

## D-ХИРО-ИНОЗИТОЛ: ОБЗОР КЛИНИЧЕСКИХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРИ ЭСТРОГЕНЗАВИСИМЫХ НАРУШЕНИЯХ У МУЖЧИН

О.А. Громова, И.Ю. Торшин

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва

### Адрес для переписки:

Громова Ольга Алексеевна, unesco.gromova@gmail.com

### Ключевые слова:

восстановление чувствительности к инсулину, метаболизм андрогенов, эстрогены, фармакоинформатика и фармаконутрициология, Инокирол, ароматаза, D-хиро-инозитол, тестостерон, индекс T/E2

### Резюме

D-хиро-инозитол (D-ХИ) – один из 9 изомеров инозитола, входящий в состав инозитоловых фосфогликанов, являющихся медиаторами действия инсулина. Дотации D-ХИ и его синергиста марганца способствуют повышению чувствительности клеток к инсулину, а также дозозависимой регуляции баланса эстрогенов как у женщин с эстрогензависимыми гиперпролиферативными заболеваниями, так и у мужчин при вторичном гипогонадизме, связанном с избыточной активностью фермента ароматазы, который отвечает за конверсию андрогенов в эстрогены. Известно, что повышение активности ароматазы у мужчин напрямую коррелирует с возрастом, а также с избыточным весом и инсулинорезистентностью.

В этой связи физиологические дозозависимые эффекты D-ХИ/Mn в отношении модуляции ароматазной активности и улучшения чувствительности клеток к инсулину весьма важны не только в гинекологической клинической практике для коррекции эстрогензависимых гиперпролиферативных заболеваний у женщин, но и для повышения эффективности и безопасности лечения ряда эстроген-ассоциированных патологий у мужчин, таких как снижение либидо и потенции, нарушение сперматогенеза, а также гиперпластических процессов в предстательной железе.

## D-CHIRO-INOSITOL: FOCUS ON MEN'S HEALTH

O.A. Gromova, I.Yu. Torshin

Federal Research Center "Computer Science and Control", Russian Academy of Sciences, Moscow

### For correspondence:

Olga A. Gromova, unesco.gromova@gmail.com

### Key words:

restoration of insulin sensitivity, androgen metabolism, estrogens, pharmacoinformatics and pharmaconutrition, Inokiol, aromatase, D-chiro-inositol, testosterone, T/E2 index

### Для цитирования:

Громова О.А., Торшин И.Ю. D-хиро-инозитол: обзор клинических преимуществ при эстрогензависимых нарушениях у мужчин. Фармакология & Фармакотерапия. 2026; 1: ##–##.  
DOI 10.46393/27132129\_2026\_1\_

### For citation:

Gromova O.A., Torshin I.Yu. D-chiro-inositol: focus on men's health. Pharmacology & Pharmacotherapy. 2026; 1: ##–##.  
DOI 10.46393/27132129\_2026\_1\_

## Abstract

D-chiro-inositol (DCI) is one of the 9 isomers of inositol and a component of inositol phosphoglycans, which act as mediators of insulin action. Supplementation with DCI and its synergistic partner, manganese, enhances cellular sensitivity to insulin and provides dose-dependent regulation of estrogen balance. This effect is relevant both for women with estrogen-dependent hyperproliferative disorders and for men with secondary hypogonadism linked to excessive aromatase enzyme activity, which is responsible for the conversion of androgens into estrogens. It is known that increased aromatase activity in men directly correlates with age, excess body weight, and insulin resistance.

Consequently, the physiological, dose-dependent effects of the DCI/Mn complex on modulating aromatase activity and improving insulin sensitivity are of significant importance. They are valuable not only in gynecological clinical practice for managing estrogen-dependent hyperproliferative conditions in women but also for enhancing the efficacy and safety of treating a range of estrogen-associated pathologies in men. These include diminished libido and potency, impaired spermatogenesis, and hyperplastic processes in the prostate gland.

## Введение

Одним из важных факторов мужского соматического и репродуктивного здоровья является состояние обмена андрогенов, прежде всего тестостерона. Дисбаланс андрогенов у мужчин вызывает нарушения репродукции (вплоть до гипогонадизма), увеличивает риск заболеваний простаты (гиперплазия, рак), способствует саркопении, нарушениям внимания и когнитивных функций. Дисбаланс эстрогены/андрогены у мужчин может проявляться симптомами гинекомастии (патологическое увеличение молочных желез из-за разрастания железистой или жировой ткани, проявляется уплотнением и болезненностью груди).

Биосинтез андрогенов и других стероидных гормонов зависит от функционирования различных гормональных систем и органов: щитовидной железы, поджелудочной железы, надпочечников, печени, почек и др. Например, инсулинорезистентность на фоне дефицита инозитолов может сопровождаться снижением чувствительности клеток не только к инсулину, но и к гормонам гипоталамо-гипофизарной оси [1].

У мужчин тестостерон синтезируется из холестерина клетками Лейдига яичек. Недостаточный биосинтез тестостерона в мужском организме связан с гипофункцией яичек (вплоть до гипогонадизма) и зачастую обуславливает необходимость заместительной гормональной терапии (ЗГТ) тестостероном, характеризующейся многочисленными нежелательными эффектами.

Важной вспомогательной технологией при проведении ЗГТ (в ряде случаев альтернативой последней) является использование микронутриентов и молекул-нутрицевтиков. Перспективным нутрицевтическим подходом к восстановлению чувствительности клеток (в том числе клеток простаты, клеток Лейдига и гаметоцитов) к репродуктивным гормонам и инсулину представляется использование инозитолов – шестиатомных спиртов природного происхождения (1,2,3,4,5,6-циклогексан-гексолы). Механизм фармакологического действия инозитолов состоит в участии инозитолфосфатов в передаче сигнала от различных гормональных рецепторов. Среди 9 изомеров инозитола наиболее распространен мио-инозитол (МИ), вторым по распространенности является D-хиро-инозитол (D-XI) [2].

Хемореактомный анализ стереоизомеров инозитола указал на различные профили фармакологического действия МИ и D-XI. Проведено сравнение свойств различных стереоизомеров инозитолов на уровнях метаболизма, протеома и реактома человека. Установлены различия в распределении, фармакокинетических и фармакодинамических параметрах. Показано, что фармакологические эффекты D-XI существенно отличаются от эффектов МИ и других инозитолов [3]. В частности, результаты хемореактомного анализа свидетельствуют о большей вовлеченности D-XI, по сравнению с МИ, в метаболизм различных микронутриентов (фолатов, витаминов PP и B<sub>5</sub>, молибденового кофактора и магния). D-XI также в большей степени ингибирует провоспалительные белки ICAM1, IRAK4, опосредующие эффекты провоспалительного интерлейкина 1β [3].

В клинической практике показаны перспективы использования D-XI для повышения чувствительности клеток к инсулину, глюкозе и другим простым сахарам [4]. D-XI характеризуется противодиабетическим, противовоспалительным, противоопухолевым и геронтопротекторным действием (продлевает продолжительность жизни мушек-дрозофил на 20–30%). Увеличение продолжительности жизни (в среднем на 10 суток) сопровождается защитой от окислительного стресса, связанной с усилением внутриядерной локализации фактора dFOXO сигнального пути АКТ-FoxO1 на фоне применения D-XI. В последнее время также активно исследуются взаимосвязи между D-XI и активностью ароматазы CYP19A1 в отношении как женского, так и мужского репродуктивного здоровья [5].

При поддержании мужского здоровья особо следует отметить эффекты D-XI и его синергиста марганца на обмен углеводов и инсулина, индекс тестостерон/эстрадиол (Т/Е2) и поддержание здоровья простаты (прежде всего с точки зрения торможения гиперпролиферативных состояний).

## Нарушения обмена D-хиро-инозитола и формирование резистентности к инсулину

D-хиро-инозитол – это вторичный мессенджер инсулина, обладающий инсулиносенсibiliзирующими свойствами. D-XI широко используется в клинической практике для индукции овуляции у женщин с синдро-

мом поликистоза яичников, неразрывно связанным с инсулинорезистентностью, нарушениями обмена андрогенов и эстрогенов. С метаболической точки зрения D-ХИ улучшает сигнальную систему рецептора инсулина, тем самым способствуя восстановлению чувствительности различных клеток к инсулину. На клеточном уровне D-ХИ снижает экспрессию стероидогенного фермента ароматазы, отвечающего за превращение андрогенов в эстрогены [6].

D-ХИ принимает непосредственное участие в реализации биологических эффектов инсулина [7] и характеризуется инсулиноподобным действием [8]. Введение D-ХИ крысам или макакам-резусам на фоне сахарного диабета 2-го типа (СД2) ускоряет переработку глюкозы и сенсибилизирует клетки к действию инсулина [9]. При ожирении нарушается взаимосвязь между действием инсулина и высвобождением медиатора D-ХИ фосфогликана (DCI-IPG). Потеря этой взаимосвязи способствует повышению резистентности к инсулину [10].

Поступая внутрь клеток поджелудочной железы, D-ХИ стимулирует секрецию инсулина. Псевдодисахарид INS-2, состоящий из D-ХИ и галактозамина, действует как медиатор инсулина, стимулирующий его секрецию в клетках поджелудочной железы линии MIN6. Молекула INS-2 ингибирует чувствительный к сульфонилмочевине канал КАТР (калиевый канал АВСС8, регулятор высвобождения инсулина). Эффект INS-2 на ингибирование канала КАТР опосредуется протеинфосфатазой PP2C [11].

В эксперименте у животных на диете с избытком фруктозы D-ХИ дозозависимо снижал повышенную массу тела, повышенный уровень глюкозы крови, уровни общего холестерина, триглицеридов и липопротеинов низкой плотности. Кроме того, D-ХИ снижал уровни маркеров воспаления и дисфункции печени в крови (С-реактивный белок, аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрансфераза, лактатдегидрогеназа). На фоне приема D-ХИ наблюдалось увеличение активности супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы в печени, снижение уровня малонового диальдегида в крови. Гистологический анализ подтвердил антиоксидантное гепатопротекторное действие D-ХИ [12].

Дотации D-ХИ (600 мг в сутки в течение 6–8 недель) улучшали результаты нагрузочного теста глюкозой [13, 14].

Показано антигипергликемическое действие D-ХИ в комплексе с марганцем у крыс со стрептозотоциновой моделью диабета. Прием D-ХИ по отдельности в болюсном режиме (15 мг/кг) приводил к снижению повышенного уровня глюкозы в плазме на 21% ( $p < 0,05$ ), а в комплексе с марганцем – на 47% ( $p < 0,05$ ) [15].

В эксперименте на мышах D-ХИ снижал стеатоз печени, вызванный диетой с высоким содержанием жиров. D-ХИ ослаблял поглощение свободных жирных кислот печенью посредством ингибирования липидного обмена и уменьшения транслокации протеинкиназы С в печени. У линии мышей, устойчивых

к инсулину, D-ХИ снижал выработку глюкозы в печени, уровни экспрессии ферментов PEPCK и G6P-азы посредством сигнального пути PKC-IRS/PI3K/AKT. Эффекты D-ХИ были подтверждены и в экспериментах *in vitro* на культуре клеток печени линии HepG2, в которых резистентность к инсулину вызывалась пальмитиновой кислотой [16]. У крыс с перевязанными желчными протоками D-ХИ улучшал секрецию желчных кислот и ослаблял холестаза [17].

### Эффекты D-хиро-инозитола на уровне тестостерона, активность ароматазы и состояние мужской репродуктивной системы

Физиологический вклад D-ХИ в регуляцию стероидогенеза связан не только с воздействием на инсулин (как указано выше, D-ХИ опосредует внутриклеточную сигнализацию инсулина, которая индуцирует биосинтез андрогенов). Исследования также показали, что D-ХИ играет специфическую роль в модуляции активности фермента ароматазы. D-ХИ влияет на экспрессию гена этого фермента, тем самым снижая ароматизацию андрогенов в эстрогены. Однако, в отличие от ингибиторов ароматазы, прием D-ХИ не вызывает гипогонадных состояний. Поэтому применение D-ХИ возможно как при низком уровне тестостерона у мужчин, так и при эстрогензависимых гинекологических заболеваниях у женщин [18, 19].

Ароматаза – фермент протеома человека, катализирующий превращение андрогенов в эстрогены и вовлеченный в поддержание физиологического баланса стероидных гормонов как у мужчин, так и у женщин. В мужском организме нарушения активности фермента ароматазы происходят на фоне возрастных или метаболических изменений, приводя к росту жировых отложений в области живота, нарушению работы предстательной железы, снижению фертильности и саркопении. Гиперактивность ароматазы приводит к недостаточности тестостерона у мужчин. Следовательно, введение молекул, действующих как ингибиторы ароматазы, способствует восстановлению нарушенной ферментативной активности [18].

На фоне приема D-ХИ в дозе 600 мг 2 раза в день в течение 30 дней зарегистрировано повышение уровня тестостерона в крови у пожилых мужчин с гипогонадизмом и пониженным уровнем тестостерона ( $n = 10$ ). У мужчин, получавших D-ХИ, наблюдалось достоверное улучшение индекса T/E2, а также положительная динамика показателей гликемического профиля. Прием D-ХИ также приводил к уменьшению избыточной массы тела, индекса массы тела, окружности талии и улучшению силы кистей рук [19].

D-ХИ (1 г в сутки, 1 месяц), снижая избыточную активность ароматазы, способствовал нормализации индекса T/E2 у мужчин-добровольцев ( $n = 10$ ). Прием D-ХИ был связан со снижением избыточного уровня эстрогена (-85%) и эстрадиола (-14%) в сыворотке крови, а также с повышением уровня тестостерона (+23,4%),

дегидроэпиандростерона (+13,8%) и эпиандростерона (+39%) в сыворотке крови. При этом уровни фолликулостимулирующего гормона, лютеинизирующего гормона и ингибина В у мужчин не изменились [20]. В частности, лечение D-ХИ привело к повышению уровня тестостерона на 23,4% ( $p = 0,0020$ ). Этот выраженный эффект наблюдался у 9 из 10 добровольцев, даже если исходный уровень тестостерона находился в пределах нормы, но повышение не выходило за рамки физиологической нормы (рисунок).

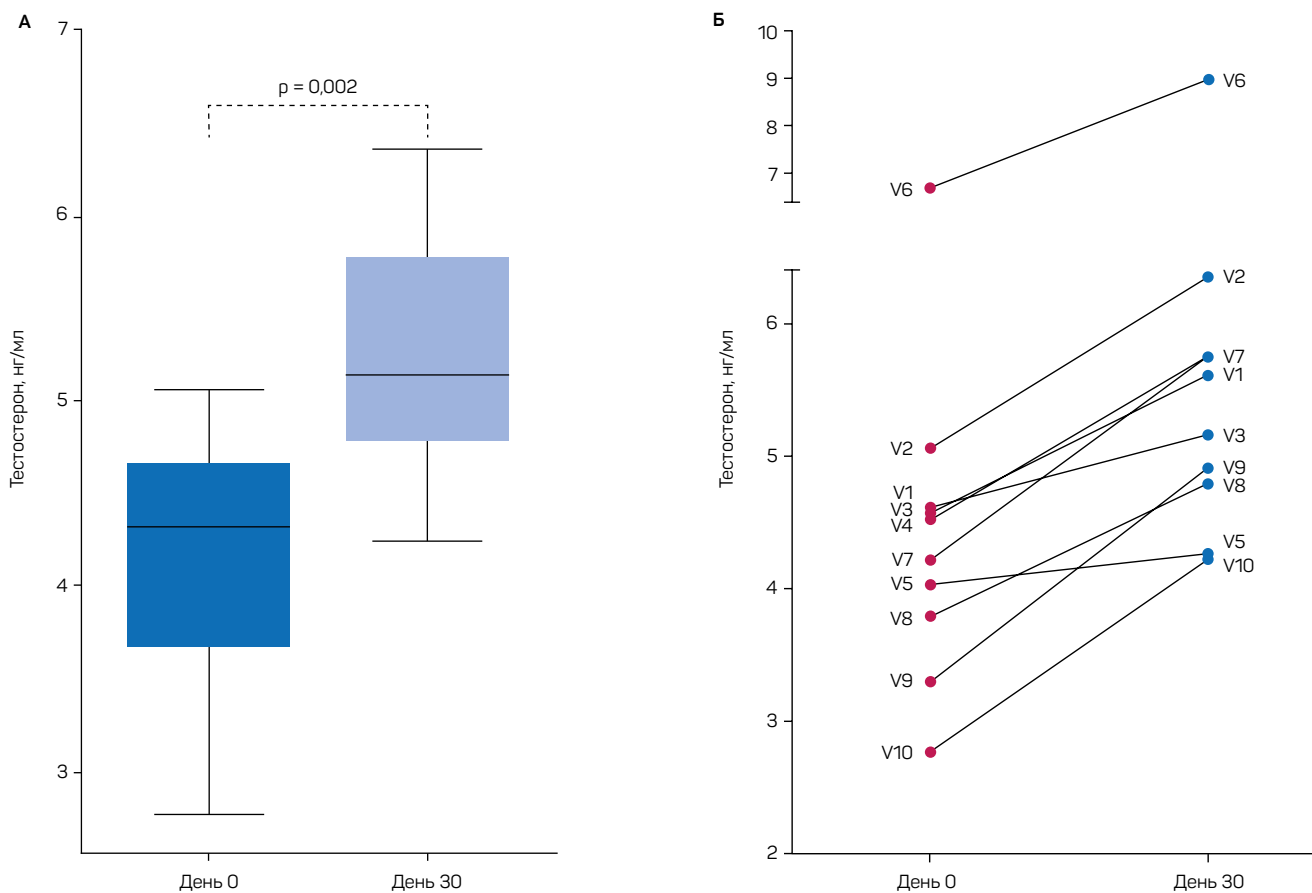
### Эффекты ионов марганца на уровни тестостерона и репродукцию у мужчин

Эссенциальный микроэлемент марганец, накапливаясь в гипоталамусе, стимулирует секрецию белковых репродуктивных гормонов. При недостаточной обеспеченности организма марганцем отмечается замедленное половое созревание у мужчин, нередко протекающее на фоне недостаточности тестостерона [21]. Анализ содержания биоэлементов (Zn, Cu, Fe, Cr, Mg, Mn) в сыворотке крови и в костной ткани стареющих мужчин, перенесших эндопротезирование тазобедренного сустава, позволил выявить взаимосвязь между

концентрацией тестостерона и марганца [22]. Недостаточность марганца провоцирует ускоренное развитие остеопороза, который усугубляется сниженным уровнем тестостерона [23].

В эксперименте подтверждено, что марганец активирует секрецию репродуктивных гормонов в гипофизе и половое развитие у самцов крыс. Самцам-детенышам вводили через зонд 10 или 25 мг/кг  $MnCl_2$  с 15-го по 48-й или 55-й день. При введении дозы 10 мг/кг значимых эффектов не наблюдалось. У животных, получавших дозу 25 мг/кг, зарегистрированы повышенные уровни лютеинизирующего гормона ( $p < 0,05$ ), фолликулостимулирующего гормона ( $p < 0,01$ ) и тестостерона ( $p < 0,01$ ) в возрасте 55 суток. Кроме того, наблюдалось сопутствующее увеличение как суточной продукции спермы ( $p < 0,05$ ), так и эффективности сперматогенеза ( $p < 0,05$ ) [24].

Показано влияние дотаций марганца в комбинации с цинком, медью и хромом на показатели роста и гормональный профиль крови телят-самцов породы *Bos indicus* в возрасте 6 месяцев. Группа 1 ( $n = 6$ ) получала базовый рацион, группа 2 ( $n = 6$ ) – дополнительный премикс для достижения рациона, содержащего 70 мг/кг Zn, 17,50 мг/кг Cu, 65 мг/кг Mn и 1,75 мг/кг Cr. Группа 3 ( $n = 6$ ) получала



**Рисунок.** Влияние лечения D-ХИ на уровень общего тестостерона. Уровень общего тестостерона в сыворотке крови 10 мужчин-добровольцев исходно и через 30 дней лечения 1 г D-ХИ в день представлен в виде: А – медианных значений общего тестостерона (ящичные диаграммы). Ящички обозначают межквартильный размах между 1-м и 3-м квартилями (25-й и 75-й процентиля соответственно), усы – минимальное и максимальное значения, линия внутри ящичков – медианное значение ( $p = 0,0020$ ; критерий суммы знаковых рангов Уилкоксона); Б – индивидуальных значений общего тестостерона (до и после лечения). На графике представлены значения для каждого добровольца, участвовавшего в исследовании [20]

## Прием витаминно-минерального комплекса Инокирол обеспечивает нормализацию индекса тестостерон/эстрадиол и улучшение фертильности, в том числе на фоне возрастного и метаболического дефицита тестостерона, а также поддержание функционального состояния предстательной железы, метаболических процессов в клетках при инсулинорезистентности и абдоминальном ожирении

25% дополнительной добавки для достижения рациона, содержащего 87,50 мг/кг Zn, 21,87 мг/кг Cu, 81,25 мг/кг Mn и 2,18 мг/кг Cr. Наблюдение за животными проводилось в течение всех 180 дней. Концентрация минералов Zn, Cu и Mn в сыворотке крови значительно увеличилась ( $p < 0,05$ ) в группах 2 и 3 по сравнению с группой 1. В группах 2, 3 также улучшились активность щелочной фосфатазы в плазме крови, активность супероксиддисмутазы, антиоксидантная активность железосодержащих компонентов и общая концентрация иммуноглобулинов. В группах 2 и 3 наблюдалось достоверное ( $p < 0,05$ ) улучшение выработки тестостерона на 120-й и 180-й дни исследования [25].

Анализ взаимосвязи уровня отдельных биоэлементов с депрессией, связанной с синдромом дефицита тестостерона у стареющих мужчин ( $n = 314$ ), показал, что эмоциональные нарушения, проявляющиеся депрессивными симптомами, были диагностированы у 29% всех участников, а дефицит тестостерона – у 49%. Установлена достоверная корреляция между уровнями марганца и тестостерона ( $r = 0,23$ ,  $p = 0,005$ ). Риск депрессии уменьшался по мере возрастания уровня марганца в крови [26].

Измерение уровней мужских половых гормонов и микроэлементов у мужчин с СД2 ( $n = 125$ ) по сравнению с участниками без диабета ( $n = 50$ ) показало, что средний уровень тестостерона у больных СД2 был значительно ниже ( $3,9 \pm 1,9$  нг/мл), чем в контроле ( $5,1 \pm 1,7$  нг/мл;  $p < 0,05$ ). Средние значения уровней марганца, цинка, селена и хрома были значительно ниже у пациентов с диабетом (Mn –  $0,30 \pm 0,06$  мкг/л, Zn –  $898,7 \pm 131,0$  мкг/л, Se –  $51,3 \pm 11,1$  мкг/л, Cr –  $0,04 \pm 0,03$  мкг/л) по сравнению с контрольной группой (Mn –  $0,05 \pm 0,07$  мкг/л, Zn –  $1007,3 \pm 85,2$  мкг/л, Se –  $62,1 \pm 11,1$  мкг/л, Cr –  $0,06 \pm 0,01$  мкг/л;  $p < 0,05$ ). Установлена положительная корреляция уровней Mn, Zn, Se с уровнем тестостерона ( $r = 0,350$ ,  $p < 0,05$  для марганца) [27].

### Инозитолы и марганец при гинекомастии у мужчин

Гинекомастия встречается у мужчин разных возрастных групп. Наиболее распространенными причинами гинекомастии служат ожирение, инсулинорези-

стентность, дисбаланс эстрогенов и недостаточность тестостерона. Гипогонадизм часто сопровождается гинекомастией. Вследствие повышенной периферической ароматизации андрогенов в эстрогены в жировой ткани ожирение увеличивает риск развития гинекомастии в 2–3 раза. Ожирение также сопровождается повышенной экспрессией гормона роста, инсулиноподобного фактора роста 1, пролактина и других факторов, влияющих на активность ароматазы [28].

Для лечения гинекомастии могут использоваться ингибиторы ароматазы, ЗГТ тестостероном и антидиабетические препараты. Ингибиторы ароматазы (в частности, анастрозол) эффективны при лечении гинекомастии на ранних стадиях и при гиперэстрогении. ЗГТ тестостероном при гинекомастии на фоне гипогонадизма, как правило, сопровождается побочными эффектами [28].

Ограничение употребления алкоголя (особенно пива, содержащего фитоэстрогены хмеля), нормализация физиологических норм массы тела и регулярная двигательная активность – важные факторы профилактики гинекомастии у мужчин. Более эффективные и безопасные подходы к терапии гинекомастии, на наш взгляд, связаны с применением молекул нутрицевтического ряда, регулирующих баланс андрогенов, активность ароматазы и чувствительность рецепторов к инсулину. К таким нутрицевтикам, в частности, относятся D-ХИ и органические соли марганца.

Более раннее начало дотации эффективными дозами D-ХИ у пациентов с гиноидным типом ожирения позволит контролировать активность ароматазы, а также метаболический профиль и избежать избыточной ароматизации экзогенного тестостерона в эстрогены в жировой ткани при проведении ЗГТ.

### Инозитолы и марганец против гиперплазии и рака предстательной железы

Рак предстательной железы (РПЖ) – наиболее часто диагностируемое злокачественное новообразование. Как правило, ему предшествует доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ). Метастазирование является критическим этапом в прогрессирова-

нии опухоли простаты и основной причиной смертности онкологических больных. РПЖ имеет склонность к метастазированию в кости. Хирургическое вмешательство является распространенным методом лечения ДГПЖ и рака простаты.

Инозитолы и марганец проявляют антипролиферативные и антиметастатические свойства в отношении РПЖ и, возможно, ДГПЖ. Протеомный анализ показал противораковый эффект МИ в клеточной линии РПЖ человека DU-145. МИ значительно снизил жизнеспособность клеток DU-145 с  $IC_{50}$  0,06 мг/мл ( $p < 0,05$ ), подавляя экспрессию таких белков, как аннексин А2 и кофилин-1-А, участвующих в метастазировании, в контрольных образцах [29].

3-метокси-D-хиро-инозитол (также известный как D-пинитол) проявлял противовоспалительное, кардиопротекторное, антигиперлипидемическое и противоопухолевое действие при раке легких, мочевого пузыря и молочной железы, также снижая метастазирование. D-пинитол снижал миграцию и инвазию клеток РПЖ (PC3 и DU145). Обработка клеток РПЖ D-пинитолом снижала экспрессию мРНК и интегрин  $\alpha\beta 3$  на поверхности клеток. Кроме того, данное производное D-ХИ оказывало ингибирующее действие за счет снижения фосфорилирования фокальной адгезионной киназы (FAK), активности киназы c-Src и активации NF- $\kappa$ B, что соответствует антиметастатическому действию при РПЖ [30].

Анализ группы пациентов с впервые диагностированным РПЖ ( $n = 40$ ), включая больных ДГПЖ ( $n = 22$ ), показал, что у них были значительно снижены уровни марганца и цинка в сыворотке крови по сравнению со здоровыми мужчинами ( $n = 30$ ) [31].

Снижение уровня марганца может играть значительную роль в инициации гиперплазии и РПЖ, поскольку марганец ингибирует жизнеспособность линий опухолевых клеток предстательной железы PC3, DU145 и LNCaP. При концентрациях марганца в культуральной среде 200–1000 мкМ эффект на жизнеспособность опухолевых клеток был более выражен в клетках линии PC3 (отчасти линии LNCaP), чем в клетках линии DU145. Клеточные линии PC3 и LNCaP также показали более высокую внутриклеточную концентрацию марганца по сравнению с линией DU-145. Во всех клеточных линиях марганец увеличивал долю клеток, находящихся в начальной фазе пролиферации G0/G1, и индуцировал апоптоз, что указывает на соли марганца как потенциальные средства в терапии РПЖ [32]. Марганец служит усилителем противоракового действия при обработке клеток РПЖ доцетакселом [33].

В России зарегистрирован витаминно-минеральный комплекс Инокирол (производство Erbozeta S.p.A., Республика Сан-Марино), содержащий в 1 таблетке существенную дозу D-ХИ (600 мг) в сочетании с органической солью марганца (2,5 мг марганца в виде глюконата). Приведенные в настоящей работе данные подтверждают, что комбинация D-ХИ + органическая соль

марганца может успешно использоваться в терапии ряда патологий мужской репродуктивной системы. У мужчин прием Инокирола обеспечивает нормализацию индекса Т/Е2 и улучшение фертильности, в том числе на фоне возрастного и метаболического дефицита тестостерона и других андрогенов, а также поддержание функционального состояния предстательной железы, метаболических процессов в клетках при инсулинорезистентности и абдоминальном ожирении. И у мужчин, и у женщин D-ХИ способствует гепатопротекции и улучшению детоксикационной функции печени в условиях дисбаланса андрогенов и эстрогенов.

### Заключение

Микронутриенты являются недооцененным фактором мужского здоровья, поскольку их повсеместно распространенные дефициты в так называемом цивилизованном питании выступают доказанными факторами риска соматической и репродуктивной патологии. На гомеостаз андрогенов (прежде всего тестостерона) и эстрогенов существенно влияют, в частности, обеспеченность организма D-ХИ и марганцем. D-ХИ – природное соединение, участвующее во многих сигнальных путях, вовлеченных в реализацию биологических эффектов рецепторов репродуктивных гормонов. Помимо поддержки углеводного метаболизма и противодействия развитию инсулинорезистентности, инозитолы влияют и на стероидогенез. Систематизированные в настоящей работе результаты экспериментальных и клинических исследований указывают на перспективность сочетанного использования D-ХИ для поддержания мужского репродуктивного и соматического здоровья. D-ХИ поддерживает нормальный метаболизм жиров и углеводов, способствует снижению инсулинорезистентности, участвует в регуляции пищевого поведения, уменьшая тягу к сладкому. Он играет важную роль в регуляции активности фермента ароматазы, который отвечает за поддержание нормофизиологического баланса эстрогенов и андрогенов. Поэтому D-ХИ в комплексе с «органическим» марганцем представляет возможную альтернативу ЗГТ тестостероном, а в сочетании с ней позволит избежать избыточной ароматизации тестостерона на фоне возрастных или метаболических изменений. Подчеркнем, что антипролиферативный эффект D-ХИ в комбинации с солью марганца важен для профилактики рака простаты.

### Литература

1. Unfer V., Nestler J.E., Kamenov Z.A. et al. Effects of inositol(s) in women with PCOS: a systematic review of randomized controlled trials. *Int. J. Endocrinol.* 2016; 2016: 1849162.
2. Thomas M.P., Mills S.J., Potter B.V. The "other" inositols and their phosphates: synthesis, biology, and medicine (with recent advances in myo-inositol chemistry). *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 2016; 55 (5): 1614–1650.

3. Торшин И.Ю., Майорова Л.А., Уварова Е.В. и др. Хемореактомный анализ стереоизомеров инозитола: различные профили фармакологического действия мио-инозитола и D-хиро-инозитола при нарушениях женской репродуктивной системы. Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2020; 19 (5): 57–69.
4. Vitagliano A., Saccone G., Cosmi E. et al. Inositol for the prevention of gestational diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Arch. Gynecol. Obstet. 2019; 299 (1): 55–68.
5. Laganà A.S., Unfer V. D-chiro-inositol's action as aromatase inhibitor: rationale and potential clinical targets. Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci. 2019; 23 (24): 10575–10576.
6. Gambioli R., Forte G., Aragona C. et al. The use of D-chiro-inositol in clinical practice. Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci. 2021; 25 (1): 438–446.
7. Larner J. D-chiro-inositol in insulin action and insulin resistance-old-fashioned biochemistry still at work. IUBMB Life. 2001; 51 (3): 139–148.
8. Rendle P.M., Kassibawi F., Johnston K.A. et al. Synthesis and biological activities of D-chiro-inositol analogues with insulin-like actions. Eur. J. Med. Chem. 2016; 122: 442–451.
9. Larner J. D-chiro-inositol – its functional role in insulin action and its deficit in insulin resistance. Int. J. Exp. Diabetes Res. 2002; 3 (1): 47–60.
10. Baillargeon J.P., Iuorno M.J., Apridonidze T., Nestler J.E. Uncoupling between insulin and release of a D-chiro-inositol-containing inositolphosphoglycan mediator of insulin action in obese women with polycystic ovary syndrome. Metab. Syndr. Relat. Disord. 2010; 8 (2): 127–136.
11. Lazarenko R., Geisler J., Bayliss D. et al. D-chiro-inositol glycan stimulates insulin secretion in pancreatic  $\beta$  cells. Mol. Cell. Endocrinol. 2014; 387 (1–2): 1–7.
12. Hu Y., Zhao Y., Ren D. et al. Hypoglycemic and hepatoprotective effects of D-chiro-inositol-enriched tartary buckwheat extract in high fructose-fed mice. Food Funct. 2015; 6 (12): 3760–3769.
13. Iuorno M.J., Jakubowicz D.J., Baillargeon J.P. et al. Effects of D-chiro-inositol in lean women with the polycystic ovary syndrome. Endocr. Pract. 2002; 8 (6): 417–423.
14. Nestler J.E., Jakubowicz D.J., Reamer P. et al. Ovulatory and metabolic effects of D-chiro-inositol in the polycystic ovary syndrome. N. Engl. J. Med. 1999; 340 (17): 1314–1320.
15. Fonteles M.C., Almeida M.Q., Larner J. Antihyperglycemic effects of 3-O-methyl-D-chiro-inositol and D-chiro-inositol associated with manganese in streptozotocin diabetic rats. Horm. Metab. Res. 2000; 32 (4): 129–132.
16. Cheng F., Han L., Xiao Y. et al. D-chiro-inositol ameliorates high fat diet-induced hepatic steatosis and insulin resistance via PKC $\epsilon$ -PI3K/AKT pathway. J. Agric. Food Chem. 2019; 67 (21): 5957–5967.
17. Zhao S.S., Li N.R., Zhao W.L. et al. D-chiro-inositol effectively attenuates cholestasis in bile duct ligated rats by improving bile acid secretion and attenuating oxidative stress. Acta Pharmacol. Sin. 2018; 39 (2): 213–221.
18. Laganà A.S., Garzon S., Unfer V. New clinical targets of D-chiro-inositol: rationale and potential applications. Expert Opin. Drug Metab. Toxicol. 2020; 16 (8): 703–710.
19. Nordio M., Kumanov P., Chiefari A., Puliani G. D-chiro-inositol improves testosterone levels in older hypogonadal men with low-normal testosterone: a pilot study. Basic Clin. Androl. 2021; 31 (1): 28.
20. Monastra G., Vazquez-Levin M., Bezerra Espinola M.S. et al. D-chiro-inositol, an aromatase down-modulator, increases androgens and reduces estrogens in male volunteers: a pilot study. Basic Clin. Androl. 2021; 31 (1): 13.
21. Громова О.А., Торшин И.Ю. Микронутриенты и репродуктивное здоровье. Руководство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 832 с.
22. Rył A., Ciosek Ż., Szylińska A. et al. Concentrations of bioelements (Zn, Cu, Fe, Cr, Mg, Mn) in serum and bone tissue of aging men undergoing hip arthroplasty: implications for erectile dysfunction. Biomolecules. 2024; 14 (5): 565.
23. Громова О.А., Торшин И.Ю. Микронутриенты в неврологии. Руководство. Под ред. академика РАН Е.И. Гусева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2026. 986 с.
24. Lee B., Pine M., Johnson L. et al. Manganese acts centrally to activate reproductive hormone secretion and pubertal development in male rats. Reprod. Toxicol. 2006; 22 (4): 580–585.
25. Nair P.M., Srivastava R., Chaudhary P. et al. Impact of zinc, copper, manganese and chromium supplementation on growth performance and blood metabolic profile of Sahiwal (Bos indicus) male calves. Biometals. 2023; 36 (6): 1421–1439.
26. Rotter I., Wiatrak A., Rył A. et al. The Relationship between selected bioelements and depressiveness associated with testosterone deficiency syndrome in aging men. Medicina (Kaunas). 2020; 56 (3): 125.
27. Ubajaka C.F., Meludu S.C., Dioka C.E. et al. Evaluation of male sex hormones and trace elements in male type 2 diabetic patients attending Nnamdi Azikiwe University teaching hospital diabetic clinics. Niger. J. Med. 2015; 24 (2): 162–168.
28. Ayyavoo A. Gynecomastia. Indian J. Pediatr. 2023; 90 (10): 1013–1017.
29. Islam M.J., Muntaha S., Masum M.M. et al. Proteomic analysis of anticancer effect of myo-inositol in human prostate cancer (DU-145) cell line. Asian Pac. J. Cancer Prev. 2024; 25 (12): 4447–4455.
30. Lin T.H., Tan T.W., Tsai T.H. et al. D-pinitol inhibits prostate cancer metastasis through inhibition of  $\alpha V\beta 3$  integrin by modulating FAK, c-Src and NF- $\kappa B$  pathways. Int. J. Mol. Sci. 2013; 14 (5): 9790–9802.
31. Saleh S.A.K., Adly H.M., Abdelkhalik A.A., Nassir A.M. Serum levels of selenium, zinc, copper, manganese, and iron in prostate cancer patients. Curr. Urol. 2020; 14 (1): 44–49.
32. Hernroth B., Holm I., Gondikas A., Tassidis H. Manganese inhibits viability of prostate cancer cells. Anticancer Res. 2018; 38 (1): 137–145.
33. Holm I., Hernroth B., Rosander A., Tassidis H. Manganese as a possible anticancer enhancer in docetaxel treatment of prostate cancer cells. Anticancer Res. 2024; 44 (3): 953–962.

# ИНОКИРОЛ

D-хиро-инозитол 600 мг



Made in Italy

**ЕСТЕСТВЕННЫЙ  
КОНТРОЛЬ  
ИЗБЫТОЧНОЙ  
АРОМАТИЗАЦИИ  
АНДРОГЕНОВ  
И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ  
НАРУШЕНИЙ**

Всегда  
в наличии на:

**apteka.ru**



**30 таблеток**

## **ДОЗИРОВКИ У МУЖЧИН С ВОЗРАСТНЫМ ИЛИ МЕТАБОЛИЧЕСКИМ АНДРОГЕННЫМ ДЕФИЦИТОМ:**

- По 2 таблетки в день в течение 3 месяцев, рекомендуется повторять курсы не реже 2 раз в год
- При наличии абдоминального ожирения, рекомендуется поддерживающий прием по 1 таблетке в день между курсами

## **СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ**

Таблетки следует принимать во время или после приема пищи, запивая достаточным количеством жидкости



Произведен компанией Erbozeta S.p.a  
в Республике Сан-Марино для ООО «ЮФЛ»

**БАД. НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВОМ**