимых различий между результатами офисной и амбулаторной регистрации САД не было, но сезонные изменения ДАД были очевидны при офисной регистрации, но не при амбулаторной. Значимой сезонной динамики ночных значений АД и ЧСС установлено не было. Существенных различий в амплитуде сезонных изменений АД и ЧСС между мужчинами и женщинами, а также здоровыми людьми разных возрастных групп не было. В результате настоящего мета-анализа было выявлено, что в регионах, где цирканнуальные колебания температуры воздуха меньше, а также в более южных регионах, сезонные изменения АД больше. Таким образом, данный мета-анализ подтвердил сезонную динамику АД и ЧСС у здоровых людей, которая, вероятно, вызвана изменениями в нейрогуморальной регуляции, возникающими под влиянием погодных условий.

Ключевые слова: артериальное давление, частота сердечных сокращений, сезон, метеорологические факторы, климат.

DOI: 10.31857/S0131164622030109

Во многих исследованиях, проведенных в различных регионах Земного шара с разным типом климата, показана у людей сезонная динамика уровня артериального давления (АД) с максимумом в холодный сезон и надиром летом, которую большинство авторов связывают с цирканнуальными флуктуациями температуры воздуха [1–4]. Считается, что зимний подъем АД является основной причиной увеличения количества случаев обострения заболеваний сердечно-сосудистой системы в этот сезон [3].

Сердечно-сосудистые реакции при колебаниях ambientной температуры направлены на поддержание на постоянном уровне температуры ядра. В экспериментальных исследованиях с

участием добровольцев было установлено, что умеренная кратковременная гипотермия вызывает у людей повышение АД без изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС) [5]. Увеличение АД при охлаждении связано с увеличением центрального объема крови в результате сужения сосудов кожи [6, 7]. Умеренная кратковременная гипотермия сопровождается снижением АД, главным образом диастолического (ДАД), и тахикардией [5]. Это является закономерным следствием расширения сосудов кожи и повышением активности симпатической нервной системы [6–8].

Сердечно-сосудистые реакции, как при охлаждении, так и при нагревании ассоциированы с увеличением уровня катехоламинов и активности

симпатической нервной системы, которая способна вызывать неоднородные изменения в активности периферических симпатических нервов, чтобы избирательно контролировать регионарное кровообращение [6, 9]. Кроме того, при охлаждении наблюдается увеличение концентрации ангиотензина II и эндотелина-1 [10], а при нагревании отмечается рост уровня оксида азота [11]. Однако, как в экспериментах на крысах, так и в исследованиях на людях, было установлено, что после кратковременного охлаждения параметры гемодинамики нормализуются достаточно быстро [12, 13].

Смена времен года сопровождается изменением погодных условий и длины дня, что вызывает адаптивные реакции в функционировании организма, в основе которых лежит изменение активности тиреоидных гормонов, определяющих общий метаболизм. Так, зимой, с одной стороны, короткий день и увеличение уровня мелатонина подавляют синтез трийодтиронина (Т3) [14, 15], а с другой стороны, низкие температуры стимулируют его выработку [16–19]. Многочисленные исследования на крысах, которые, как и человек, являются млекопитающими без четко выраженной сезонности в функционировании организма, показали, что длительное воздействие низких температур вызывает у них устойчивую гипертензию, тахикардию и повышение циркулирующего Т3 [17, 20, 21]. Напротив, длительное воздействие умеренного тепла ассоциировано с брадикардией и снижением уровня тиреоидных гормонов [21–23]. С другой стороны, у крыс линии *Wistar* наблюдали увеличение Т3 в условиях длинного дня и снижение тиреоидных гормонов, АД и ЧСС при содержании в условиях короткого дня [24, 25]. В естественных условиях в климате с выраженной сезонной динамикой температуры воздуха у многих видов животных зима ассоциирована с брадикардией и снижением общего метаболизма, у некоторых видов вплоть до гибернации [26–28].

Люди активно используют искусственное освещение, а также могут минимизировать колебания ambientной температуры отоплением, кондиционированием, одеждой и изменением потребления жидкости и пищи. Тем не менее, в ранее проведенном мета-анализе нами было показано, что у современного человека уровень циркулирующего общего Т3 и ТТГ выше зимой, чем летом [29]. Также во многих исследованиях была установлена у людей сезонная динамика норадреналина, альдостерона, холестерина и гематокрита [30–39] с максимальными значениями зимой и минимальными летом.

Известно, что помимо температуры воздуха, сезонной динамике подвержены и другие метеорологические факторы: атмосферное давление, относительная влажность воздуха, парциальная

плотность кислорода в воздухе [40]. Однако влияние изменения этих факторов на АД и ЧСС практически не исследовано. Кроме того, обычно исследуются изменения АД зимой по сравнению с летом и не сравниваются другие сезоны, а цирканнуальные колебания ЧСС, до сих пор, практически не изучены. Также остается до конца неясным, зависит ли сезонная динамика АД и ЧСС от пола и возраста. Исследованию данных проблем посвящен настоящий мета-анализ. В данный мета-анализ были включены только панельные исследования на здоровых людях с нормальным уровнем АД, поскольку большинство крупных кросс-секционных исследований включают гипертензивных пациентов и людей с другими патологиями, а какая-либо терапия может оказать влияние на выраженность сезонных колебаний АД и ЧСС.

МЕТОДИКА

Отбор публикаций. Мета-анализ был выполнен в соответствии с рекомендациями *PRISMA* (<http://www.prisma-statement.org>). Поиск публикаций осуществляли в июле 2020 г. на английском и русском языках независимо двумя исследователями в базах *PubMed*, *Scopus*, *Google Scholar* без ограничения периода публикации. Использовали следующие ключевые слова: “артериальное давление”, “сердечный ритм”, “сезон”. Был применен фильтр “исследования на людях”.

Для настоящего мета-анализа отбирали панельные исследования из рецензируемых журналов. Дизайн работы устанавливали из описания методики: в разные сезоны должна была исследоваться одна и та же группа людей, при сравнении между сезонами должны были быть применены статистические тесты для повторных измерений. Отбирали только исследования, проведенные на нормотензивных здоровых людях, не находящихся на какой-либо терапии. Пол и возраст людей, участвующих в исследованиях, при отборе публикаций не учитывали, но исключали работы с участием беременных женщин и детей. Не включали исследования с участием спортсменов. Работы, отобранные для мета-анализа, должны были быть исследованиями, проведенными в конкретном регионе. Это условие позволило оценить зависимость сезонных колебаний АД и ЧСС от конкретных климатических условий. Регионы с горным климатом в мета-анализ не включали. Также не использовали исследования с участием сезонных рабочих, вахтовиков, полярников и других случаев временного нахождения людей в климатических условиях, отличных от региона их постоянного проживания (рис. 1).

Из работ извлекали данные по величине САД (систолического АД в мм рт. ст.), ДАД (диастолического АД в мм рт. ст.) и ЧСС (уд./мин), изме-

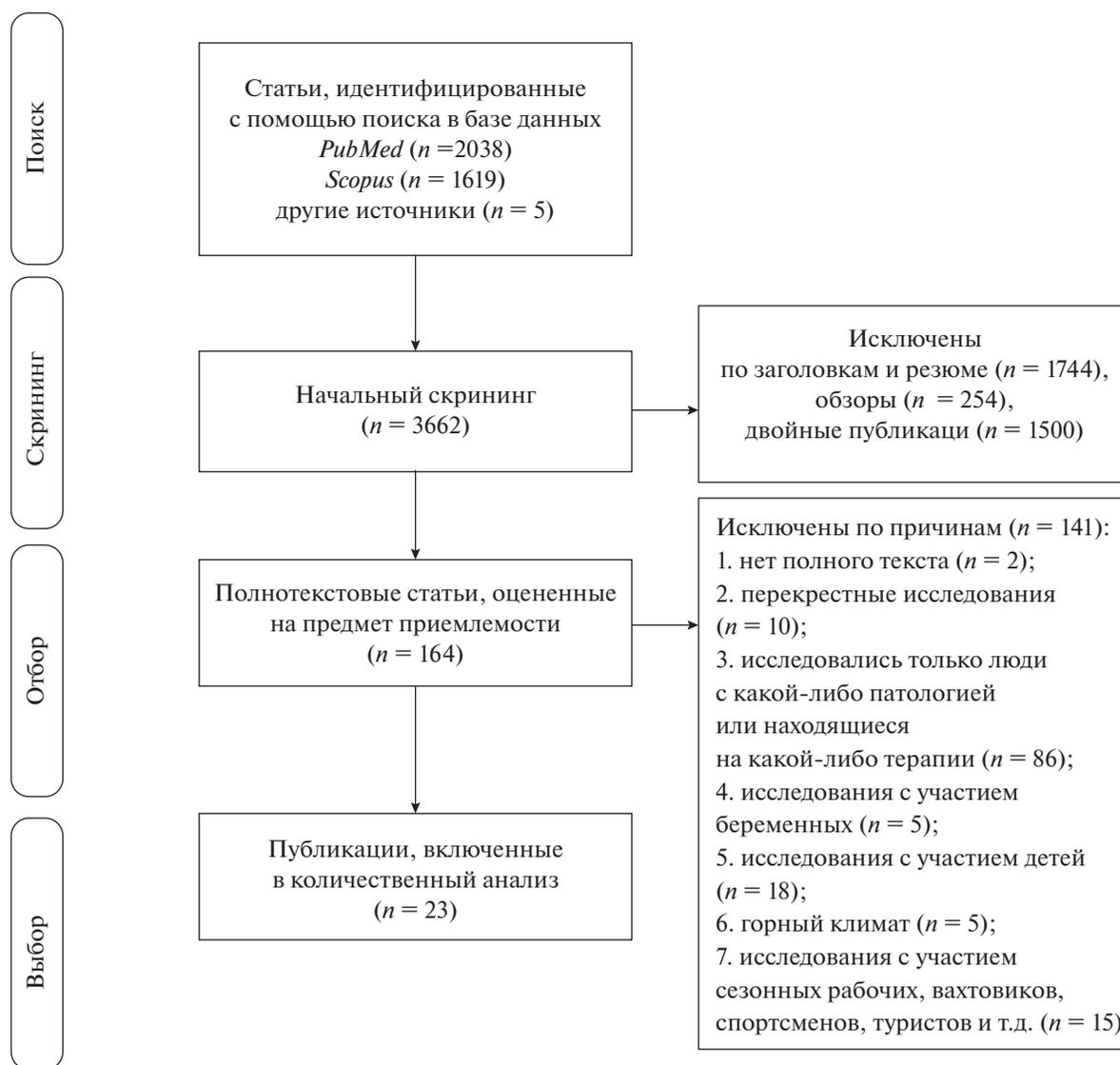


Рис. 1. Блок-схема в соответствии с рекомендационными предписаниями для системных обзоров и мета-анализов (<http://prisma-statement.org/>).

ренных зимой, весной, летом и осенью. Исследовали сезонную динамику как дневных, так и ночных значений АД и ЧСС. Также было исследовано влияние на сезонные колебания АД и ЧСС способа измерения (офисный, амбулаторный), пола и возраста. При исследовании зависимости сезонной динамики АД и ЧСС от пола и возраста использовали только те работы, в которых одновременно изучались люди разного пола/возраста и данные представлены для каждой гендерной/возрастной группы. Это исключало влияние других факторов (способа измерения, климата) на результат. Кроме того, изучали влияние географической широты и амплитуды цирканнуальных колебаний метеорологических факторов на сезонную динамику АД и ЧСС.

Обработка метеорологических данных. Если в статье были представлены метеорологические данные, то использовали их. В противном случае, используя архивные данные, проводили расчет средних значений температуры воздуха, атмосферного давления на уровне местности, вариативности атмосферного давления (стандартное отклонение среднемесячной величины атмосферного давления), относительной влажности воздуха и парциальной плотности кислорода в воздухе (pO_2), как описано в ранее опубликованных работах [29, 40].

В зависимости от амплитуды изменения метеорологического фактора в регионе проведения исследования, публикации при проведении мета-анализа делили на две субгруппы: с максималь-

ной и минимальной амплитудой изменения метеофактора.

Статистика. Мета-анализ результатов исследований проводили с помощью статистической программы *Review Manager 5.3 (Cochrane Library)*. Для анализа использовали *inverse variance* тест (*Mean Difference*). Гетерогенность, включенных в мета-анализ исследований, устанавливали по критерию I^2 . Выбор модели фиксированных или рандомизированных эффектов осуществляли в соответствии с рекомендациями *M. Borenstein et al.* [41]. Для оценки статистической значимости суммарных результатов применялся *Z*-тест. Доверительный интервал – 95%. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0.05$. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха, а также в виде “среднее значение \pm стандартное отклонение”. Наличие предвзятости при отборе публикаций оценивали с помощью графика-воронки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего в базах было найдено 3662 публикации (из них 254 обзоров), посвященных сезонной динамике в функционировании сердечно-сосудистой системы.

Для мета-анализа было отобрано 23 публикации (24 панельных исследования сезонной динамики АД и ЧСС). В публикации [60] представлены исследования в двух городах (Сыктывкаре и Магадане). В табл. 1 отображены основные характеристики публикаций, включенных в настоящий мета-анализ. Регионы проведения исследований располагались в различных климатических зонах от субарктической до тропической. Большинство авторов сообщают об измерении АД и ЧСС при комнатной температуре.

В табл. 2 представлена сезонная динамика основных метеорологических параметров в исследуемых регионах. Как видно из табл. 2, сезонной динамике подвержены температура воздуха, атмосферное давление, вариабельность атмосферного давления, относительная влажность воздуха, а также парциальная плотность кислорода в воздухе. Температура воздуха ниже зимой и выше летом, а ρO_2 больше зимой и меньше летом. Сезонная динамика температуры воздуха и ρO_2 воздуха имеют одинаковый цирканнуальный тренд во всех городах, но особенности климата региона будут определять амплитуду их межсезонных изменений. Атмосферное давление обычно более высокое и вариабельное зимой по сравнению с летом. Однако характер сезонной динамики атмосферного давления зависит от особенностей климата региона. Так, для Магадана и Архангельска (Россия), Эксетера (Великобритания), Базеля (Швейцария), Сендая (Япония), Буффало и Ву-

стера (США) характерна четко выраженная сезонная динамика вариабельности атмосферного давления, но не его среднемесячной величины. Для климата большинства регионов Ближнего Востока и Восточной Азии характерна четко выраженная сезонная динамика среднемесячной величины атмосферного давления, но не его вариабельности. В Сибири четко выражена сезонная динамика как величины, так и вариабельности атмосферного давления. Относительная влажность воздуха также обычно изменяется от зимы к лету. В Европе относительная влажность воздуха выше зимой, чем летом, а в Восточной Азии ее годовой тренд будет обратным.

Мета-анализ данных о сезонной динамике дневных значений АД у человека показал, что как САД, так и ДАД выше в более холодный сезон по сравнению с более теплым сезоном (табл. 3, рис. 2). Разность между зимой и летом составляет для САД в среднем 3.42 мм рт. ст., для ДАД – 2.86 мм рт. ст. Зимой САД было 122 ± 8 мм рт. ст., ДАД – 76.4 ± 6 мм рт. ст. Летом САД было 118.7 ± 7 мм рт. ст., ДАД – 73.3 ± 6 мм рт. ст. Нами не было выявлено различий в дневных значениях ЧСС между зимой и летом (табл. 3), которая в среднем составляла 71 ± 5 уд./мин. Однако максимальные значения ЧСС отмечались осенью, различия были значимы по сравнению с летом и весной, но составляли в среднем не более 2 уд./мин (табл. 3, рис. 3). Сезонные изменения САД были зафиксированы как при офисной, так и при амбулаторной регистрации АД. Сезонные изменения ДАД были очевидны при офисной регистрации, но не при амбулаторной (табл. 4). Сезонные изменения ЧСС были одинаковы при обоих способах регистрации (табл. 4). Не было выявлено различий между зимой и летом в ночных значениях АД и ЧСС (табл. 5).

Не было обнаружено зависимости сезонных колебаний (зима против лета) АД и ЧСС от пола. По результатам работ *D.E. Chiriboga et al.* [44] и *S. Fuse et al.* [45], в которых одновременно исследовались мужчины и женщины, у мужчин сезонные колебания АД составили для САД 2.70 [0.12, 5.28] мм рт. ст., для ДАД – 0.39 [–1.25, 2.03] мм рт. ст. (общий объем выборки 298 чел.); у женщин для САД – 1.56 [–1.28, 4.10] мм рт. ст., для ДАД – 0.46 [–1.28, 2.21] мм рт. ст. (общий объем выборки 282 чел.). По результатам работ *D.E. Chiriboga et al.* [44], *S. Fuse et al.* [45] и *W.R. Leonard et al.* [55] сезонные колебания ЧСС были у мужчин 2.19 [0.45, 3.94] уд./мин (общий объем выборки 333 чел.), у женщин – 2.33 [0.73, 3.93] уд./мин (общий объем выборки 341 чел.).

Также не было обнаружено зависимости сезонных колебаний (зима против лета) АД и ЧСС от возраста. По результатам работ *J. Goodwin et al.* [46] и *Y. Inoue et al.* [51] сезонные колебания АД

Таблица 1. Публикации, включенные в мета-анализ

Источник	Период исследования	Время регистрации	Параметры	Общая выборка	Средний возраст	Пол, % мужчин	Сезоны	Место исследования, географические координаты
<i>Abdulla K.</i> , 1988 [42]	1971–1986	17:00–20:00	О: САД, ДАД	174	42	35	2	Мосул, Ирак, 36.2° с.ш. 43° в.д., 223 м н/м
<i>Cheng J.</i> , 2016 [43]	2015	8:00	О: САД, ДАД, ЧСС	29	44	48	2	Шанхай, Китай, 31° с.ш. 121.3° в.д., 4 м н/м
<i>Chiriboga D.E.</i> , 2009 [44]	1994–1998	–	О: САД, ДАД, ЧСС	534	48	51.5***	4	Вустер, Массачусетс, США, 42.2° с.ш. 71.5° з.д., 146 м н/м
<i>Fuse S.</i> , 2020 [45]	2016–2017	–	О: САД, ДАД, ЧСС	46	41	50***	2	Токио, Япония, 35.4° с.ш. 139.4° в.д., 46 м н/м
<i>Goodwin J.</i> , 2001 [46]	3 года	Сутки	А: САД, ДАД	45	49**	100	2	Экстер, Великобритания, 50.4° с.ш. 3.3° з.д., 7 м н/м
<i>Goyal A.</i> , 2019 [47]	–	Сутки	А: САД, ДАД*	28	40	78.6	4	Лудхiana, Индия, 30.6° с.ш. 75.5° в.д., 260 м н/м
<i>Grishin O.V.</i> , 2017 [48]	–	9:00–15:00	О: САД, ДАД, ЧСС	32	43	44	2	Новосибирск, Россия, 55° с.ш. 82.5° в.д., 150 м н/м
<i>Hata T.</i> , 1982 [49]	1979–1980	–	О: САД, ДАД, ЧСС	14	41	100	2	Осака, Япония, 34.4° с.ш. 135.3° в.д., 35°41', 24 м н/м
<i>Hattori T.</i> , 2015 [34]	2010–2011	–	О: САД, ДАД, ЧСС	79	38	100	2	Сендай, Япония, 38.2° с.ш. 140.5° в.д., 57 м н/м
<i>Hayashi T.</i> , 2008 [50]	2004–2005	Сутки	А: САД, ЧСС*	45	67	44	4	Токио, Япония, 35.4° с.ш. 139° в.д., 44 м н/м
<i>Inoue Y.</i> , 1995 [51]	–	–	А: САД, ДАД, ЧСС	14	42**	100	4	Кобе, Япония, 34.4° с.ш. 135.1° в.д., 58 м н/м
<i>Kamezaki F.</i> , 2010 [52]	2008	–	О: САД, ДАД	1202	44	100	2	Нагоя, Япония, 35° с.ш. 136.5° в.д., 75 м н/м
<i>Kanikowska D.</i> , 2013 [35]	2010–2011	Сутки	А: САД, ДАД, ЧСС	5	24	100	2	Нагакуте, Япония, 35° с.ш. 137° в.д., 139 м н/м

Таблица 1. Окончание

Источник	Период исследования	Время регистрации	Параметры	Общая выборка	Средний возраст	Пол, % мужчин	Сезоны	Место исследования, географические координаты
<i>Kimura T.</i> , 2010 [53]	1996–1997	6:00–8:00	Д: САД, ДАД	15	79	46.7	4	Такамацу, Япония, 34.2° с.ш. 134° в.д., 10 м н/м
<i>Kristal-Boneh E.</i> , 2000 [54]	–	6:00–9:00	О: САД, ДАД, ЧСС	120	45	100	2	Раанана, Израиль, 32° с.ш. 34.5° в.д., 40 м н/м
<i>Leonard W.R.</i> , 2014 [55]	2009–2011	–	О: ЧСС	94	45**	37***	2	Бердигестях, Саха, Россия, 62° с.ш. 126.4° в.д., 212 м н/м
<i>Martinez-Nicolas A.</i> , 2015 [56]	2011–2013	Сутки	А: САД, ДАД, ЧСС*	52	25	0	2	Базель, Швейцария, 47.3° с.ш. 7.4° в.д., 317 м н/м
<i>Mosyugin I.G.</i> , 2011 [57]	–	–	О: САД, ДАД, ЧСС	70	19	100	4	Архангельск, Россия, 64.3° с.ш. 40.3° в.д., 4 м н/м
<i>Radke K.J.</i> , 2010 [36]	–	8:30–12:00	О: САД, ДАД, ЧСС	34	40	79	4	Буффало, Нью-Йорк, США, 42.5° с.ш. 78.5° з.д., 191 м н/м
<i>Sinha P.</i> , 2010 [58]	2004–2005	Утро	О: САД, ДАД	132	28	0	4	Нью-Дели, Индия, 28.4° с.ш. 77.1° в.д., 216 м н/м
<i>Singh K.</i> , 2016 [59]	1999	–	О: САД, ДАД, ЧСС	15	18.5	100	2	Рохтак, Харьяна, Индия, 28.5° с.ш. 76.3° в.д., 213 м н/м
<i>Sukhanova I.V.</i> , 2014 (1) [60]	2007–2011	8:30–12:30	О: САД, ДАД, ЧСС	17	37	100	4	Сыктывкар, Россия, 61.4° с.ш. 50.5° в.д., 172 м н/м
<i>Sukhanova I.V.</i> , 2014 (2) [60]	2007–2011	8:30–12:30	О: САД, ДАД, ЧСС	18	38	100	4	Магадан, Россия, 59.3° с.ш. 150.5° в.д., 70 м н/м
<i>Tsuchihashi T.</i> , 1995 [61]	–	Сутки	А: САД, ДАД, ЧСС*	10	24	0	4	Фукуока, Япония, 33° с.ш. 130° в.д., 3 м н/м

Примечание: О – офисные измерения, А – амбулаторные измерения, Д – домашние измерения, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений. * – помимо дневных измерений представлены и ночные измерения, ** – отдельно исследовались разные возрастные группы, *** – отдельно исследовались мужчины и женщины.

Регион	Температура воздуха, °С		Атмосферное давление, гПа		Вариабельность атмосферного давления, гПа		Относительная влажность, %		ρO ₂ , г/м ³	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето
	Архангельск, Россия	-9.5	16.1	1006	1008	11.8	6.1	85	75	308
Бердигестях, Саха, Россия	-33.6	19.5	993	976	9.7	4.1	68	61	335	266
Сыктывкар, Россия	-10.8	16.9	1000	993	12.9	5.9	83	72	308	273
Магадан, Россия	-14.5	11.9	993	992	9.4	4.8	64	82	310	278
Новосибирск, Россия	-16	24	1010	999	9.3	5.6	80	68	317	266
Эксетер, Великобритания	5.6	14.9	1013	1012	11.9	6.7	85	75	292	281
Базель, Швейцария	3.2	22.3	979	977	7.6	4.4	83	73	285	262
Буффало, Нью-Йорк, США	-1.9	23.2	986	985	8.3	4.4	74	71	293	263
Вустер, Массачусетс, США	0.1	23.1	997	998	9	5.1	66	73	294	267
Сендай, Япония	5.7	28.0	1008	1006	5.8	5.1	61	77	291	262
Мосул, Ирак	8.1	34.1	974	958	4.4	2.5	82	24	277	249
Токио, Япония (2004–2005)	8.2	26.5	1006	1001	7.7	4.6	50	72	288	264
Токио, Япония (2016–2017)	7.8	25.0	1011	1003	7.9	5.1	55	81	289	265
Нагакуте, Япония	3	29	1007	1001	5.5	4.6	66	80	288	261
Нагоя, Япония	5.6	26.1	1009	999	5.3	3.6	59	65	291	264
Осака, Япония	4.8	29.1	1007	996	6.3	4.3	63	70	291	259
Кобе, Япония	7	28.2	1014	1004	5.5	4.1	60	68	291	262
Такамацу, Япония	5.3	26	1015	1004	5.4	3.4	64	73	293	265
Фукуока, Япония	8.7	26.9	1016	1003	4.9	3.8	63	74	289	263
Раанана, Израиль	16.7	29	1011	1002	4.2	1.6	73	68	278	261
Шанхай, Китай	8.2	28.9	1021	1004	5.6	2.3	69	74	291	261
Лудхьяна, Индия	15.9	32.7	986	971	2.6	2.4	71	65	273	249
Рохтак, Харьяна, Индия	20.0	32.5	988	975	1.7	2.3	58	19	269	256
Нью-Дели, Индия	17.8	33.2	987	971	2.5	2.9	69	55	270	249

Таблица 3. Сезонная динамика артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) (дневные измерения)

Сравниваемые сезоны		Кол-во исследований	Объем выборки	Средняя разность	I ² %	Тест на общий эффект		
1	2					Rand. или Fix.	Z	P
САД (мм рт. ст.)								
Зима	Лето	23	2738	3.42 [2.00, 4.84]	59	R	4.73	0.00001
Зима	Весна	11	917	3.09 [0.93, 5.24]	53	R	2.81	0.005
Зима	Осень	11	917	3.01 [1.21, 4.82]	36	R	3.28	0.001
Осень	Лето	11	917	1.51 [0.15, 2.87]	0	F	2.18	0.03
Весна	Лето	11	917	1.77 [0.40, 3.13]	5	F	2.51	0.01
Весна	Осень	11	917	0.07 [-1.24, 1.39]	0	F	0.11	0.91
ДАД (мм рт. ст.)								
Зима	Лето	22	2693	2.86 [0.98, 4.74]	89	R	2.98	0.003
Зима	Весна	10	872	2.28 [0.06, 4.51]	73	R	2.02	0.04
Зима	Осень	10	872	1.58 [-0.35, 3.51]	66	R	1.61	0.11
Осень	Лето	10	872	1.62 [0.59, 2.65]	10	F	3.09	0.002
Весна	Лето	10	872	0.87 [-0.18, 1.92]	0	F	1.62	0.11
Весна	Осень	10	872	-0.93 [-1.91, 0.05]	0	F	1.86	0.06
ЧСС (уд./мин)								
Зима	Лето	18	1236	0.38 [-0.80, 1.55]	35	R	0.63	0.53
Зима	Весна	8	742	0.48 [-1.54, 2.51]	45	R	0.47	0.64
Зима	Осень	8	742	-1.15 [-3.54, 1.24]	55	R	0.94	0.35
Осень	Лето	8	742	1.55 [-0.18, 2.92]	0	F	2.22	0.03
Весна	Лето	8	742	-0.38 [-2.42, 1.67]	45	R	0.36	0.72
Весна	Осень	8	742	-1.87 [-3.74, -0.00]	30	R	1.96	0.05

Таблица 4. Сезонная динамика (зима против лета) артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) при различных способах регистрации

Способ измерения	Кол-во исследований	Объем выборки	Средняя разность	I ² %	Тест на общий эффект			Значимость различий между субгруппами, P
					Rand. или Fix.	Z	P	
САД (мм рт. ст.)								
Офисный	15	2516	3.53 [1.81, 5.25]	66	R	4.02	0.0001	0.47
Амбулаторный	6	139	2.45 [0.05, 4.84]	26	R	2.00	0.05	
ДАД (мм рт. ст.)								
Офисный	13	2470	3.47 [1.23, 5.70]	90	R	3.03	0.002	0.11
Амбулаторный	5	94	0.94 [-1.17, 3.05]	44	R	0.87	0.38	
ЧСС (уд./мин)								
Офисный	13	1102	0.35 [-1.09, 1.79]	47	R	0.48	0.63	0.91
Амбулаторный	5	126	0.21 [-1.83, 2.24]	0	F	0.20	0.84	

составили у молодых людей для САД 2.23 [-2.58, 7.04] мм рт. ст., для ДАД - -0.18 [-3.86, 3.50] мм рт. ст. (общий объем выборки 27 чел.); у пожилых людей для САД 1.65 [-3.47, 6.77] мм рт. ст., для

ДАД - -0.56 [-8.00, 6.87] мм рт. ст. (общий объем выборки 32 чел.). По результатам работ *Y. Inoue et al.* [51] и *W.R. Leonard et al.* [55] сезонные колебания ЧСС были у молодых людей 0.27 [-3.11,

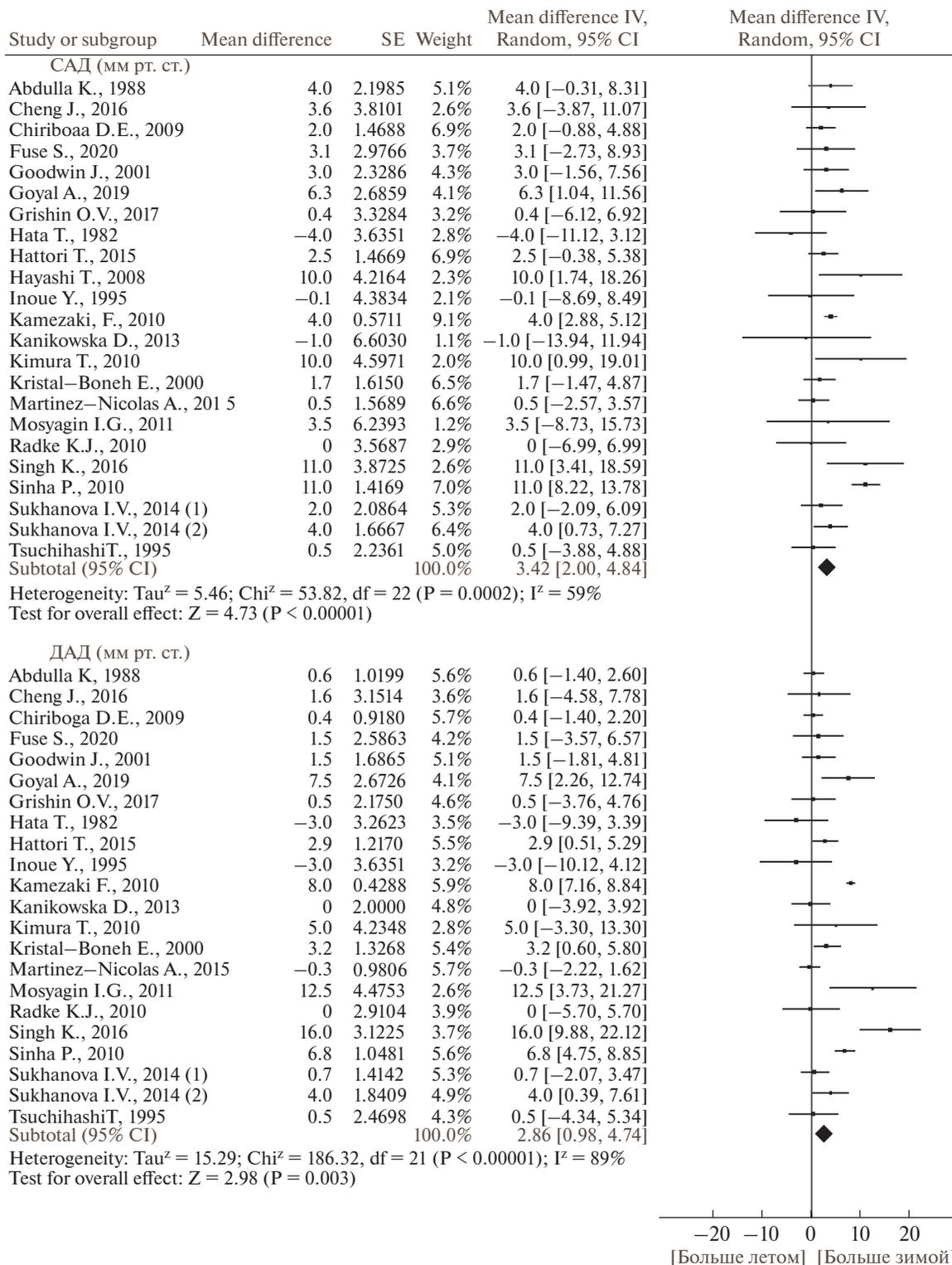


Рис. 2. Сезонная динамика систолического (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) (зима против лета).

3.66] уд./мин, у пожилых – 0.33 [–3.04, 3.71] уд./мин (общий объем выборки 49 и 59 чел. соответственно).

В результате настоящего мета-анализа было выявлено, что в регионах, где циркуануальные колебания температуры воздуха меньше, а также

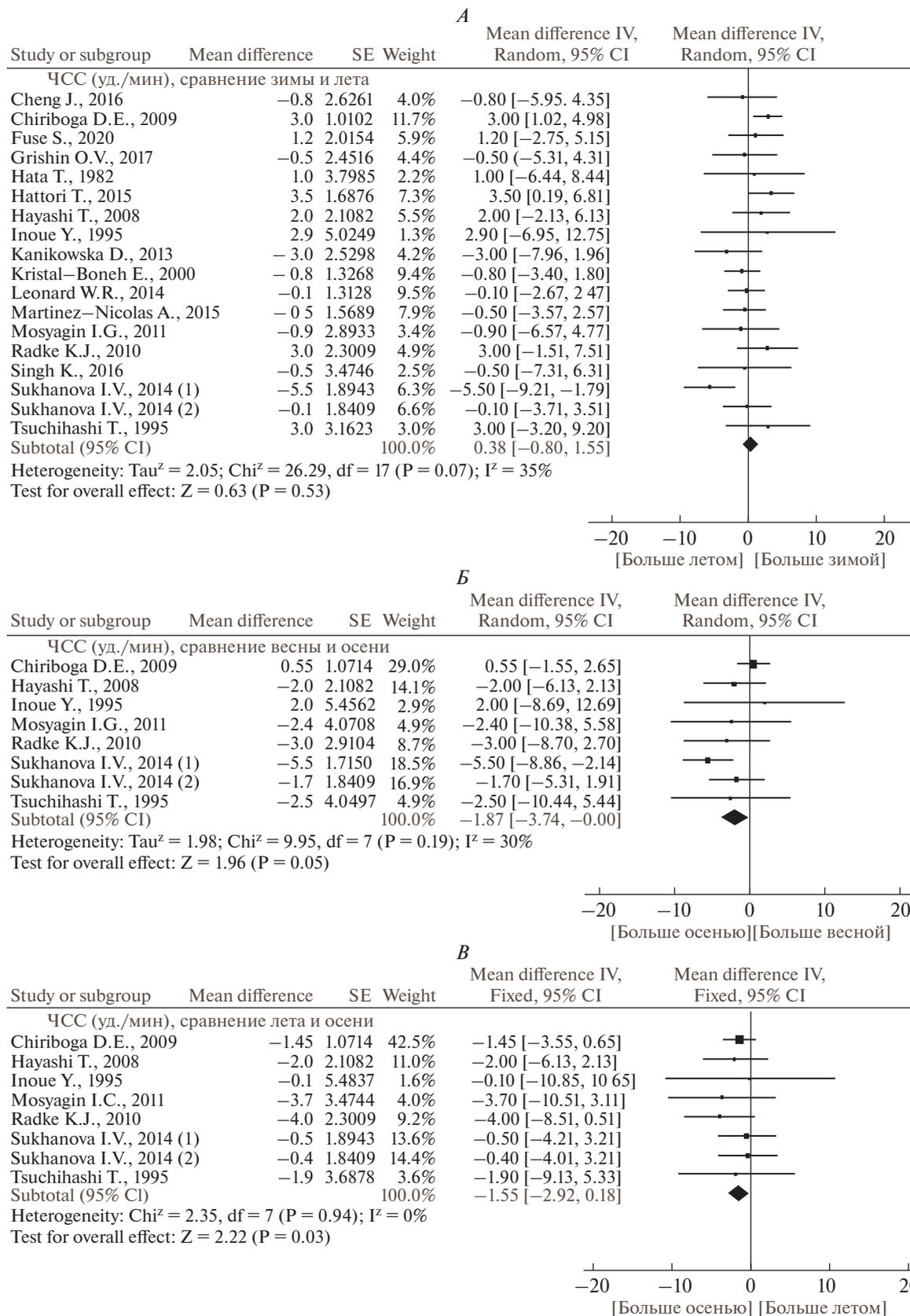


Рис. 3. Сезонная динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Таблица 5. Сезонная динамика (зима против лета) артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) (ночные измерения)

Параметры гемодинамики	Кол-во исследований	Объем выборки	Средняя разность	$I^2\%$	Тест на общий эффект		
					<i>Rand.</i> или <i>Fix.</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
САД (мм рт. ст.)	4	135	-0.02 [-2.14, 2.10]	0	<i>F</i>	0.02	0.98
ДАД (мм рт. ст.)	3	90	0.27 [-2.15, 2.70]	0	<i>F</i>	0.22	0.82
ЧСС (уд./мин)	3	107	1.35 [-0.05, 2.75]	0	<i>F</i>	1.9	0.06

в более южных регионах, сезонные изменения АД больше (рис. 4). Цирканнуальные колебания атмосферного давления и парциальной плотности кислорода в воздухе не оказывали влияния на сезонную динамику АД и ЧСС (рис. 4). Если летом влажность воздуха была выше, чем зимой, то зимой ЧСС было незначительно больше по сравнению с летом. Сезонная динамика АД не зависела от влажности воздуха (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящее время в различных регионах мира проведено большое количество исследований сезонных колебаний АД. Ряд крупных кросс-секционных исследований подтвердил сезонную динамику дневных значений АД с максимумом зимой и надиром летом [62–66]. Кроме того, в работе японских авторов была показана сезонная динамика ночных значений АД с летним максимумом и зимним минимумом [66], но в итальянском исследовании сезонная динамика ночного АД была обратной [65]. Ни одно из крупных кросс-секционных исследований не сообщает о выраженной сезонной динамике ЧСС.

Проведенный нами мета-анализ панельных исследований показал сезонную динамику дневных значений САД и ДАД у здоровых субъектов. АД было выше в более холодный сезон по сравнению с более теплым, с максимальными значениями зимой и минимальными летом. Кроме того, наш мета-анализ выявил сезонную динамику дневных значений ЧСС с максимумом осенью и минимальными значениями весной и летом. Значимой сезонной динамики ночных значений АД и ЧСС установлено не было. Интересно отметить, что сезонные колебания АД и ЧСС у людей совпадают с изменениями в концентрации циркулирующих гормонов. Так, зимой было зарегистрировано повышение уровня общего Т3 и ТТГ [29], норадреналина, альдостерона [30–32, 34–36], а осенью – свободных фракций тиреоидных гормонов [29, 67, 68].

Наш мета-анализ показал, что сезонные изменения САД были зафиксированы как при офис-

ной, так и при амбулаторной регистрации АД. Сезонные изменения ДАД были очевидны при офисной регистрации, но не при амбулаторной. Ранее мета-анализ *A. Kollias et al.*, в котором исследовалась сезонная динамика АД одновременно у нормотензивных и гипертензивных людей, не выявил значимого влияния способа регистрации на амплитуду сезонных колебаний АД, хотя изменения АД все-таки были несколько больше при офисной регистрации, чем при амбулаторной [69].

Y.K. Tu et al. в 6-летнем кросс-секционном исследовании на Тайване с участием более 100000 чел. установили, что сезонные колебания АД более выражены у мужчин, чем у женщин [70]. Однако в другом кросс-секционном исследовании в том же регионе [33] сезонная динамика АД была сильнее выражена у женщин, чем у мужчин, а в работе норвежских исследователей [63] цирканнуальные колебания АД не зависели от пола. По результатам нашего мета-анализа сезонные колебания АД и ЧСС не зависели от пола.

Известно, что на различные воздействия, в том числе и на воздействие гипер- и гипотермии, а также гипоксии, пожилые люди обычно демонстрируют преувеличенный ответ АД (главным образом САД), но ослабленную реакцию ЧСС [5, 71]. Установлено, что при старении и сердечно-сосудистых патологиях циркадные колебания АД увеличиваются, а колебания ЧСС уменьшаются [72, 73]. 6-летнее кросс-секционное исследование показало, что сезонные колебания АД более выражены у пожилых людей по сравнению с молодыми [70], но крупное австрийское кросс-секционное исследование [74], как и результаты нашего мета-анализа, не выявили зависимости сезонных изменений АД от возраста.

Основными факторами, синхронизирующими сезонную динамику функционирования организма, являются длина дня и температура воздуха. Сегодня превалирует точка зрения, что сезонную динамику АД у человека определяют, главным образом, цирканнуальные флуктуации температуры воздуха. Также проведенный нами мета-анализ показал, что АД выше в более холодный

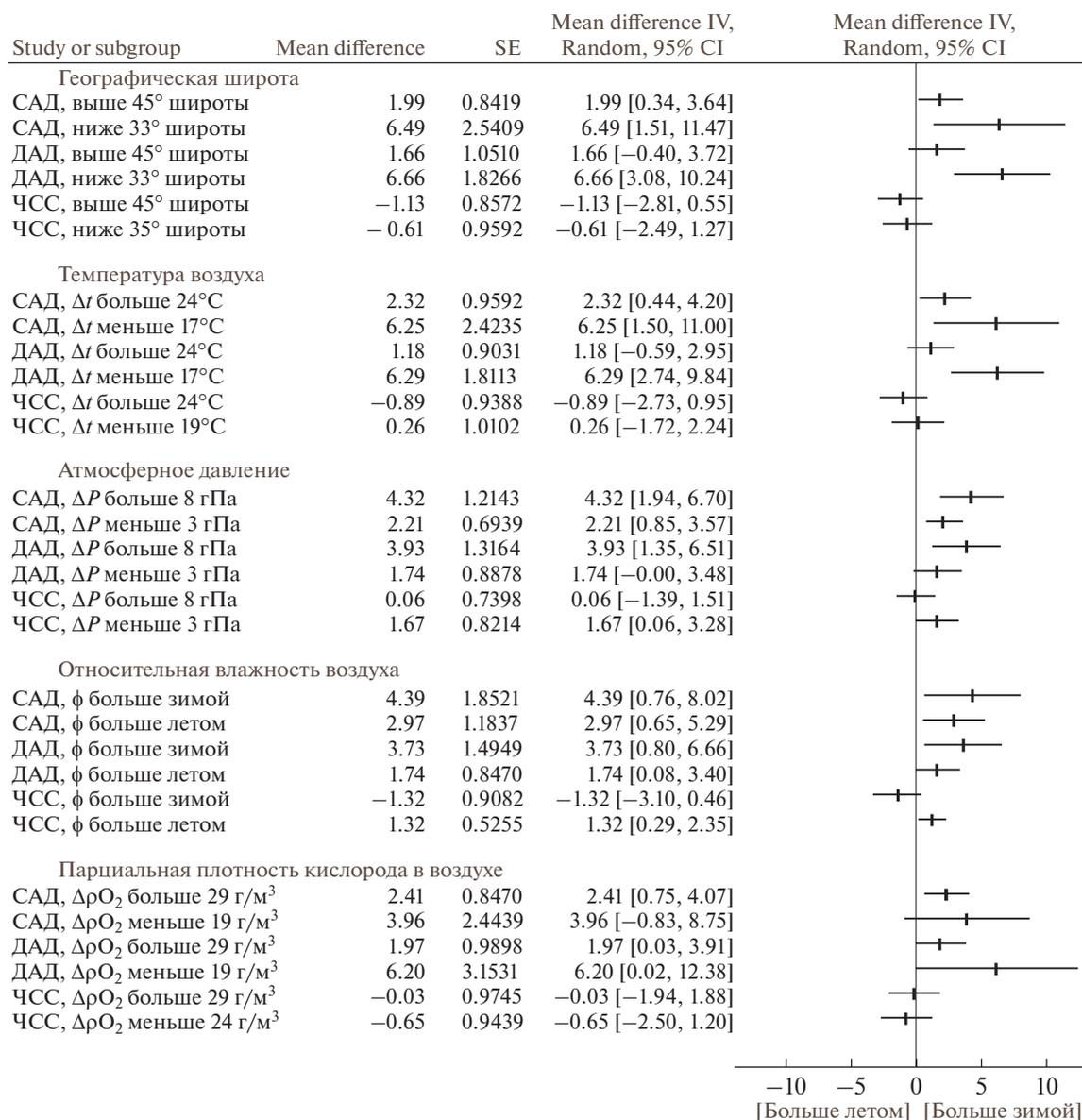


Рис. 4. Зависимость сезонных колебаний (зима против лета) артериального давления (АД) (в мм рт. ст.) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) (уд./мин) от географической широты и амплитуды изменений метеорологических факторов.

сезон по сравнению с более теплым сезоном. Однако в результате мета-анализа нами было выявлено, что в регионах, где циркулярные колебания температуры воздуха меньше, а также в более южных регионах, сезонные изменения АД больше. Факт большей амплитуды сезонных колебаний АД в регионах с теплой зимой может объясняться несколькими причинами: во-первых, возможным отсутствием центрального отопления; во-вторых, в области высоких широт зимний подъем АД может быть нивелирован повышением уровня мелатонина, обладающего слабым гипотензивным действием [32]; в-третьих, в неко-

торых регионах с небольшой разницей температур между летом и зимой наблюдается выраженная сезонная динамика других метеорологических факторов (атмосферного давления, относительной влажности). Следует отметить, что исследование *L. Yang et al.* [75], проведенное в разных регионах Китая, не выявило зависимости сезонной динамики АД от наличия центрального отопления.

В ранее проведенном мета-анализе было установлено, что сезонные колебания ТТГ у здоровых людей (с максимальными значениями зимой по сравнению с летом), а также сезонные колебания

САД у пожилых пациентов с артериальной гипертензией больше в регионах с выраженной сезонной динамикой величины атмосферного давления, чем в регионах, где сезонная динамика величины атмосферного давления выражена слабо или не выражена [29, 40]. Известно, что повышенные уровни ТТГ ассоциировано с более высокими значениями АД [76]. Кроме того, пациенты с гипертензией демонстрируют повышенную симпатическую и гемодинамическую реакцию на гипотермию, колебания атмосферного давления и pO_2 [77–79]. С другой стороны, результаты исследований сезонной динамики АД с участием пациентов с артериальной гипертензией не могут быть достаточно объективны в виду разных форм гипертензии, отличающихся этиопатогенезом и терапией или отсутствием постоянной терапии. В данном исследовании с участием только здоровых людей в регионах с выраженной сезонной динамикой среднемесячной величины атмосферного давления цирканнуальные колебания АД были несколько больше, а ЧСС, наоборот, меньше, но значимой зависимости обнаружено не было. Также по результатам настоящего мета-анализа не получено убедительных данных, подтверждающих влияние относительной влажности воздуха и парциальная плотность кислорода в воздухе на сезонную динамику АД и ЧСС.

Таким образом, наш мета-анализ подтвердил сезонную динамику АД и ЧСС, которая, вероятно, вызвана изменениями в нейрогуморальной регуляции, возникающими под влиянием погодных условий.

Мета-анализ имеет ряд ограничений. Сравнимые субгруппы иногда существенно различались по количеству включенных исследований и объему выборки. Кроме того, отобранные для мета-анализа исследования отличались продолжительностью наблюдений, что могло оказать влияние на их результаты. Время офисной регистрации АД и ЧСС в разных исследованиях было разным от 6:00 до 20:00, а некоторые авторы даже не уточняли время регистрации. Однако известно, что АД и ЧСС имеют выраженный циркадный профиль. Также следует отметить недостаточно высокую точность в обработке метеорологических данных в случае отсутствия в архиве этих данных за период проведения исследования и заменой их статистикой за 10 лет, но климатические тенденции достаточно постоянны, и при сравнении субгрупп мы ориентировались на максимальные климатические различия.

ВЫВОДЫ

1. Мета-анализ данных о сезонной динамике дневных значений АД у человека показал, что как САД, так и ДАД выше в более холодный сезон по сравнению с более теплым сезоном. Максималь-

ные значения дневных САД и ДАД наблюдаются зимой, а минимальные летом. Дневные значения ЧСС были максимальны осенью и минимальны весной и летом. Значимой сезонной динамики ночных значений АД и ЧСС установлено не было.

2. Сезонные изменения САД были зафиксированы как при офисной, так и при амбулаторной регистрации АД. Сезонные изменения ДАД были очевидны при офисной регистрации, но не при амбулаторной. Сезонные изменения ЧСС были одинаковы при обоих способах регистрации.

3. Не было обнаружено существенных различий в амплитуде сезонных изменений АД и ЧСС между мужчинами и женщинами, а также здоровыми людьми разных возрастных групп.

4. В результате мета-анализа было выявлено, что в регионах, где цирканнуальные колебания температуры воздуха меньше, а также в более южных регионах, сезонные изменения АД больше.

Финансирование работы. Работа финансирована из средств Государственного задания № 056-00109-21-02.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Fares A.* Winter Hypertension: Potential mechanisms // *Int. J. Health Sci. (Qassim)*. 2013. V. 7. № 2. P. 210.
2. *Kollias A., Kyriakoulis K.G., Stambolliu E. et al.* Seasonal blood pressure variation assessed by different measurement methods: systematic review and meta-analysis // *J. Hypertens*. 2020. V. 38. № 5. P. 791.
3. *Marti-Soler H., Gubelmann C., Aeschbacher S. et al.* Seasonality of cardiovascular risk factors: an analysis including over 230 000 participants in 15 countries // *Heart*. 2014. V. 100. № 19. P. 1517.
4. *Rosenthal T.* Seasonal variations in blood pressure // *Am. J. Geriatr. Cardiol*. 2004. V. 13. № 5. P. 267.
5. *Кузьменко Н.В., Плисс М.Г., Галагудза М.М., Цырлин В.А.* Воздействие гипер- и гипотермии на параметры гемодинамики у людей разных возрастных групп: метаанализ // *Успехи геронтологии*. 2019. Т. 32. № 6. С. 964.
Kuzmenko N.V., Pliss M.G., Galagudza M.M. et al. Effects of Hyper- and Hypothermia on Hemodynamic Parameters in People of Different Age Groups: Meta-Analysis // *Adv. Gerontol*. 2020. V. 10. № 2. P. 170.
6. *Greaney J.L., Kenney W.L., Alexander L.M.* Sympathetic regulation during thermal stress in human aging and disease // *Auton. Neurosci*. 2016. V. 196. P. 81.
7. *Wilson T.E., Brothers R.M., Tollund C. et al.* Effect of thermal stress on Frank-Starling relations in humans // *J. Physiol*. 2009. V. 587. Pt. 13. P. 3383.
8. *Crandall C.G., Wilson T.E.* Human cardiovascular responses to passive heat stress // *Compr. Physiol*. 2015. V. 5. № 1. P. 17.

9. *Gagnon D., Schlader Z.J., Crandall C.G.* Sympathetic activity during passive heat stress in healthy aged humans // *J. Physiol.* 2015. V. 593. № 9. P. 2225.
10. *Sun Z.* Cardiovascular responses to cold exposure // *Front. Biosci. (Elite Ed).* 2010. V. 2. P. 495.
11. *Kellogg D.L., Crandall C.G., Liu Y. et al.* Nitric oxide and cutaneous active vasodilation during heat stress in humans // *J. Appl. Physiol.* (1985). 1998. V. 85. № 3. P. 824.
12. *Hintsala H., Kenttä T.V., Tulppo M. et al.* Cardiac repolarization and autonomic regulation during short-term cold exposure in hypertensive men: an experimental study // *PLoS One.* 2014. V. 9. № 7. P. e99973.
13. *Vianna D.M., Carrive P.* Inhibition of the cardiovascular response to stress by systemic 5-HT1A activation: sympathoinhibition or anxiolysis? // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2009. V. 297. № 2. P. R495.
14. *Arrojo E., Drigo R., Bianco A.C.* Type 2 deiodinase at the crossroads of thyroid hormone action // *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2011. V. 43. № 10. P. 1432.
15. *Dardente H., Hazlerigg D.G., Ebling F.J.* Thyroid hormone and seasonal rhythmicity // *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2014. V. 5. P. 19.
16. *Arancibia S., Rage F., Astier H., Tapia-Arancibia L.* Neuroendocrine and autonomous mechanisms underlying thermoregulation in cold environment // *Neuroendocrinology.* 1996. V. 64. № 4. P. 257.
17. *Louzada R.A., Santos M.C., Cavalcanti-de-Albuquerque J.P. et al.* Type 2 iodothyronine deiodinase is up-regulated in rat slow- and fast-twitch skeletal muscle during cold exposure // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2014. V. 307. № 11. P. E1020.
18. *O'Malley B.P., Cook N., Richardson A. et al.* Circulating catecholamine, thyrotrophin, thyroid hormone and prolactin responses of normal subjects to acute cold exposure // *Clin. Endocrinol. (Oxf).* 1984. V. 21. № 3. P. 285.
19. *Цибульников С.Ю., Маслов Л.Н., Нарыжная Н.В., Иванов В.В.* Хроническое периодическое воздействие холода не влияет на артериальное давление и устойчивость сердца к действию ишемии и реперфузии // *Патол. физиол. и эксперим. терапия.* 2018. Т. 62. № 1. С. 17.
Tsibulnikov S.Y., Maslov L.N., Naryzhnaya N.V., Ivanov V.V. Chronic intermittent cold exposure does not influence blood pressure and resistance of the heart to ischemia and reperfusion // *Pathological Physiology and Experimental Therapy.* 2018. V. 62. № 1. P. 17.
20. *Kühn E.R., Bellon K., Huybrechts L., Heyns W.* Endocrine differences between the Wistar and Sprague-Dawley laboratory rat: influence of cold adaptation // *Horm. Metab. Res.* 1983. V. 15. № 10. P. 491.
21. *Кузьменко Н.В., Щербак Н.С., Плисс М.Г. и др.* Метаанализ адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы нормотензивных крыс при колебаниях температуры // *Биофизика.* 2021. Т. 66. № 6. С. 1192.
Kuzmenko N.V., Shcherbak N.S., Pliss M.G. et al. Meta-analysis of cardiovascular adaptive responses to temperature variations in normotensive rats // *Biophysics.* 2021. V. 66. № 6. P. 1016.
22. *Horowitz M., Meiri U.* Central and peripheral contributions to control of heart rate during heat acclimation // *Pflugers Arch.* 1993. V. 422. № 4. P. 386.
23. *Mirit E., Palmon A., Hasin Y., Horowitz M.* Heat acclimation induces changes in cardiac mechanical performance: the role of thyroid hormone // *Am. J. Physiol.* 1999. V. 276. № 2. P. R550.
24. *Ostrowska Z., Kos-Kudla B., Marek B., Kajdaniuk D.* Influence of lighting conditions on daily rhythm of bone metabolism in rats and possible involvement of melatonin and other hormones in this process // *Endocr. Regul.* 2003. V. 37. № 3. P. 163.
25. *Zhang B.L., Zannou E., Sannajust F.* Effects of photoperiod reduction on rat circadian rhythms of BP, heart rate, and locomotor activity // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2000. V. 279. № 1. P. R169.
26. *Eisermann K., Meier B., Khaschei M., von Holst D.* Ethophysiological responses to overwinter food shortage in wild European rabbits // *Physiol. Behav.* 1993. V. 54. № 5. P. 973.
27. *Baldock N.M., Sibly R.M., Penning P.D.* Behavior and seasonal variation in heart rate in domestic sheep, *Ovis aries* // *Animal Behaviour.* 1988. V. 36. № 1. P. 35.
28. *Staples J.F.* Metabolic Flexibility: Hibernation, Torpor, and Estivation // *Compr. Physiology.* 2016. V. 6. № 2. P. 737.
29. *Kuzmenko N.V., Tsyrlin V.A., Pliss M.G., Galagudza M.M.* Seasonal variations in levels of human thyroid-stimulating hormone and thyroid hormones: a meta-analysis // *Chronobiol. Int.* 2021. V. 38. № 3. P. 301.
30. *Walker B.R., Best R., Noon J.P. et al.* Seasonal variation in glucocorticoid activity in healthy men // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1997. V. 82. № 12. P. 4015.
31. *Kruse H.J., Wieczorek I., Hecker H. et al.* Seasonal variation of endothelin-1, angiotensin II, and plasma catecholamines and their relation to outside temperature // *J. Lab. Clin. Med.* 2002. V. 140. № 4. P. 236.
32. *Кузьменко Н.В., Цырлин В.А., Плисс М.Г.* Сезонная динамика мелатонина, пролактина, половых гормонов и гормонов надпочечников у здоровых людей: метаанализ // *Журнал эволюционной биохимии и физиологии.* 2021. Т. 57. № 3. С. 202.
Kuzmenko N.V., Tsyrlin V.A., Pliss M.G. Seasonal Dynamics of Melatonin, Prolactin, Sex Hormones and Adrenal Hormones in Healthy People: a Meta-Analysis // *J. Evol. Biochem. Phys.* 2021. V. 57. № 3. P. 451.
33. *Chen S.H., Chuang S.Y., Lin K.C. et al.* Community-based study on summer-winter difference in insulin resistance in Kin-Chen, Kinmen, Taiwan // *J. Chin. Med. Assoc.* 2008. V. 71. № 12. P. 619.
34. *Hattori T., Munakata M.* Blood pressure measurement under standardized indoor condition may mask seasonal blood pressure variation in men with mildly elevated blood pressure // *Clin. Exp. Hypertens.* 2015. V. 37. № 4. P. 317.
35. *Kanikowska D., Sato M., Iwase S. et al.* Effects of living at two ambient temperatures on 24-h blood pressure and neuroendocrine function among obese and non-obese humans: a pilot study // *Int. J. Biometeorol.* 2013. V. 57. № 3. P. 475.

36. Radke K.J., Izzo J.L. Seasonal variation in haemodynamics and blood pressure-regulating hormones // *J. Hum. Hypertens.* 2010. V. 24. № 6. P. 410.
37. Sung K.C. Seasonal variation of C-reactive protein in apparently healthy Koreans // *Int. J. Cardiol.* 2006. V. 107. № 3. P. 338.
38. Кузьменко Н.В., Цырлин В.А., Плисс М.Г. Сезонная динамика показателей красной крови у здоровых людей в регионах с разными типами климата: метаанализ // *Геофизические процессы и биосфера.* 2021. Т. 20. № 3. С. 39.
Kuzmenko N.V., Tsyrlin V.A., Pliss M.G. Seasonal dynamics of red blood parameters in healthy people in regions with different types of climate: a meta-analysis // *Izv. Atmos. Ocean. Phys.* 2021. V. 57. № 10. P. 1271.
39. Ockene I.S., Chiriboga D.E., Stanek E.J. 3rd. et al. Seasonal variation in serum cholesterol levels: treatment implications and possible mechanisms // *Arch. Intern. Med.* 2004. V. 164. № 8. P. 863.
40. Кузьменко Н.В., Плисс М.Г., Цырлин В.А. Зависимость цирканнуальной динамики артериального давления от сезонных колебаний метеорологических и гелиофизических факторов. Мета-анализ // *Российский кардиологический журнал.* 2019. Т. 24. № 1. С. 80.
Kuzmenko N.V., Pliss M.G., Tsyrlin V.A. The dependence of circannual dynamics of blood pressure on seasonal fluctuations of meteorological and heliophysical factors. Meta-analysis // *Russian Journal of Cardiology.* 2019. V. 24. № 1. P. 80.
41. Borenstein M., Hedges L.V., Higgins J.P.T., Rothstein H.R. *Introduction to Meta-analysis.* Wiley: Chichester, 2009. 421 p.
42. Abdulla K., Taka M. Climatic effects on blood pressure in normotensive and hypertensive subjects // *Postgrad. Med. J.* 1988. V. 64. № 747. P. 23.
43. Cheng J., Xiao M., Xu H. et al. Seasonal changes of 24-hour intraocular pressure rhythm in healthy Shanghai population // *Medicine (Baltimore).* 2016. V. 95. № 31. P. e4453.
44. Chiriboga D.E., Ma Y., Li W. et al. Seasonal and sex variation of high-sensitivity C-reactive protein in healthy adults: a longitudinal study // *Clin. Chem.* 2009. V. 55. № 2. P. 313.
45. Fuse S., Sugimoto M., Kurosawa Y. et al. Relationships between plasma lipidomic profiles and brown adipose tissue density in humans // *Int. J. Obes. (Lond).* 2020. V. 44. № 6. P. 1387.
46. Goodwin J., Pearce V.R., Taylor R.S. et al. Seasonal cold and circadian changes in blood pressure and physical activity in young and elderly people // *Age Ageing.* 2001. V. 30. № 4. P. 311.
47. Goyal A., Narang K., Ahluwalia G. et al. Seasonal variation in 24h blood pressure profile in healthy adults—A prospective observational study // *J. Hum. Hypertens.* 2019. V. 33. № 8. P. 626.
48. Гришин О.В., Зинченко М.И., Гульяева В.В. и др. Артериальное давление в условиях внутривизитного измерения у нормотензивных добровольцев // *Физиология человека.* 2017. Т. 43. № 6. С. 71.
Grishin O.V., Zinchenko M.I., Gulyaeva V.V. et al. Blood Pressure Measurement under Within-Visit Conditions in Normotensive Volunteers // *Human Physiology.* 2017. V. 43. № 6. P. 670.
49. Hata T., Ogiwara T., Maruyama A. et al. The seasonal variation of blood pressure in patients with essential hypertension // *Clin. Exp. Hypertens A.* 1982. V. 4. № 3. P. 341.
50. Hayashi T., Ohshige K., Sawai A. et al. Seasonal influence on blood pressure in elderly normotensive subjects // *Hypertens. Res.* 2008. V. 31. № 3. P. 569.
51. Inoue Y., Nakao M., Ueda H., Araki T. Seasonal variation in physiological responses to mild cold air in young and older men // *Int. J. Biometeorol.* 1995. V. 38. № 3. P. 131.
52. Kamezaki F., Sonoda S., Tomotsune Y. et al. Seasonal variation in metabolic syndrome prevalence // *Hypertens. Res.* 2010. V. 33. № 6. P. 568.
53. Kimura T., Senda S., Masugata H. et al. Seasonal blood pressure variation and its relationship to environmental temperature in healthy elderly Japanese studied by home measurements // *Clin. Exp. Hypertens.* 2010. V. 32. № 1. P. 8.
54. Kristal-Boneh E., Froom P., Harari G. et al. Summer-Winter Differences in 24 h Variability of Heart Rate // *J. Cardiovasc. Risk.* 2000. V. 7. № 2. P. 141.
55. Leonard W.R., Levy S.B., Tarskaia L.A. et al. Seasonal variation in basal metabolic rates among the Yakut (Sakha) of Northeastern Siberia // *Am. J. Hum. Biol.* 2014. V. 26. № 4. P. 437.
56. Martinez-Nicolas A., Meyer M., Hunkler S. et al. Day-time variation in ambient temperature affects skin temperatures and blood pressure: Ambulatory winter/summer comparison in healthy young women // *Physiol. Behav.* 2015. V. 149. P. 203.
57. Мосягин И.Г., Чеснокова В.Н. Сезонные изменения гемодинамических показателей у юношей Северного региона // *Военно-медицинский журнал.* 2011. Т. 332. № 2. С. 46.
Mosyagin I.G., Chesnokova V.N. [Sezonnye izmeneniya gemodinamicheskikh pokazatelej u yunoshej Severnogo regiona] // *Voen. Med. Zh.* 2011. V. 332. № 2. P. 46.
58. Sinha P., Kumar T.D., Singh N.P., Saha R. Seasonal Variation of Blood Pressure in Normotensive Females Aged 18 to 40 Years in an Urban Slum of Delhi, India // *Asia Pac. J. Public Health.* 2010. V. 22. № 1. P. 134.
59. Singh K., Kaushik N.K. Seasonal variations in hematological and hemodynamic parameters // *IAIM.* 2016. V. 3. № 9. P. 54.
60. Суханова И.В., Вдовенко С.И., Максимов А.Л. и др. Сравнительный анализ морфофункциональных показателей у жителей Европейского Севера и Северо-Востока России // *Экология человека.* 2014. Т. 10. С. 3.
Sukhanova I.V., Vdovenko C.I., Maximov A.L. et al. Comparative analysis of morphofunctional indices in residents of European North and Russia North-East // *Human Ecology.* 2014. V. 10. P. 3.
61. Tsuchihashi T., Uezono K., Abe I. et al. Seasonal variation in 24-h blood pressure pattern of young normotensive women // *Hypertens. Res.* 1995. V. 18. № 3. P. 209.
62. Cepeda M., Muka T., Ikram M.A. et al. Seasonality of Insulin Resistance, Glucose, and Insulin Among Middle-Aged and Elderly Population: The Rotterdam

- Study // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2018. V. 103. № 3. P. 946.
63. *Madsen C., Nafstad P.* Associations between environmental exposure and blood pressure among participants in the Oslo Health Study (HUBRO) // *Eur. J. Epidemiol.* 2006. V. 21. № 7. P. 485.
 64. *Ponjoan A., García-Gil M.M., Martí R. et al.* Derivation and validation of BOREAS, a risk score identifying candidates to develop cold-induced hypertension // *Environ. Res.* 2014. V. 132. P. 190.
 65. *Sega R., Cesana G., Bombelli M. et al.* Seasonal variations in home and ambulatory blood pressure in the PAMELA population. *Pressione Arteriose Monitorate E Loro Associazioni* // *J. Hypertens.* 1998. V. 16. № 11. P. 1585.
 66. *Tabara Y., Matsumoto T., Murase K. et al.* Seasonal variation in nocturnal home blood pressure fall: the Nagahama study // *Hypertens. Res.* 2018. V. 41. № 3. P. 198.
 67. *Jang Y.Y., Kim C.Y., Hwang T.Y. et al.* Reference interval of serum thyroid hormones in healthy Korean adults // *J. Prev. Med. Public Health.* 2008. V. 41. № 2. P. 128.
 68. *Wang D., Yu S., Ma C. et al.* Reference intervals for thyroid-stimulating hormone, free thyroxine, and free triiodothyronine in elderly Chinese persons // *Clin. Chem. Lab. Med.* 2019. V. 57. № 7. P. 1044.
 69. *Kollias A., Kyriakoulis K.G., Stambolliu E. et al.* Seasonal blood pressure variation assessed by different measurement methods: systematic review and meta-analysis // *J. Hypertens.* 2020. V. 38. № 5. P. 791.
 70. *Tu Y.K., Chien K.L., Chiu Y.W., Ellison G.T.* Seasonal variation in blood pressure is modulated by gender and age but not by BMI in a large Taiwanese population, 1996–2006 // *J. Am. Soc. Hypertens.* 2013. V. 7. № 3. P. 216.
 71. *Кузьменко Н.В., Плисс М.Г., Цырлин В.А.* Изменение вегетативного контроля сердечно-сосудистой системы при старении человека: метаанализ // *Успехи геронтологии.* 2020. Т. 33. № 4. С. 748.
 - Kuzmenko N.V., Pliss M.G., Tsyrlin V.A.* Changes in the autonomic control of the cardiovascular system in human aging: meta-analysis // *Adv. Gerontol.* 2020. V. 33. № 4. P. 748.
 72. *Johansson J.K., Niiranen T.J., Puukka P.J., Jula A.M.* Factors affecting the variability of home-measured blood pressure and heart rate: the Finn-home study // *J. Hypertens.* 2010. V. 28. № 9. P. 1836.
 73. *Zhao R., Li D., Zuo P. et al.* Influences of age, gender, and circadian rhythm on deceleration capacity in subjects without evident heart diseases // *Ann. Noninvasive Electrocardiol.* 2015. V. 20. № 2. P. 158.
 74. *Ulmer H., Kelleher C., Diem G. et al.* Estimation of seasonal variations in risk factor profiles and mortality from coronary heart disease // *Wien. Klin. Wochenschr.* 2004. V. 116. № 19–20. P. 662.
 75. *Yang L., Li L., Lewington S. et al.* Outdoor temperature, blood pressure, and cardiovascular disease mortality among 23000 individuals with diagnosed cardiovascular diseases from China // *Eur. Heart J.* 2015. V. 36. № 19. P. 1178.
 76. *Asvold B.O., Bjoro T., Nilsen T.I., Vatten L.J.* Association between blood pressure and serum thyroid-stimulating hormone concentration within the reference range: a population-based study // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2007. V. 92. № 3. P. 841.
 77. *Greaney J.L., Kenney W.L., Alexander L.M.* Neurovascular mechanisms underlying augmented cold-induced reflex cutaneous vasoconstriction in human hypertension // *J. Physiol.* 2017. V. 595. № 5. P. 1687.
 78. *Melnikov V.N., Krivoschekov S.G., Komlyagina T.G. et al.* Limb muscle hemodynamics and arterial distensibility depend on atmospheric pressure in hypertensive men // *Biomed. Environ. Sci.* 2013. V. 26. № 4. P. 284.
 79. *Kara T., Narkiewicz K., Somers V.K.* Chemoreflexes—physiology and clinical implications // *Acta Physiol. Scand.* 2003. V. 177. № 3. P. 377.

Seasonal Fluctuations of Blood Pressure and Heart Rate in Healthy People: a Meta-Analysis of Panel Studies

N. V. Kuzmenko^{a, b, *}, V. A. Tsyrlin^a, M. G. Pliss^{a, b}, M. M. Galagudza^a

^aAlmazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia

^bFirst Pavlov State Medical University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia

*E-mail: nat.kuzmencko2011@yandex.ru

The aim of the work is to study the seasonal fluctuations in blood pressure (BP) and heart rate (HR) and their dependence on gender, age and climate characteristics of the region through meta-analysis. We analyzed data on the seasonal dynamics of BP and HR in healthy people from 24 panel studies conducted in 23 regions of the Globe. The regions were located in different climatic zones from subarctic to tropical. A meta-analysis of data on seasonal dynamics of daily BP values in humans showed that both SBP (systolic BP) and DBP (diastolic BP) were higher in the colder season compared to the warmer season. The difference between winter and summer averaged 3.42 [2.00, 4.84] mm Hg for SBP, and 2.86 [0.98, 4.74] mm Hg for DBP. Daily HR were maximum in autumn and minimum in spring and summer, the difference averaged no more than 2 beats/min. There were no significant differences between office and ambulatory SBP registration results, but seasonal changes in DBP were evident at office registration, but not at ambulatory registration. Significant seasonal dynamics of nighttime values of BP and HR was not established. There were no significant differences in the amplitude of seasonal changes in BP and HR between men and women, as well as healthy people of different age groups. As a result of this meta-analysis, we found that in the regions where the annual

fluctuations in air temperature are less, as well as in more southern regions, the seasonal changes in BP are greater. Thus, our meta-analysis confirmed the seasonal dynamics in BP and HR in healthy people, which is probably caused by changes in neurohumoral regulation that occur under the influence of weather conditions.

Keywords: blood pressure, heart rate, season, meteorological factors, climate.