

**ВЛИЯНИЕ БАРИАТРИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ НА  
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СЕРДЦА ПРИ ОЖИРЕНИИ**

**(Обзорная статья)**

Хакимов М. Ш.

Д.м.н., профессор, заведующий кафедрой факультетской  
и госпитальной хирургии №1 Ташкентской медицинской академии

Саттаров О. Т.

Д.м.н., профессор кафедры факультетской и госпитальной хирургии  
№1 Ташкентской медицинской академии

Кенжаев С.Р.

Д.м.н., врач кардиолог Республиканского научного  
центра экстренной медицинской помощи

Бобоев Б.М.

PhD, врач-кардиолог отделения сосудистое хирургии  
многопрофильной клиники Ташкентской медицинской академии

**Аннотация**

Ожирение один из ключевых факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний. Бариатрическая хирургия способствует снижению массы тела и улучшению морфофункциональных параметров сердца. В обзорной статье представлены актуальные данные о влиянии хирургического вмешательства на ремоделирование миокарда, систолическую и диастолическую функцию левого желудочка, а также состояние правого желудочка. Проанализированы недостаточно изученные аспекты, включая миокардиальный фиброз, вегетативную регуляцию, микробиоту и фенотипы ожирения. Обозначены перспективные направления для будущих исследований.

**Ключевые слова:** ожирение, бариатрическая хирургия, обратное ремоделирование миокарда, сердечно-сосудистая адаптация, фракция выброса.

**Introduction**

На этом фоне бариатрическая хирургия рассматривается как наиболее эффективная и устойчиво результативная стратегия долгосрочной коррекции массы тела при морбидном ожирении. Многочисленные исследования последних лет подтвердили благоприятное влияние хирургического снижения массы тела на геометрию и функцию сердца: наблюдается уменьшение индекса массы миокарда, улучшение показателей диастолической релаксации, повышение фракции выброса. Однако, несмотря на возрастающее число публикаций и метаанализов, основной фокус научного внимания

по-прежнему сосредоточен на ограниченном наборе стандартных параметров, преимущественно левого желудочка.

Такой упрощённый подход, ориентированный на базовые эхокардиографические индексы, не позволяет в полной мере охарактеризовать сложную и многокомпонентную природу кардиального ремоделирования, происходящего в ответ на бариатрическое вмешательство. Учитывая гетерогенность клинических фенотипов ожирения, различия в сопутствующей патологии, уровне метаболических нарушений и гормональных профилей, очевидна необходимость более углублённого и многопланового анализа сердечно-сосудистой адаптации, включая оценку тканевых, вегетативных, правожелудочковых, гендерных и микробиомных аспектов. Всё это обуславливает высокую актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

**Целью** данной обзорной статьи является систематизация современных данных о влиянии бариатрической хирургии на морфофункциональные параметры сердца и выявление нерешённых вопросов, требующих дальнейшего научного изучения.

#### **Материалы и методы исследования.**

В ходе проведения обзора была использована методология систематического анализа литературы в соответствии с рекомендациями PRISMA. Поисковый запрос был выполнен в международных базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar за период 2015-2025 гг. с использованием ключевых слов: «бариатрическая хирургия», «ремоделирование сердца», «ожирение», «эхокардиография», «МРТ сердца». Были включены оригинальные клинические исследования, метаанализы и систематические обзоры, оценивающие влияние бариатрической хирургии на морфофункциональные параметры сердца. Исключались публикации без постоперационного наблюдения, без сопоставимых до- и послеоперационных данных, а также статьи с низким уровнем доказательности. Анализ включал обобщение данных по изменениям систолической и диастолической функции, показателям ремоделирования, а также длительности наблюдения.

#### **Результаты и обсуждение**

Согласно данным, представленным в обзоре Сухановой Л.П. и соавторов, ожирение оказывает многоуровневое и патогенетически обоснованное негативное влияние на структуру и функцию сердца. Авторы подробно рассматривают механизмы, лежащие в основе формирования кардиометаболических нарушений при избыточной массе тела. Указывается, что висцеральное ожирение сопровождается активацией ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, симпатической нервной системы, а также хроническим воспалением, что способствует развитию миокардиального ремоделирования. У пациентов с ожирением наблюдается увеличение массы миокарда левого желудочка, утолщение его стенок и снижение диастолической функции. Кроме того, отмечается развитие фиброза и снижение резерва коронарного кровотока, что в совокупности приводит к формированию "ожирелого сердца" - феномена,

характеризующегося морфофункциональной перестройкой миокарда в условиях избыточной жировой массы. Важным элементом патогенеза выступает жировая инфильтрация миокарда и эпикардальная жировая ткань, которая выделяет проинфламаторные цитокины, усугубляя локальное воспаление и метаболическую дисфункцию [1, 3, 5].

Авторы Шахбазян А.Ю., Алхазов Т.Г. (2023) акцентируют внимание на том, что ожирение оказывает прямое влияние на морфофункциональное состояние миокарда, в первую очередь способствуя развитию гипертрофии левого желудочка, увеличению размеров полостей сердца и нарушению диастолической функции. Это состояние обусловлено как метаболическими нарушениями (инсулинорезистентность, гиперлептинемия, системное воспаление), так и гемодинамической перегрузкой. Интерес представляет тот факт, что сердечные изменения при ожирении могут быть обратимыми: снижение массы тела, в том числе после бариатрических операций, сопровождается регрессом гипертрофии миокарда, уменьшением объёма камер сердца и улучшением диастолической функции. В литературном обзоре приводятся данные различных исследований, подтверждающих, что уменьшение индекса массы тела (ИМТ) на фоне хирургического или консервативного лечения связано со снижением массы миокарда левого желудочка, улучшением глобальной продольной деформации и нормализацией показателей трансмитрального потока. При этом обратимость ремоделирования миокарда зависит не только от степени снижения ИМТ, но и от продолжительности ожирения и сопутствующих факторов риска. Накопленные данные подчеркивают ключевую роль снижения массы тела в обратимом ремоделировании сердца, в том числе с потенциальным профилактическим эффектом по отношению к сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса [2, 6, 9, 10].

Ожирение представляет собой независимый фактор риска развития сердечной недостаточности, ассоциированный с гипертрофией левого желудочка, увеличением размеров предсердий и нарушением как систолической, так и диастолической функции сердца. Повышение ИМТ на каждый 1 кг/м<sup>2</sup> повышает риск сердечной недостаточности на 5 % у мужчин и на 7 % у женщин, а пациенты с ожирением теряют в среднем 4 года жизни без признаков сердечной недостаточности по сравнению с нормальной массой тела. P. Heidenreich проанализировал данные, демонстрирующие, что снижение веса, особенно хирургическое, способствует обратному ремоделированию сердца - уменьшению массы миокарда, снижению систолического и диастолического давления, а также улучшению продольной деформации миокарда. В то же время автор подчёркивает, что реакция предсердий и диастолической функции не всегда соответствует положительной динамике желудочков. В исследовании наблюдалось увеличение объёма левого предсердия и несмотря на уменьшение массы левого желудочка. Это может объясняться возрастными изменениями, перикардальными ограничениями или другими механизмами, не связанными напрямую со снижением массы тела. Таким образом, автор делает вывод о том, что эффекты бариатрической хирургии на сердечно-сосудистую систему сложны и многогранны, и требуют дальнейшего долгосрочного

наблюдения и стратификации по типу жировой ткани - висцеральной или подкожной [8, 11].

В перспективном клиническом исследовании V. Rozandal и соавторов была проведена оценка структурно-функциональных параметров сердца до и через 12 месяцев после бариатрических операций у пациентов с метаболическим синдромом (МС). Авторы выявили достоверное уменьшение диастолических и систолических размеров левого желудочка (ЛЖ) (на 9,0% и 9,1% соответственно), снижение индекса массы миокарда ЛЖ на 13,3%, а также значимое уменьшение частоты диастолической дисфункции. Примечательно, что ни один из параметров обратного ремоделирования не коррелировал со степенью снижения ИМТ, что указывает на наличие дополнительных, немеханических механизмов улучшения сердечной функции. Предполагается, что ключевую роль могут играть гормональные и нейрогуморальные изменения, сопровождающие хирургическую интервенцию, включая снижение воспалительной нагрузки и изменение адипокинового профиля [11, 13, 15]. Таким образом, полученные результаты подчеркивают, что бариатрическая хирургия оказывает значительное положительное влияние на сердечную структуру и функцию, выходящее за рамки простого снижения массы тела

Современные данные подтверждают, что бариатрическая хирургия оказывает значительное влияние на сердечно-сосудистую систему не только за счёт снижения массы тела, но и благодаря нормализации сердечного метаболизма, уменьшению объёма циркулирующей крови и снижению постнагрузки на миокард. Так, в исследовании Saeed M. и соавторов был проведён ретроспективный анализ 5818 пациентов с морбидным ожирением, перенёвших бариатрическое вмешательство, и сопоставимая по основным параметрам контрольная группа. Было установлено, что бариатрическая хирургия достоверно снижает долгосрочный риск сердечной недостаточности (СН) по сравнению с нехирургическим лечением. Через медиану наблюдения в 5,9 лет частота развития СН оказалась на 41% ниже у прооперированных пациентов. Особенно выраженный эффект наблюдался у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и сопутствующей гипертрофией левого желудочка [12, 14].

В когортном исследовании Abtahi F. и соавторов изучалось влияние бариатрических операций (рукавной гастрэктомии и гастрощунтирования по типу Roux-en-Y) на параметры сердечной геометрии и функции с использованием трансторакальной эхокардиографии у 30 пациентов с ИМТ >40 кг/м<sup>2</sup> или >35 кг/м<sup>2</sup> при наличии сопутствующих заболеваний. Через 6 месяцев после операции было зафиксировано статистически достоверное снижение массы тела, ИМТ и площади поверхности тела (все  $p < 0,001$ ), а также выраженное улучшение морфологических и функциональных показателей сердца. Так, масса миокарда левого желудочка уменьшилась с  $177,2 \pm 60,4$  г до  $143,7 \pm 37,7$  г, а фракция выброса ЛЖ возросла с 57,7% до 59,8% ( $p < 0,001$ ). Показатель TAPSE, отражающий функцию правого желудочка, увеличился с 20,6 мм до 21,9 мм ( $p < 0,001$ ). Кроме того, достоверно снизились конечные систолические и диастолические объёмы ЛЖ, толщина межжелудочковой перегородки, объёмы левого предсердия, а также индекс  $E/e'$ , указывающий на снижение давления наполнения ЛЖ, что

свидетельствует об улучшении как систолической, так и диастолической функции миокарда [3, 5, 6, 7].

Результаты исследования подчеркивают значимость бариатрической хирургии не только как метода снижения массы тела, но и как эффективного способа обратимого ремоделирования миокарда и улучшения кардиогемодинамики. Данный подход может быть особенно актуален у пациентов с метаболическим синдромом и начальными признаками сердечно-сосудистых нарушений, что оправдывает включение эхокардиографического мониторинга в стандартный протокол пред- и послеоперационной оценки таких пациентов.

Одним из ключевых звеньев патогенеза сердечно-сосудистых осложнений при МС является сосудистый ремоделинг и редукция капиллярной сети миокарда, что приводит к нарушению перфузии и способствует развитию сердечной недостаточности. Как показано в обзоре K. Bartkowiak и соавторов, у пациентов с МС наблюдается выраженная дисфункция эндотелия, снижение ангиогенного ответа и нарушение сигнальных путей VEGF/VEGFR, несмотря на повышение уровня VEGF в плазме. Это объясняется изменениями экспрессии рецепторов VEGFR1/VEGFR2, повышением уровня их растворимых форм, а также нарушениями передачи сигнала по ключевым внутриклеточным каскадам, включая PLC- $\gamma$ /ERK, PI3K/AKT и SRC/p38 MAPK. В совокупности эти изменения ведут к редукции сосудов и задержке коллатерального роста, ухудшая оксигенацию и способствуя прогрессированию диастолической дисфункции и сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса [6, 8, 9]. Таким образом, патогенез сердечно-сосудистых изменений при МС требует не только оценки структурных параметров миокарда, но и глубокого молекулярного анализа ангиогенного потенциала и сосудистой регуляции, что приобретает особое значение при изучении эффективности бариатрических вмешательств как метода не только метаболической, но и кардиоваскулярной коррекции.

Ремоделирование левого желудочка является одним из важнейших критериев сердечно-сосудистого риска при ожирении и метаболическом синдроме. В ретроспективном исследовании, проведенном Sarmiento-Cobos M. и соавторами в университетском госпитале США, было проанализировано влияние быстрой потери массы тела после бариатрической хирургии на индекс массы ЛЖ и сократительную функцию миокарда. В исследование включено 40 пациентов, перенесших бариатрическое вмешательство (рукавная гастрэктомия или шунтирование по типу Roux-en-Y), у которых выполнялась двухмерная эхокардиография до операции и через 12 месяцев после неё. По результатам исследования масса ЛЖ достоверно снизилась с  $234,9 \pm 88,1$  г до  $181,5 \pm 52,7$  г ( $p=0,002$ ), индекс массы ЛЖ - с  $101,3 \pm 38,3$  г/м<sup>2</sup> до  $86,7 \pm 26,6$  г/м<sup>2</sup> ( $p=0,005$ ), а фракция укорочения ЛЖ возросла с  $31,0\% \pm 8,8\%$  до  $36,3\% \pm 8,2\%$  ( $p=0,007$ ). Авторы также отметили достоверную корреляцию между снижением индекса массы ЛЖ и уменьшением ИМТ ( $p=0,03$ ), что свидетельствует о прямой зависимости обратного ремоделирования миокарда от степени потери массы тела [13]. Результаты данного исследования подтверждают важность бариатрических вмешательств не только в аспекте коррекции массы тела, но и как эффективного метода восстановления геометрии и функции

миокарда у пациентов с морбидным ожирением. Эти данные имеют высокую клиническую значимость для разработки комплексного подхода к лечению сердечно-сосудистых нарушений у пациентов с метаболическим синдромом.

Одним из ранних доказательств эффективности бариатрической хирургии в коррекции субклинической кардиальной дисфункции является исследование Tuluce K. и соавторов, в котором изучались ранние морфофункциональные изменения в структуре и работе ЛЖ и левого предсердия (ЛП) у пациентов с тяжёлым ожирением после лапароскопической продольной резекции желудка (лапароскопической рукавной гастрэктомии, LSG). В исследование были включены 32 пациента с ожирением и 30 здоровых добровольцев. Через 1 месяц после операции у пациентов отмечались достоверные улучшения глобального продольного напряжения ЛЖ (LGS), параметров деформации ЛП (PALS, S-Sr, E-Sr, A-Sr), уменьшение диаметра и индекса объёма ЛП (LAVI), снижение соотношения  $E/e'$ , а также значимое уменьшение как внутри-, так и межпредсердной дизсинхронии. Улучшение кардиальных показателей было статистически связано с выраженностью снижения массы тела. Причём постоперационные значения большинства параметров у пациентов сравнивались с таковыми в контрольной группе, а значения A-Sr даже превысили контрольные [14]. Полученные результаты свидетельствуют о выраженном обратном ремоделировании не только миокарда ЛЖ, но и функциональной архитектуры ЛП уже в ранние сроки после бариатрического вмешательства. Это подчёркивает важность использования чувствительных методов оценки деформации миокарда (strain-эхокардиография) в качестве инструмента мониторинга сердечно-сосудистых эффектов хирургического лечения ожирения у пациентов с метаболическим синдромом.

Эффекты бариатрической хирургии на сердечно-сосудистую систему проявляются уже в ранние сроки после вмешательства. В систематическом обзоре и метаанализе Huang Sh. и соавторов были проанализированы 24 исследования с участием 942 пациентов, перенесших бариатрическое вмешательство, в основном в первые 3-6 месяцев после операции. Результаты показали достоверное снижение массы левого желудочка (средневзвешенная разница -  $WMD=-22,06$  г, 95% ДИ: -27,97-16,16), что указывает на благоприятное геометрическое ремоделирование сердца. Улучшение диастолической функции было подтверждено снижением соотношения  $E/e'$  ( $WMD=-0,90$ , 95% ДИ: -1,83-0,16). Хотя фракция выброса левого желудочка (ЛЖ) не показала значимых изменений ( $WMD=+0,94$ , 95% ДИ: -0,19+2,07), более чувствительный маркер систолической функции - продольная деформация ЛЖ (LV longitudinal strain) - достоверно улучшилась ( $WMD=-2,43$ , 95% ДИ: -3,96-0,89). Таким образом, авторы пришли к выводу, что даже на ранних сроках после бариатрической операции отмечаются структурные и функциональные улучшения в сердечной мышце, что подчёркивает важность хирургического вмешательства не только как метаболической, но и как кардиопротективной стратегии [9, 11].

### Выводы

Дополнительным направлением, которое остается практически неосвещённым в проанализированных исследованиях, является влияние бариатрической хирургии на функциональные параметры сердца при нагрузке. Практически отсутствуют данные, полученные с использованием стресс-эхокардиографии или кардиореспираторного нагрузочного тестирования, которые позволяют оценить резервные возможности миокарда, толерантность к физической нагрузке и динамику сердечно-сосудистой адаптации в условиях физиологического стресса. Учитывая, что снижение массы тела сопровождается улучшением переносимости нагрузок, включение данных показателей могло бы существенно расширить представления о функциональной реабилитации пациентов после операции.

Не менее важным, но недостаточно исследованным, остаётся аспект вегетативной регуляции сердечно-сосудистой деятельности. В проанализированных работах практически отсутствует оценка вариабельности сердечного ритма, барорефлексной чувствительности, а также других параметров, отражающих состояние симпатопарасимпатического баланса, несмотря на известную связь ожирения с повышенной активностью симпатической нервной системы. Учитывая, что бариатрическая хирургия может способствовать восстановлению вегетативного гомеостаза, изучение этих изменений представляется весьма перспективным.

Кроме того, в литературе практически не рассматривается связь между изменениями сердечно-сосудистой системы и показателями кишечной микробиоты, несмотря на нарастающее количество данных, указывающих на участие оси «кишечник-сердце» в патогенезе ожирения и кардиометаболических нарушений. Потенциальное влияние модификации микробиоты после бариатрической операции на воспаление, фиброз и ремоделирование миокарда остаётся на сегодняшний день недооценённым и требует более глубокого изучения.

Таким образом, критический анализ литературы позволяет заключить, что, несмотря на существенный прогресс в изучении эффектов бариатрической хирургии на сердце, существует значительное число нерешённых вопросов и белых пятен. Комплексная оценка миокардиального фиброза, правожелудочковой функции, половых различий, ответов на физическую нагрузку, вегетативной регуляции и влияния микробиоты формируют перспективные направления для последующих исследований. На этом основании можно утверждать, что существует обоснованная возможность разработки научно-новой и клинически значимой темы диссертационной работы, направленной на углублённое изучение малораскрытых аспектов сердечно-сосудистой адаптации к бариатрическому вмешательству.

### Список литературы

1. Суханова Л.П. Ожирение и механизм его отрицательного влияния на структуру и функцию сердца // Фундаментальные и клинические исследования в медицине. -Россия, 2020. -№5. -С. 35-39.

2. Шахбазян А.Ю., Алхазов Т.Г., Шляхто Е.В., Структурно-функциональные изменения миокарда при ожирении: их динамика на фоне снижения массы тела (литературный обзор) // Российский кардиологический журнал. -Россия, 2023. -№7. -С. 100-107. doi:10.15829/1560-4071-2023-7-100-107
3. Abtahi F., Atashbarg M., Rahmanian M. et al. The evaluation of bariatric surgery effect on cardiac structure and function using transthoracic echocardiography: a cohort study // BMC Surgery. -Iran, 2024. -№24(37). -pp.1-5, doi:10.1186/s12893-024-02328-z
4. Arjonilla Sampedro ME, Illán Gómez F, González Ortega M, Orea Soler I, Sánchez Guirao AJ, Parreño Caparrós E, Sánchez Navarro E, Sánchez López-Muelas B, Pérez-Paredes M. Impact of ponderal loss after bariatric surgery on the cardiac structure and function. Med Clin (Barc). 2022 Aug 12;159(3):109-115. English, Spanish. doi: 10.1016/j.medcli.2021.09.018. Epub 2021 Dec 28. PMID: 34972550.
5. Arjonilla Sampedro ME, Illán Gómez F, González Ortega M, Orea Soler I, Sánchez Guirao AJ, Parreño Caparrós E, Sánchez Navarro E, Sánchez López-Muelas B, Pérez-Paredes M. Impact of ponderal loss after bariatric surgery on the cardiac structure and function. Med Clin (Barc). 2022 Aug 12;159(3):109-115. English, Spanish. doi: 10.1016/j.medcli.2021.09.018. Epub 2021 Dec 28. PMID: 34972550.
6. Bartkowiak K., Bartkowiak M., Jankowska-Steifer E. et al. Metabolic syndrome and cardiac vessel remodeling associated with vessel rarefaction: a possible underlying mechanism may result from a poor angiogenic response to altered VEGF signaling pathways // Journal of Vascular Research. -Poland, 2024. -№61(4). -pp.151-159, doi:10.1159/000538361
7. Graziani F, Leone AM, Cialdella P, Basile E, Pennestri F, Della Bona R, Iaconelli A, Liuzzo G, Biasucci LM, Cardillo MT, Iaconelli A, Guidone C, Nanni G, Mingrone G, Crea F. Effects of bariatric surgery on cardiac remodeling: clinical and pathophysiologic implications. Int J Cardiol. 2013 Oct 9;168(4):4277-9. doi: 10.1016/j.ijcard.2013.04.202. Epub 2013 May 18. PMID: 23688430.
8. Heidenreich P.A., Weight Loss and Cardiac Reverse Remodeling: Editorial Comment // Journal of the American College of Cardiology (JACC). USA, 2022. -Vol.80. -№16. -pp.1513-1515, doi:10.1016/j.jacc.2022.08.803
9. Huang Sh., Lan Y., Zhang C. et al. The early effects of bariatric surgery on cardiac structure and function: a systematic review and meta-analysis // Obesity Surgery. -USA, 2023. -Vol.33. -№2. -pp.453-468, doi:10.1007/s11695-02-06366-5
10. Patel KHK, Bajaj N, Statton BK, Bishop MJ, Herath NS, Stoks J, Li X, Sau A, Nyamakope K, Davidson R, Savvidou S, Agha-Jaffar D, Coghlin JA, Brezitski M, Bergman H, Berry A, Ardissino M, de Marvao A, Cousins J, Ware JS, Purkayastha S, Volders P, Peters NS, O'Regan DP, Coronel R, Cluitmans M, Lambiase PD, Ng FS. Bariatric surgery partially reverses subclinical proarrhythmic structural, electrophysiological, and autonomic changes in obesity. Heart Rhythm. 2024 Nov;21(11):2282-2294. doi: 10.1016/j.hrthm.2024.05.052. Epub 2024 May 31. PMID: 38825299.
11. Rozandal V. Cardiac remodeling after bariatric surgery beyond weight loss: a dose-response analysis // Obesity Surgery. -USA, 2025. -№35(5). -pp.1638-1648, doi:10.1007/s11695-025-07801-z

12. Saeed M. Bariatric surgery and long-term risk of heart failure in patients with obesity // Journal of the American College of Cardiology. -USA, 2024, №83(4), c. 358-370, doi:10.1016/j.jacc.2023.11.037
13. Sarmiento-Cobos M., Rivera C., Okida L.F. et al. Left ventricular mass index and ventricular contractility improvement in patients with severe obesity following rapid weight loss after bariatric surgery // Surgery for Obesity and Related Diseases. -USA, 2021. -Vol.17. - №6. -pp.1140-1145. doi:10.1016/j.soard.2021.01.040
14. Tuluce K., Kara C., Yakar Tuluce S. et al. Early reverse cardiac remodeling effect of laparoscopic sleeve gastrectomy // Obesity surgery. -Turkey, 2017. -Vol.27. -№2. -pp.364-375, doi:10.1007/s11695-016-2301-2
15. Henry JA, Abdesselam I, Deal O, Lewis AJ, Rayner J, Bernard M, Dutour A, Gaborit B, Kober F, Soghomonian A, Sgromo B, Byrne J, Bege T, Borlaug BA, Neubauer S, Rider OJ. The effect of bariatric surgery type on cardiac reverse remodelling. *Int J Obes (Lond)*. 2024 Jun;48(6):808-814. doi: 10.1038/s41366-024-01474-x. Epub 2024 Jan 31. PMID: 38297029; PMCID: PMC11129945.