



**ФУНДАМЕНТАЛ ВА
КЛИНИК ТИББИЁТ
АХБОРОТНОМАСИ**

**BULLETIN OF FUNDAMENTAL
AND CLINIC MEDICINE**

2026, №2 (22)

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

**BULLETIN OF FUNDAMENTAL
AND CLINIC MEDICINE**
**ФУНДАМЕНТАЛ ВА КЛИНИК
ТИББИЁТ АХБОРОТНОМАСИ**
**ВЕСТНИК ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И
КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ**

Научный журнал по фундаментальным и клиническим
проблемам медицины
основан в 2022 году

Бухарским государственным медицинским институтом
имени Абу Али ибн Сино
выходит один раз в 2 месяца

Главный редактор – Ш.Ж. ТЕШАЕВ

Редакционная коллегия:

*С.С. Давлатов (зам. главного редактора),
Р.Р. Баймурадов (ответственный секретарь),
М.М. Амонов, Г.Ж. Жарилкасинова,
А.Ш. Иноятов, Д.А. Хасанова, Е.А. Харибова,
Ш.Т. Уроков, Б.З. Хамдамов, Ф.К. Халлоқов*

*Учредитель Бухарский государственный
медицинский институт имени Абу Али ибн Сино*

2026, № 2 (22)

Адрес редакции:

Республика Узбекистан, 200100, г.
Бухара, ул. Гиждуванская, 23.

Телефон (99865) 223-00-50

Факс (99866) 223-00-50

Сайт <https://bsmi.uz/journals/fundamental-ya-klinik-tibbiyot-ahborotnomasi/>

e-mail baymuradovravshan@gmail.com

О журнале

*Журнал зарегистрирован
в Управлении печати и информации
Бухарской области
№ 1640 от 28 мая 2022 года.*

*Журнал внесен в список
утвержденный приказом № 370/б
от 8 мая 2025 года реестром ВАК
в раздел медицинских наук.*

Отпечатано в типографии ООО
“Шарк-Бухоро”. г. Бухара,
ул. Узбекистон Мустакиллиги, 70/2.

Редакционный совет:

Абдурахманов Д.Ш.	(Самарканд)
Абдурахманов М.М.	(Бухара)
Ахмедов Р.М.	(Бухара)
Баландина И.А.	(Россия)
Бахронов Ж.Ж.	(Бухара)
Бернс С.А.	(Россия)
Газиев К.У.	(Бухара)
Деев Р.В.	(Россия)
Дустова Н.К.	(Бухара)
Зокирова Н.Б.	(Ташкент)
Казакова Н.Н.	(Бухара)
Калашникова С.А.	(Россия)
Каримова Н.Н.	(Бухара)
Курбонов С.С.	(Таджикистан)
Маматов С.М.	(Кыргызстан)
Мамедов У.С.	(Бухара)
Мирзоева М.Р.	(Бухара)
Миршарапов У.М.	(Ташкент)
Набиева У.П.	(Ташкент)
Нуралиев Н.А.	(Хорезм)
Наврұзов Р.Р.	(Бухара)
Нарзиева Д.Ф.	(Бухара)
Орипов Ф.С.	(Самарканд)
Орипова Ф.Ш.	(Бухара)
Одилова Г.Р.	(Бухара)
Очилов К.Р.	(Бухара)
Раупов Ф.С.	(Бухара)
Рахмонов К.Э.	(Самарканд)
Рахметов Н.Р.	(Казахстан)
Рахматова С.Н.	(Бухара)
Султонова Л.Дж.	(Бухара)
Сайдуллаев З.Я.	(Самарканд)
Удочкина Л.А.	(Россия)
Файзиев Х.Б.	(Бухара)
Хамдамова М.Т.	(Бухара)
Хамдамов И.Б.	(Бухара)
Ходжаева Д.Т.	(Бухара)
Худойбердиев Д.К.	(Бухара)
Шодиева М.С.	(Бухара)
Эшонов О.Ш.	(Бухара)

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЯИЧНИКОВ ПРИ СОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ У ЖЕНЩИН (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**Паязов Ш.Н., Орипов Ф.С.**

Самаркандский государственный медицинский университет, г. Самарканд, Узбекистан

Резюме. Соматические заболевания у женщин сопровождаются нарушениями структуры и функции яичников, связанными с дисрегуляцией гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси, метаболическими и сосудистыми нарушениями. В обзоре систематизированы данные о морфофункциональных изменениях яичников при патологии различных систем и инфекциях. Показана диагностическая значимость морфометрии, антимюллерова гормона (АМН), экспрессии маркеров пролиферации (PCNA), рецепторов гормональной чувствительности (FSHR) и сосудистого индекса при оценке степени поражения яичников и репродуктивного потенциала.

Ключевые слова: яичники, соматические заболевания, фолликулогенез, АМН, PCNA, FSHR, сосудистый индекс.

MORPHOFUNCTIONAL CHANGES IN THE OVARIES IN WOMEN WITH SOMATIC DISEASES (LITERATURE REVIEW)**Payazov Sh.N., Oripov F.S.**

Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

Resume. Somatic diseases in women are accompanied by structural and functional alterations of the ovaries associated with dysregulation of the hypothalamic–pituitary–ovarian axis, as well as metabolic and vascular disorders. The review systematizes data on morphofunctional changes in the ovaries in diseases of various organ systems and infectious conditions. The diagnostic significance of morphometric parameters, anti-Müllerian hormone (AMH) levels, expression of proliferation markers (PCNA), hormone sensitivity receptors (FSHR), and the vascular index in assessing the severity of ovarian damage and reproductive potential is demonstrated.

Key words: ovaries, somatic diseases, folliculogenesis, AMH, PCNA, FSHR, vascular index.

СОМАТИК КАСАЛЛИКЛАРИ БЎЛГАН АЁЛЛАРДА ТУХУМДОНЛАРНИНГ МОРФОФУНКЦИОНАЛ ЎЗГАРИШЛАРИ (АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ)**Паязов Ш.Н., Орипов Ф.С.**

Самарканд давлат тиббиёт университети, Самарканд ш., Ўзбекистон

Резюме. Аёлларда соматик касалликлар гипоталамо–гипофизар–тухумдон ўқи фаолиятининг бузилиши, шунингдек метаболик ва қон-томир бузилишлари билан боғлиқ ҳолда тухумдонларнинг структуравий ва функционал ўзгаришлари билан кечади. Ушбу адабиётлар шарҳида турли аъзолар ва тизимлар касалликлари, шунингдек инфекция ҳолатларида тухумдонларда юзага келадиган морфофункционал ўзгаришлар ҳақидаги маълумотлар тизимлаштирилган. Тухумдон шикастланишининг оғирлик даражаси ва репродуктив салоҳиятни баҳолашда морфометрик кўрсаткичлар, анти-Миллер гормони (АМН) даражаси, пролиферация маркерлари (PCNA), гормон сезгирлиги рецепторлари (FSHR) экспрессияси ҳамда қон томир индекси диагностик аҳамиятга эга эканлиги кўрсатилган.

Калит сўзлар: тухумдонлар, соматик касалликлар, фолликулогенез, АМН, PCNA, FSHR, қон томир индекси.

e-mail: electron_2370@mail.ru, firdavs.oripov1809@gmail.com

Введение. Репродуктивное здоровье женщин определяется сложным и многоуровневым взаимодействием нейроэндокринных, метаболических, сосудистых и иммунных механизмов, центральное место среди которых занимает гипоталамо-гипофизарно-яичниковая ось. Стабильность её функционирования обеспечивает нормальное течение фолликулогенеза, стероидогенеза и овуляции, тогда как системные нарушения гомеостаза организма неминуемо отражаются на морфофункциональном состоянии яичников [1,2,4,5]. В последние десятилетия отмечается устойчивый рост распространённости соматических заболеваний среди женщин репродуктивного возраста, включая эндокринные, сердечно-сосудистые, метаболические, аутоиммунные и инфекционные патологии. Эти состояния рас-

сма­три­ва­ют­ся не толь­ко как со­пут­ст­вую­щие за­бо­ле­ва­ния, но и как зна­чи­мые фак­то­ры рис­ка фор­ми­ро­ва­ния о­ва­ри­аль­ной дис­фун­к­ции, пре­жде­вре­мен­но­го сни­же­ния о­ва­ри­аль­но­го ре­зер­ва и на­ру­ше­ний фер­тиль­но­сти [3,7,12]. В свя­зи с этим изу­че­ние вли­я­ния со­ма­ти­че­ской па­то­ло­гии на струк­ту­ру и функ­цию яич­ни­ков при­об­ре­та­ет осо­бую кли­ни­ко-би­оло­гиче­скую и со­ци­аль­ную зна­чи­мость. Па­то­ге­нез мор­фо­функ­ци­о­наль­ных из­ме­не­ний яич­ни­ков при со­ма­ти­че­ских за­бо­ле­ва­ни­ях но­сит муль­ти­фак­тор­ный ха­рак­тер и вклю­ча­ет хрониче­ское систем­ное вос­па­ле­ние, эн­до­те­ли­аль­ную дис­фун­к­цию, ми­кро­цир­ку­ля­тор­ные рас­строй­ства, тка­невую ги­по­ксию, ок­си­да­тив­ный стресс и гомо­наль­ную дис­ре­гу­ля­цию [6,8]. Ука­зан­ные ме­ха­низ­мы при­во­дят к на­ру­ше­нию роста и диф­фе­рен­ци­ро­в­ки фол­ли­ку­лов, из­ме­не­нию со­от­но­ше­ния фол­ли­ку­ляр­ных по­пу­ля­ций, сни­же­нию чув­ст­ви­тель­но­сти гра­ну­лёз­ных кле­ток к го­на­до­тро­пи­нам и уг­не­те­нию сте­ро­идо­ге­не­за. В ко­неч­ном ито­ге это от­ра­жа­ет­ся на ка­че­стве ову­ля­ции, им­план­та­ци­он­ном по­тен­ци­але и ре­про­дук­тив­ных ис­хо­дах [12,13]. Со­вре­мен­ные ис­сле­до­ва­ния де­мон­стри­ру­ют, что мор­фо­ло­гиче­ские из­ме­не­ния яич­ни­ков при со­ма­ти­че­ской па­то­ло­гии со­про­во­ж­да­ют­ся вы­ра­жен­ны­ми мо­ле­ку­ляр­но-кле­точ­ны­ми сдвигами [9-11]. Диа­гно­сти­че­ское и про­гно­сти­че­ское зна­че­ние при­об­ре­та­ют мор­фо­мет­ри­че­ские по­ка­за­те­ли фол­ли­ку­ляр­но­го ап­па­ра­та, у­ро­вень ан­ти­мюл­ле­ро­ва гомо­на (AMH), как мар­ке­ра о­ва­ри­аль­но­го ре­зер­ва, экс­прес­сия про­ли­фе­ра­тив­но­го ан­ти­ге­на ядер кле­ток (PCNA), от­ра­жа­ю­ще­го кле­точ­ную ак­тив­ность, а так­же ре­цеп­то­ров фол­ли­ку­ло­сти­му­ли­ру­ю­ще­го гомо­на (FSHR), оп­ре­де­ля­ю­щих гомо­наль­ную чув­ст­ви­тель­ность яич­ни­ков [14-19]. Су­щес­т­вен­ную роль в оцен­ке сте­пени по­ра­же­ния яич­ни­ков иг­ра­ет ана­лиз о­ва­ри­аль­но­го кро­во­то­ка и со­су­ди­стых ин­дек­сов, ха­рак­те­ри­зу­ю­щих со­сто­я­ние ми­кро­цир­ку­ля­ции. Не­смот­ря на на­ли­чие зна­чи­тель­но­го мас­си­ва экс­пе­ри­мен­таль­ных и кли­ни­че­ских дан­ных, ре­зуль­та­ты ис­сле­до­ва­ний оста­ют­ся фраг­мен­тар­ны­ми и раз­роз­нен­ны­ми, что за­труд­ня­ет фор­ми­ро­ва­ние це­ло­ст­но­го пред­став­ле­ния о за­ко­но­мер­но­стях мор­фо­функ­ци­о­наль­ных из­ме­не­ний яич­ни­ков при раз­лич­ных со­ма­ти­че­ских за­бо­ле­ва­ни­ях. В свя­зи с этим систематизация и обобщение современных литературных данных по данной проблеме представляются актуальной задачей репродуктивной медицины, морфологии и гинекологической эндокринологии [20-27].

Цель исследования. Целью настоящего обзора является обобщение и систематизация современных литературных данных о морфофункциональных изменениях в яичниках у женщин при соматических заболеваниях с акцентом на патогенетические механизмы и диагностические маркеры поражения гонад.

Материалы и методы исследования. Настоящая работа выполнена в формате аналитического обзора научной литературы, посвящённой изучению морфофункциональных изменений яичников у женщин при различных соматических заболеваниях. В основу исследования положен системный подход к анализу данных, отражающих структурные, функциональные и молекулярно-биологические аспекты поражения яичников в условиях соматической патологии. Анализ литературных источников включал отечественные и зарубежные публикации, в которых рассматривались морфологические изменения фолликулярного аппарата, особенности фолликулогенеза и стероидогенеза, показатели оварийного кровотока, а также гормональные и молекулярные маркеры функционального состояния яичников. Особое внимание уделялось исследованиям, выполненным с применением современных гистологических, иммуногистохимических, морфометрических и молекулярно-биологических методов. Поиск научных источников осуществлялся в ведущих электронных базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY и Google Scholar. Для формирования поисковых запросов использовались ключевые слова и их сочетания на русском и английском языках, включая: *ovaries, somatic diseases, morphological changes, folliculogenesis, anti-Müllerian hormone (AMH), PCNA, FSHR, vascular changes*. Дополнительно применялся ручной поиск по спискам литературы релевантных публикаций с целью выявления значимых работ, не индексируемых в основных базах данных. Критериями включения в обзор являлись оригинальные экспериментальные и клинические исследования, обзорные статьи и метаанализы, посвящённые оценке морфофункционального состояния яичников при соматических заболеваниях, преимущественно опубликованные в течение последних 10–15 лет. Также учитывались фундаментальные исследования, имеющие высокую научную и методологическую значимость, независимо от года публикации. Из анализа исключались работы с недостаточно описанной методологией, дублирующие данные и публикации, не соответствующие тематике обзора. Анализ отобранных литературных источников проводился с применением методов систематизации, сравнительной оценки и критического анализа полученных данных. При обобщении результатов акцент делался на морфометрические показатели фолликулярного аппарата, уровни антимюллерова гормона как маркера оварийного резерва, особенности экспрессии пролиферативных и гормональных рецепторных маркеров (PCNA, FSHR), а также параметры оварийного кровотока и микроцир-

куляции. Такой подход позволил обеспечить комплексную оценку характера и степени морфофункциональных изменений яичников при различных формах соматической патологии.

Обсуждение. Анализ литературных данных показал, что соматические заболевания у женщин сопровождаются выраженными морфофункциональными изменениями яичников, степень и характер которых зависят от нозологической формы, длительности заболевания и выраженности системных нарушений. Наиболее частыми морфологическими проявлениями являются уменьшение массы и объёма яичников, снижение плотности фолликулярного аппарата, преобладание атретических форм фолликулов, дистрофические изменения стромы и сосудистого русла. При заболеваниях центральной нервной и эндокринной систем ведущую роль в патогенезе поражения яичников играет дисрегуляция гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси, что проявляется нарушением фолликулогенеза, снижением числа примордиальных и растущих фолликулов, а также изменением чувствительности гранулёзных клеток к гонадотропинам. В ряде исследований отмечено снижение экспрессии рецепторов фолликулостимулирующего гормона (FSHR) и маркеров клеточной пролиферации (PCNA), что свидетельствует об угнетении пролиферативной активности фолликулярного эпителия. Соматическая патология, сопровождающаяся метаболическими нарушениями и хроническим воспалением, ассоциирована с выраженными структурными изменениями яичников, включая фиброз стромы, нарушение микроциркуляции и повышение сосудистой проницаемости. Эти изменения коррелируют со снижением уровня антимюллера гормона (АМН), отражающего уменьшение овариального резерва и функциональной активности гонад. При заболеваниях сердечно-сосудистой, дыхательной и мочевыделительной систем основное значение имеют хроническая гипоксия и сосудистые расстройства, приводящие к редукции капиллярной сети, снижению сосудистого индекса и развитию ишемически-дистрофических изменений в тканях яичников. Нарушения кровоснабжения негативно влияют на процессы роста и созревания фолликулов, что способствует формированию ановуляторных состояний. Таким образом, результаты анализа литературы свидетельствуют о том, что морфофункциональные изменения яичников при соматических заболеваниях носят системный характер и реализуются через взаимосвязанные нейроэндокринные, метаболические и сосудистые механизмы. Использование морфометрических показателей, уровня АМН, а также экспрессии PCNA и FSHR позволяет объективно оценивать степень поражения яичников, установить корреляционные связи между полученными данными и может рассматриваться как перспективное направление для ранней диагностики репродуктивных нарушений у женщин с соматической патологией.

Заключение. Соматические заболевания у женщин сопровождаются выраженными морфофункциональными изменениями яичников, проявляющимися нарушением фолликулогенеза, снижением овариального резерва и структурной перестройкой стромы. Ведущими патогенетическими механизмами поражения яичников являются дисрегуляция гипоталамо-гипофизарно-яичниковой оси, метаболические нарушения, хроническое воспаление и сосудистые расстройства. Снижение уровня антимюллера гормона (АМН), экспрессии PCNA и FSHR, а также изменения сосудистого индекса отражают степень структурно-функционального повреждения яичников при соматической патологии. Комплексная оценка морфометрических, гормональных и молекулярных показателей позволяет повышению степени достоверности установленного диагноза и прогнозированию репродуктивных нарушений у женщин с соматическими заболеваниями с целью правильного выбора тактики лечения и профилактических мероприятий.

Список литературы:

1. Ю.Ху, Уян Ван, Вэньцин Ма и др. Научная статья. Международный журнал молекулярной медицины SPANDIDOS PUBLICATIONS. «Влияние психологического стресса на функцию яичников: выводы, механизмы и стратегии вмешательства (Обзор)». 18.12.2024 г.
2. Диана Апетаэрова. Научная статья. Журнал: Weywell health. Здоровье Аризона. «Эпилепсия». 24.08.2025 г.
3. Л.В.Адамян, Е.В.Сибирская, Л.Г.Пивазян. Научная статья. Umedp. Медицинский портал для врачей. «Патофизиологические механизмы функциональной аменореи и синдрома поликистозных яичников у девушек репродуктивного возраста». Эффективная фармакотерапия. 2023. Том 19. № 37. Акушерство и гинекология.
4. Абдельрахман Юсиф, Ахмед Эбейд и др. Научная статья. MDPI. «Связь между яичником и мозгом». Опубликовано 2.01.2023 г. <https://doi.org/10.3390/cells13010094>
5. Хизер Валер, Анджела Чен, Кэтрин Дж. Грайв. Журнал «ENDOCRINOLOGY», статья «Гипоталамо-гипофизарно-яичниковая ось, заболевания яичников и старения мозга» том 166, выпуск 10, октябрь 2 025.

6. Ф.С.Орипов, Ф.Дж.Асадова. Научная статья. «Морфофункциональные нарушения органов при экспериментальном метаболическом синдроме». СамГМУ. Журнал: Доктор ахборотномаси. №2.(119). 2025.
7. В.В.Потемкин. «Эндокринология». Руководство для врачей. 2013 г. Издательство «Медицинское информационное агентство».
8. Адамян Л.В. и др. 2023 г. «Заболевания щитовидной железы и репродуктивная функция у женщин и девочек-подростков». Эффективная фармакология. Акушерство и гинекология. 2023. Том 19. № 23.
9. Аиша Альходжери, Сулейман Хаджи. Журнал «Endocrinology, Diabetes, Metabolism». Аменорея как проявление синдрома Кушинга. Том 2024. Выпуск 3.
10. Кузнецова И.В., Бурменская О.В., Кононова А.В. Научная статья. «Развития СПКЯ у пациентки с классическим синдромом врожденной дисфункцией коры надпочечников (ВДКН)». Журнал «Проблемы репродукции» 2020. Т.26. №3.139-144.
11. Нида Андлиб, Мохд Санджид, Сону Чанд Тхакур. Статья «Связь сахарного диабета с риском нарушений репродуктивной функции у женщин: всесторонний обзор». National Library of Medicine. Pub Med. 2024/10.
12. Бондаренко Л.В., Кузнецова И.В. Научная статья. «Морфофункциональные изменения яичников при эндокринных нарушениях». Архив патологии. 2017 г.
13. Радзинский И.Е., Соловьёва А.В., Стуклова Н.И. Монография. «Анемии и репродуктивное здоровье». Издательство Status Praesens Profmedia (Москва). 2024. 2-е издание.
14. Л.Р.Агабабян, З.Насирова, М.Алиева. Научная сатья. «Нарушение функции эндотелия сосудов у больных преждевременной недостаточностью яичников». Журнал «Вестник врача». 2021г., Выпуск 1. Стр 116-121.
15. Исламиди Д.К., Чижова А.В., Кудряцева Е.В. Научная статья. «Сравнительный анализ показателей обмена железа у пациенток с эндометриозами и другими доброкачественными образованиями яичников». Вестник УГМУ. 2024. №1
16. Фронт Эндокринолог. Научная статья. «Взаимосвязь между астмой и синдромом поликистозных яичников: современные взгляды». National Library of Medicine. PubMed Central. 2022/07 г.
17. Каюкова С.И., Уварова Е.В., Демихова О.В., Эргешов А.Э. Научная статья. «Особенности репродуктивных нарушений у женщин, больных туберкулёзом органов дыхания». Журнал «Акушерство и Гинекология». 2015/01.
18. Энтели Пука, Эдмонд Пука. Научная статья. «Преждевременная недостаточность яичников, связанная с инфекцией SARS-CoV-2». Журнал медицинских случаев. 2022/04. Стр.155-158.
19. Паязов Ш. Н. Гистологическая структура печени белых беспородных крыс // Экономика и социум. – 2024. – №. 11-1 (126). – С. 1286-1290.
20. Харалампос Ворос, Деспина Мавроджанни и др. Научная статья. «Изучение влияния COVID-19 на функцию яичников и преждевременную недостаточность яичников». National Library of Medicine. Pub Med. Биомедицина. 2025/02 г.
21. Рогова Л.Н. Липова Д.С Тихаева К.Ю. Научная статья «Влияние сопутствующей экстрагенитальной патологии на успешность процедур вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) у женщин» Журнал Вестник ВГМУ (Волгоград). Т.20, №1. 2023.
22. Фэйлин Хуан, Ин Цао. Научная статья «Влияние микробиома кишечника на старения яичников» PubMed Central. 3.01.2024; 16(1).
23. Кирилова Е.Д., Муравьева В.В. Научная статья. «Особенности микробиоты кишечника у пациенток с синдромом поликистозных яичников» Вестник РАМН. 2023. Т.78. № 4. С. 269-280.
24. Энгин Кёлюкчи, Селим Гюлюджю, Фикрет Эрдемир. Научная статья. «Взаимосвязь между симптомами заболеваний нижних мочевыводящих путей и синдромом поликистозных яичников». National Library of Medicine. PubMed Central. 2023/05 г.
25. Сазонова Е.Г., Мохорт Т.В. Научная статья. «Влияние хронической болезни почек на половую функцию у женщин». Juvenis Scientia. 2016. № 5. Медицина.
26. Адамян Л.В., Сибирская Е.В. и соавторы. Научная статья. «Влияние инфекций, передающихся половым путём, на репродуктивное здоровье девочек-подростков». Российский педиатрический журнал. Том 26. № 5. 2023 г.
27. Гуськова Н.К., Франциянц Е.А. Научная статья. «Экспериментальная модель как доказательство нарушений гормонопродуцирующей функции яичников при хламидиозе». Известия ВУЗов. 2017. №4.

Для цитирования: Паязов Ш.Н., Орипов Ф.С. Морфофункциональные изменения яичников при соматических заболеваниях у женщин (обзор литературы) // Вестник фундаментальной и клинической медицины. – 2026. – № 2(22). – С. 279–282. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18635878>