

DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved630147>

Современные методы диагностики и лечения васкулогенной эректильной дисфункции

Р.Р. Алиев, А.И. Неймарк, А.В. Давыдов

Алтайский государственный медицинский университет, Барнаул, Россия

АННОТАЦИЯ

Представлен обзор современных методов диагностики и лечения васкулогенной эректильной дисфункции. Приведены данные относительно диагностической ценности неинвазивных и инвазивных диагностических методик: марочного теста, Снэп-Гэйдж-теста, систем RigiScan и Андроскан-МИТ, внутрикавернозных инъекций вазоактивных препаратов, ультразвуковой доплерографии сосудов полового члена, ангиографии полового члена, магнитно-резонансной артериографии. Показаны преимущества и недостатки каждого из этих тестов. Представлены основные направления лечения пациентов с васкулогенной эректильной дисфункцией как консервативные, так и хирургические. Подчеркнуто, что раннее выявление нарушений эректильной функции с назначением соответствующего лечения может не только улучшить качество жизни пациентов, но и предотвратить жизнеугрожающие осложнения со стороны сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: эректильная дисфункция; ультразвуковая доплерография; Андроскан-МИТ; тест ночных пенильных тумесценций.

Как цитировать

Алиев Р.Р., Неймарк А.И., Давыдов А.В. Современные методы диагностики и лечения васкулогенной эректильной дисфункции // Урологические ведомости. 2024. Т. 14. № 2. С. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved630147>

Рукопись получена: 09.04.2024

Рукопись одобрена: 25.06.2024

Опубликована online: 28.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved630147>

Modern methods of diagnosis and treatment of vasculogenic erectile dysfunction

Ruslan R. Aliev, Alexandr I. Neymark, Andrei V. Davydov

Altai State Medical University, Barnaul, Russia

ABSTRACT

A review of modern methods of diagnosis and treatment of vasculogenic erectile dysfunction is presented. Data regarding the diagnostic value of noninvasive and invasive diagnostic techniques are displayed: stamp test, Snap-Gauge test, use of the RigiScan and Androscan-MIT systems, intracavernous injections of vasoactive drugs, Doppler ultrasound of penile vessels, penile angiography, and magnetic resonance arteriography. The advantages and disadvantages of each of these tests are shown. The main directions of conservative and surgical treatment of vasculogenic erectile dysfunction are presented. Notably, early detection of erectile dysfunction with the prescription of appropriate treatment can improve the quality of life of patients and prevent life-threatening complications of cardiovascular conditions.

Keywords: erectile dysfunction; Doppler ultrasound; Androscan-MIT; nocturnal penile tumescence test.

To cite this article

Aliev RR, Neymark AI, Davydov AV. Modern methods of diagnosis and treatment of vasculogenic erectile dysfunction. *Urology reports (St. Petersburg)*. 2024;14(2):197–207. DOI: <https://doi.org/10.17816/uroved630147>

Received: 09.04.2024

Accepted: 25.06.2024

Published online: 28.06.2024

ВВЕДЕНИЕ

Эректильная дисфункция (ЭД) определяется как неспособность достигать и поддерживать адекватную эрекцию полового члена для удовлетворительного полового акта [1]. Распространенность ЭД достаточно высока и увеличивается по мере старения мужчины. Так, ее частота возрастает с 13,8 % у мужчин в возрасте 30–40 лет до практически 100 % в возрасте старше 70 лет [2, 3].

Среди наиболее частых причин ЭД выделяют нейрогенные и сосудистые факторы, которые становятся очевидными и имеют тенденцию к усилению с возрастом, часто сочетаются с такими заболеваниями, как артериальная гипертензия, сахарный диабет, атеросклероз, дислипидемия и метаболический синдром. В то время как сосудистые факторы способствуют ЭД главным образом на местном уровне, нейрогенные факторы могут способствовать ЭД на всех уровнях нервной системы [4, 5].

Цель обзора — представить современные методы диагностики васкулогенной (сосудистой) ЭД.

НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Марочный тест

Марочный тест — это простой тест на оценки выраженности эрекции, который был разработан в 1980 г. [6]. Четыре почтовые марки общей шириной 5 дюймов (12,7 см) оборачивают вокруг полового члена, а перекрывающую часть запечатывают путем складывания марок на половину их ширины. Если марки рвутся во время теста, это считается признаком эрекции. Данный метод продолжают использовать в клинической практике для дифференциальной диагностики психогенной ЭД от органической [7]. Он дешев, прост и безопасен. Однако из-за механизма измерения, который заканчивается, как только марки рвутся, непрерывное наблюдение за ночными пенильными туменисценциями (НПТ) невозможно, что ограничивает его применение. Кроме того, поскольку для этого теста требуется эрекция, достаточная для того, чтобы вызвать повреждение марки, результаты могут варьироваться в зависимости от степени эрекции [8].

Снэп-Гэйдж-тест (Snap-Gauge test)

Снэп-Гэйдж-тест — это устройство с регулируемой лентой с тремя защелкивающимися застежками, которые можно закрепить вокруг полового члена. Крепежи имеют прочность на высвобождение 0,2, 0,34 и 0,45 кг, что соответствует внутрикавернозному давлению от 90 до 160 мм рт. ст. Суть данного теста заключается в том, что крепления расщелкиваются в зависимости от степени эрекции, что указывает на уровень жесткости. Однако

общая частота ошибочных результатов теста у здоровых молодых мужчин составляет 15,5 %, что делает его ненадежным и непрактичным для постоянного мониторинга [9]. Более того, в некоторых отчетах указывается на слабую корреляцию между результатами Снэп-Гэйдж-теста и тестами НПТ [10].

Описанные методы аналоговых измерений имеют ограничения с точки зрения количественной оценки данных. Кроме того, они могут измерять только одну или максимальную эрекцию; они не могут проводить непрерывные или повторяющиеся измерения.

Цифровые измерения

Развитие методов цифровых измерений с использованием компьютеров и электронных датчиков позволило осуществлять непрерывный мониторинг состояния полового члена. Система RigiScan, представленная в 1985 г., представляет собой измерительное устройство, которое может одновременно контролировать НПТ и ригидность полового члена [11]. Оно состоит из двух неэластичных петель, охватывающих половой член, и проводов, соединяющих петли с микрокомпьютером для обработки данных. Данное устройство позволяет регистрировать ригидность полового члена в режиме реального времени. С момента появления системы RigiScan ее широко использовали в клинических исследованиях, и этот метод признан одним из наиболее эффективных и точных методов измерения [12–18]. Вместе с тем вес и размер устройства, а также тот факт, что во время тестирования его необходимо прикреплять к бедру, может нарушить сон и потенциально повлиять на результаты теста.

Российским аналогом RigiScan является устройство Андроскан-МИТ, предназначенное для оценки НПТ путем фиксации изменений диаметра и ригидности полового члена. Андроскан-МИТ, используемый с 2019 г., представляет собой датчик, рассчитанный на 20 измерений и фиксирующийся на половом члене, и программное обеспечение, которое устанавливается на персональном компьютере. Активация устройства происходит бесконтактно после регистрации пациента в программе с указанием времени начала и окончания теста. После завершения работы прибора цифровые данные переносятся на компьютер и отображаются в виде графика [19]. Продолжительность анализируемого периода определяют в 8 ч полноценного сна. Устройство позволяет регистрировать изменения диаметра полового члена и продолжительность каждой тумесценции, а также отображать происходящие изменения в виде диаграмм. Результаты исследования обладают высокой информативностью благодаря использованию количественного и качественного подходов, позволяют выявлять васкулогенные формы ЭД. Устройство может применяться пациентами, обладающими даже минимальными навыками, что предполагает его использование в домашних условиях.

ИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДИКИ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Внутрикавернозное введение вазоактивных препаратов — первый предложенный метод диагностики сосудистой ЭД, заложивший основу для ее дальнейшего развития [20]. В 1982 г. R. Virag сообщил, что инъекции папаверина в кавернозные тела полового члена могут вызывать эрекцию и поддерживать ее на протяжении 2–15 мин [21]. С тех пор папаверин и родственные ему вазоактивные препараты, такие как фентоламин и алпростадил, широко используют в диагностике и лечении сосудистой ЭД [22–24]. Внутрикавернозные инъекции вазоактивных препаратов считались препаратами первой линии лечения ЭД до начала использования пероральных ингибиторов фосфодиэстеразы 5-го типа (ФДЭ-5), однако в определенных клинических ситуациях применяются и в настоящее время. Что еще более важно, инъекции вазоактивных препаратов в пещеристые тела полового члена играют центральную роль в диагностике сосудистой ЭД [24]. Через 10 мин после инъекции в пещеристое тело измеряют длину и окружность полового члена, а также угол между бедром и половым членом в положении стоя: если угол больше 90° и продолжительность эрекции более 30 мин, это свидетельствует об отсутствии поражения сосудов; если угол менее 60° — о возможности сосудистой ЭД; если угол составляет от 60 до 90° — необходимы дальнейшие исследования. Между тем через 15 мин после инъекции недостаточная эрекция полового члена указывает на недостаточный артериальный приток, если эрекция быстро возникает, но также быстро ослабевает — на нарушение венозной окклюзии [25]. Кроме того, побочные эффекты, такие как боль, приапизм, фиброз полового члена и длительное время рефрактерности, возникающие в результате внутрикавернозных инъекций, ограничивают их клиническое применение [26]. Большинство авторов рекомендуют применять внутрикавернозные инъекции в сочетании с другими диагностическими методами [27–31].

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Ультразвуковая доплерография

В 1980 г. ультразвуковая доплерография (УЗДГ) была впервые использована для диагностики васкулогенной ЭД [32]. В 1985 г. T.F. Lue с соавторами сообщили об использовании комбинированной УЗДГ с внутрикавернозной инъекцией вазоактивного препарата для оценки гемодинамики полового члена [33]. После этого был проведен ряд исследований по оптимизации процедуры УЗДГ в сочетании с внутрикавернозным введением вазоактивных субстанций. В настоящее время данная процедура является методом первой линии диагностики сосудистой ЭД

и может быть использована для определения ее подтипов и степени тяжести [34, 35]. Международное общество сексуальной медицины (International Society for Sexual Medicine, ISSM) при оценке кровотока у пациентов с ЭД рекомендует использовать следующие показатели: пиковую систолическую скорость, конечную диастолическую скорость и резистивный индекс [36]. Артериальный подтип васкулогенной ЭД диагностируют при пиковой систолической скорости кровотока менее 25 см/с [36].

Применение УЗДГ для диагностики ЭД ограничивают относительные сложность, трудоемкость, дороговизна и зависимость от квалификации выполняющего процедуру специалиста [37, 38]. Что еще более важно, при УЗДГ требуется максимальное расслабление гладкомышечных волокон полового члена, чтобы во время исследования отражалось действительное состояние сосудистой функции, в то время как при стрессе этого достичь не всегда удается [39, 40]. Эти ограничения могут привести к ложноположительным результатам теста. Для достижения максимального расслабления гладких мышц и возможного полного эректильного ответа можно рассмотреть возможность повторного введения вазоактивного препарата, но нет единого мнения, какие препараты и в каких дозах использовать [41–43]. Сообщается также о возможности аудиовизуальной сексуальной стимуляции для индукции эрекции перед УЗДГ или после внутрикавернозных инъекций [35]. УЗДГ получила широкое признание в качестве метода первой линии диагностики сосудистой ЭД, однако из-за разной квалификации выполняющих ее специалистов, отсутствия единых стандартов выполнения процедуры, необходимости использования медикаментов и применения аудиовизуальной сексуальной стимуляции эрекции существенны различия результатов разных исследований.

Селективная ангиография полового члена

УЗДГ является эффективным методом предварительной оценки сосудистой функции полового члена, хотя ее результаты переменны и позволяют оценить только сосудистую функцию, но не дают информации об анатомической структуре органа [44]. Этим недостатком лишена селективная ангиография полового члена, которую рассматривают в качестве золотого стандарта диагностики всех типов васкулогенной ЭД [45]. Пенильная ангиография точно отображает сосудистую сеть полового члена, позволяет выявить травматические повреждения артерий, анатомические изменения, окклюзионную болезнь и коллатеральные сети у пациентов с подозрением на васкулогенное заболевание [46]. Обычно данное исследование назначают молодым пациентам с подозрением на артериальную ЭД и рассматривают возможность проведения реваскуляризирующей операции [47]. Хотя пенильная ангиография признана ведущим методом диагностики сосудистой ЭД, у нее также есть ряд недостатков: инвазивность, высокая стоимость и необходимость

послеоперационного наблюдения. Кроме того, подобные вмешательства требуют участия эндоваскулярного хирурга для канюлирования мелких внутренних артерий.

Магнитно-резонансная ангиография

Магнитно-резонансная ангиография (МРА) — относительно новый метод диагностики, позволяющий получить изображения кровеносных сосудов, а также оценить анатомические и функциональные особенности кровотока [48, 49]. МРА широко используют для оценки состояния кровеносного русла полового члена у пациентов с посттравматической ЭД, переломом полового члена, болезнью Пейрони, при подготовке к протезированию полового члена [49, 50]. По данным N.A. Armenakas и соавт. [50], МРА дает лучшую визуализацию проксимальных подвздошных и половых артерий, тогда как визуализация дистальных половых артерий и артерий полового члена несколько хуже. Авторы пришли к выводу, что традиционная селективная ангиография полового члена по-прежнему превосходит трехмерную (3D-МРА) при оценке дистальных отделов артерий полового члена, и 3D-МРА не может быть рекомендована для рутинного предоперационного планирования реваскуляризации. Поскольку МРА является практически неинвазивным методом диагностики, позволяющим обеспечить многокурсную оценку с высоким разрешением, она особенно полезна у пациентов с наличием противопоказаний к ангиографии.

ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ

Согласно клиническим рекомендациям по диагностике и лечению ЭД, к первой линии терапии относятся ингибиторы ФДЭ-5 [51]. Последняя является ферментом, обеспечивающим снижение внутриклеточной концентрации циклического гуанозинмонофосфата, а ее ингибирование ведет к расслаблению гладкомышечных клеток в ответ на сексуальную стимуляцию и, соответственно, к увеличению силы и продолжительности эрекции [52]. Ингибиторы ФДЭ-5 эффективны как при органической, так и при психогенной ЭД, но их прием может сопровождаться побочными эффектами: головной болью, покраснением лица, заложенностью носа, нарушением зрения, диспепсией.

К методам лечения второй линии относят интракавернозные инъекции вазоактивных препаратов. Показаниями служат неэффективность или неудовлетворительная переносимость пероральной терапии, а также предпочтение пациента, желающего получить более надежную и предсказуемую эрекцию. Инъекции альпростадилла эффективны при неэффективности силденафила. Эффективность внутрикавернозного введения простагландина E1 составляет 70–80 %, основной побочный эффект — боль во время инъекции [29]. Противопоказаниями являются грубые анатомические дефекты полового члена или кавернозных

тел, заболевания, предрасполагающие к развитию приапизма (серповидно-клеточная анемия, миелолейкоз), психические расстройства.

НЕФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Низкоинтенсивная экстракорпоральная ударно-волновая терапия

Низкоинтенсивная экстракорпоральная ударно-волновая терапия (НИЭУВТ) — метод передачи акустической энергии низкой интенсивности ($<0,2$ мДж/мм²) тканям разных типов, аналогичный традиционной экстракорпоральной ударно-волновой литотрипсии, используемой при лечении больных уролиазом. Результаты первого исследования по использованию этого метода при лечении ЭД опубликованы в 2010 г. [53]. Авторы сообщили об улучшении гемодинамики в кавернозных телах под воздействием экстракорпоральных ударных волн низкой интенсивности без каких-либо побочных эффектов. Применению НИЭУВТ в клинической практике предшествовали экспериментальные исследования, показавшие улучшение кровотока в различных мягких тканях. С этого времени данный метод получил широкое распространение при лечении ЭД преимущественно сосудистого и нейрогенного происхождения. В большинстве этих исследований было установлено долговременное положительное влияние НИЭУВТ на эректильную функцию, что подтверждалось данными опросников «Международный индекс эректильной функции» (International Index of Erectile Function, IIEF) и шкалы твердости эрекции (Erection Hardness Scale, EHS) [54, 55]. Полагают, что НИЭУВТ способствует неоваскуляризации, регенерации тканей (включая регенерацию нервов) и уменьшению воспаления [56], что может обуславливать улучшение эректильной функции пациентов после данной процедуры. Однако ряд исследователей указывают на очень умеренное влияние НИЭУВТ на эректильную функцию, подчеркивая, что эффективность лечения зависит от степени тяжести дисфункции — чем выраженнее ЭД, тем меньше эффект [57–59]. Из-за этих противоречивых результатов и отсутствия общепринятых протоколов, определяющих интенсивность, частоту и продолжительность лечения, НИЭУВТ все еще остается экспериментальным подходом к лечению ЭД, требующим дополнительных клинических исследований и стандартизации методологии.

Вакуумные эректильные устройства

Вакуумные эректильные устройства представляют собой нехирургический вид лечения пациентов с ЭД. Эти приспособления состоят из вакуумного цилиндра и насоса локального отрицательного давления, что вызывает приток крови к кавернозным телам и эрекцию. Первый вакуумный насос для усиления эрекции был запатентован

еще в 1917 г. [60], однако в качестве медицинского прибора для лечения ЭД был зарегистрирован FDA (Food and Drug Administration) в США только в 1989 г. [61]. С тех пор на рынке появилось множество подобных устройств, которые можно использовать в качестве первичной терапии органической, трудно поддающейся лечению ЭД. Эффективность вакуумных эрекционных устройств была подтверждена во многих экспериментальных и клинических исследованиях [62–64].

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Возникновение эрекции полового члена, адекватной для проведения успешного полового акта, требует достаточного артериального кровоснабжения и механизма венозной окклюзии кавернозных тел полового члена. Нарушения кровоснабжения или механизма венозной окклюзии относятся к числу основных причин ЭД. Они возникают как на фоне сопутствующих заболеваний, таких как гипертоническая болезнь, сахарный диабет, атеросклероз и дислипидемия, так и как осложнение хирургических вмешательств, в первую очередь радикальной простатэктомии, при которых нарушается иннервация полового члена [65, 66]. У пациентов с ЭД вследствие артериальной недостаточности возможно проведение хирургического лечения.

Протезирование полового члена

Хирургическая имплантация протеза полового члена не является новым хирургическим вмешательством для лечения пациентов с ЭД, поскольку ее применяют с 1973 г. [67]. Обычно протезирование полового члена выполняют пациентам, у которых другие методы лечения ЭД оказались неэффективными. Существует несколько типов имплантов, которые постоянно технически совершенствуются и становятся более надежными, безопасными и долговечными. Трехкомпонентные надувные пенильные импланты имитируют естественный процесс эрекции, поскольку их можно активировать, чтобы привести половой член в вертикальное положение, и затем деактивировать. Сообщается также, что эти протезы имеют один из самых высоких показателей удовлетворенности пациентов среди всех медицинских имплантируемых устройств (от 85 до 90 %) [68], при этом более 90 % пациентов после фаллопротезирования достигают нормальной сексуальной активности [69]. Протезирование полового члена высокоэффективно у пациентов с ЭД, страдающих болезнью Пейрони [70], и у пациентов после радикальной простатэктомии [71].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем обзоре рассмотрены основные методы диагностики и лечения васкулогенной ЭД. В клинических

рекомендациях в качестве инструментального диагностического исследования представлена только УЗДГ сосудов полового члена (уровень убедительности рекомендаций С, уровень достоверности доказательств — 5) [51]. Другие диагностические тесты пока не вошли в клинические рекомендации и требуют дополнительных доказательств их эффективности. В настоящее время до конца не изучен вопрос о правильной интерпретации и значимости НПТ-теста у мужчин с разными формами ЭД. Эффективное патогенетически обоснованное лечение ЭД возможно только при выявлении ее причины. Васкулогенная форма — одна из наиболее частых, а по некоторым данным, и преобладающая форма ЭД. Данный тип ЭД рассматривается также как предиктор развития сердечно-сосудистых заболеваний. В этой связи раннее выявление нарушений эректильной функции с назначением соответствующего лечения может не только улучшить качество жизни пациентов, но и предотвратить у них жизнеугрожающие осложнения со стороны сердечно-сосудистой системы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: Р.Р. Алиев — поиск и анализ литературных данных, написание текста рукописи; А.И. Неймарк, А.В. Давыдов — концепция исследования, анализ литературных данных, редактирование текста рукописи.

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study. Personal contribution of each author: R.R. Aliev — search and analysis of literary data, writing the text of the manuscript; A.I. Neymark, A.V. Davydov — concept of the study, analysis of literary data, editing the text of the manuscript.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Капсаргин Ф.П., Волкова Г.А., Зуков Р.А., и др. Анализ общедоступной реабилитации эректильной дисфункции у молодых мужчин. В кн.: Научно-практическая конференция урологов Западной Сибири: «Вопросы диагностики и лечения урологических заболеваний»; Май 12–13, 2004; Бийск.
- Пушкарь Д.Ю., Камалов А.А., Аль-Шукри С.Х., и др. Эпидемиологическое исследование распространенности эректильной дисфункции в Российской Федерации // Русский медицинский журнал. 2012. Т. 20, № 3. С. 112–115. EDN: PACUHF
- Ефремов Е.А., Шеховцов С.Ю., Кастрикин Ю.В., и др. Диагностика эректильной дисфункции. Современное состояние проблемы // Эффективная фармакотерапия. 2019. Т. 15, № 16. С. 38–44. EDN: ZKWQNB doi: 10.33978/2307-3586-2019-15-16-38-44
- Meisel R.L., Sachs B.D. The physiology of male sexual behavior. В кн.: The physiology of reproduction / E. Knobil, J. Neil, editors. New York: Raven Press, 1994. P. 3–96.
- Saenz de Tejada I.S., Angulo J., Celtek S., et al. Physiology of erectile function and pathophysiology of erectile dysfunction // J Sex Med. 2005. Vol. 2, N 1. P. 29–36. doi: 10.1111/j.1743-6109.04038.x
- Andersson K.E., Wagner G. Physiology of penile erection // Physiol Rev. 1995. Vol. 75, N 1. P. 191–236. doi: 10.1152/physrev.1995.75.1.191
- Duncan C., Omran G.J., The J., et al. Erectile dysfunction: A global review of intracavernosal injectables // World J Urol. 2019. Vol. 37. P. 1007–1014. doi: 10.1007/s00345-019-02727-5
- Ghanem H., Raheem A.A., AbdelRahman I.F.S., et al. Botulinum neurotoxin and its potential role in the treatment of erectile dysfunction // Sex Med Rev. 2018. Vol. 6, N 1. P. 135–142. doi: 10.1016/j.sxmr.2017.07.008
- Goldstein I., McCullough A.R., Jones L.A., et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled evaluation of the safety and efficacy of avanafil in subjects with erectile dysfunction // J Sex Med. 2012. Vol. 9, N 4, P. 1122–1133. doi: 10.1111/j.1743-6109.2011.02629.x
- Madeira C.R., Tonin F.S., Fachi M.M., et al. Efficacy and safety of oral phosphodiesterase 5 inhibitors for erectile dysfunction: a network meta-analysis and multicriteria decision analysis // World J Urol. 2021. Vol. 39, N 3. P. 953–962. doi: 10.1007/s00345-020-03233-9
- Kang S.G., Kim J.J. Udenafil: Efficacy and tolerability in the management of erectile dysfunction // Ther Adv Urol. 2013. Vol. 5, N 2. P. 101–110. doi: 10.1177/1756287212470019
- Andersson K.-E. Mechanisms of penile erection and basis for pharmacological treatment of erectile dysfunction // Pharmacol Rev. 2011. Vol. 63, N 4. P. 811–859. doi:10.1124/pr.111.004515
- Argiolas A. Male erectile dysfunction: Chemical pharmacology of penile erection // Drugs Discov Today Ther Strateg. 2005. Vol. 2, N 1. P. 31–36. doi: 10.1016/j.ddstr.2005.05.005
- Glina S., Fonseca G.N., Bertero E.B., et al. Efficacy and tolerability of lodenafil carbonate for oral therapy of erectile dysfunction: A phase III clinical trial // J Sex Med. 2010. Vol. 7, N 5. P. 1928–1936. doi: 10.1111/j.1743-6109.2010.01711.x
- Azadzoi K.M., Saenz de Tejada I. Diabetes mellitus impairs neurogenic and endothelium-dependent relaxation of rabbit corpus cavernosum smooth muscle // J Urol. 1992. Vol. 148, N 5–1. P. 1587–1591. doi: 10.1016/S0022-5347(17)36975-6
- Azadzoi K.M., Kim N., Brown M.L., et al. Endothelium-derived nitric oxide and cyclooxygenase products modulate corpus cavernosum smooth muscle tone // J Urol. 1992. Vol. 147, N 1. P. 220–225. doi: 10.1016/S0022-5347(17)37201-4
- Angulo J., Cuevas P., Fernández A., et al. Enhanced thromboxane receptor-mediated responses and impaired endothelium-dependent relaxation in human corpus cavernosum from diabetic impotent men: Role of protein kinase C activity // J Pharmacol Exp Ther. 2006. Vol. 319, N 1. P. 783–789. doi: 10.1124/jpet.106.108597
- Mitidieri E., Cirino G., d'Emmanuele di Villa Bianca R., Sorrentino R. Pharmacology and perspectives in erectile dysfunction in man // Pharmacol Ther. 2020. Vol. 208. ID 107493. doi:10.1016/j.pharmthera.2020.107493
- Еркович А.А., Алиев Р.Т., Наседкина Т.С., и др. Мониторинг ночных пенильных тумесценций у здоровых добровольцев регистратором пенильных тумесценций «Андроскан МИТ» для установления достоверных границ нормофизиологических значений параметров прибора в условиях многоцентрового исследования // Урология. 2021. № 4. С. 61–67. EDN: LJWKEU doi: 10.18565/urology.2021.4.61-67
- Belew D., Klaassen Z., Lewis R.W. Intracavernosal Injection for the diagnosis, evaluation, and treatment of erectile dysfunction: A review // Sex Med Rev. 2015. Vol. 3, N 1. P. 11–23. doi: 10.1002/smrj.35
- Virag R. Intracavernous injection of papaverine for erectile failure // Lancet. 1982. Vol. 320, N 8304. P. 938. doi: 10.1016/s0140-6736(82)90910-2
- Delcour C., Wespes E., Vandenbosch G., et al. The effect of papaverine on arterial and venous hemodynamics of erection // J Urol. 1987. Vol. 138, N 1. P. 187–189. doi: 10.1016/s0022-5347(17)43041-29
- Juenemann K.-P., Lue T.F., Fournier G.R. Jr., Tanangho E.A. Hemodynamics of papaverine- and phentolamine-induced penile erection // J Urol. 1986. Vol. 136, N 1–1. P. 158–161. doi: 10.1016/s0022-5347(17)44763-x
- Montorsi F., Salonia A., Zanoni M., et al. Current status of local penile therapy // Int J Impot Res. 2002. Vol. 14, N 1. P. S70–81. doi: 10.1038/sj.ijir.3900808
- Wespes E., Delcour C., Rondeux C., et al. The erectile angle: objective criterion to evaluate the papaverine test in impotence // J Urol. 1987. Vol. 138, N 5. P. 1171–1173. doi: 10.1016/s0022-5347(17)43539-7
- Brindley G.S. Cavernous alpha-blockade: a new technique for investigating and treating erectile impotence // Br J Psychiatry. 1983. Vol. 143, N 4. P. 332–337. doi: 10.1192/bjp.143.4.332
- Nelson C.J., Hsiao W., Balk E., et al. Injection anxiety and pain in men using intracavernosal injection therapy after radical pelvic surgery // J Sex Med. 2013. Vol. 10, N 10. P. 2559–2265. doi: 10.1111/jsm.12271
- Burnett A.L., Nehra A., Breau R.H., et al. Erectile dysfunction: AUA guideline // J Urol. 2018. Vol. 200, N 3. P. 633–641. doi: 10.1016/j.juro.2018.05.004
- El-Sakka A.I. What is the current role of intracavernosal injection in management of erectile dysfunction? // Int J Impot Res. 2016. Vol. 28, N 3. P. 88–95. doi: 10.1038/ijir.2016.14
- Hackett G., Kirby M., Wylie K., et al. British society for sexual medicine guidelines on the management of erectile dysfunction in men-2017 // J Sex Med. 2018. Vol. 15, N 4. P. 430–457. doi: 10.1016/j.jsxm.2018.01.023
- Hatzimouratidis K., Salonia A., Adaikan G., et al. Pharmacotherapy for erectile dysfunction: recommendations from the Fourth International Consultation for Sexual Medicine (ICSM 2015) // J Sex Med. 2016. Vol. 13, N 4. P. 465–488. doi: 10.1016/j.jsxm.2016.01.016
- Velcek D., Sniderman K.W., Vaughan E.D., et al. Penile flow index utilizing a Doppler pulse wave analysis to identify penile

- vascular insufficiency // *J Urol*. 1980. Vol. 123, N 5. P. 669–673. doi: 10.1016/s0022-5347(17)56082-6
- 33.** Lue T.F., Hricak H., Marich K.W., Tanagho E.A. Vasculogenic impotence evaluated by high-resolution ultrasonography and pulsed Doppler spectrum analysis // *Radiology*. 1985. Vol. 155, N 3. P. 777–781. doi: 10.1148/radiology.155.3.3890009
- 34.** Aversa A., Sarteschi L.M. The role of penile color-duplex ultrasound for the evaluation of erectile dysfunction // *J Sex Med*. 2007. Vol. 4, N 5. P. 1437–1447. doi: 10.1111/j.1743-6109.2007.00546.x
- 35.** Katlowitz N.M., Albano G.J.T., Morales P., Golimbu M. Potentiation of drug-induced erection with audiovisual sexual stimulation // *Urology*. 1993. Vol. 41, N 5. P. 431–434. doi: 10.1016/0090-4295(93)90502-2
- 36.** Sikka S.C., Hellstrom W.J.G., Brock G., Morales A.M. Standardization of vascular assessment of erectile dysfunction: standard operating procedures for duplex ultrasound // *J Sex Med*. 2013. Vol. 10, N 1. P. 120–129. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02825.x
- 37.** Cavallini G., Maretti C. Unreliability of the duplex scan in diagnosing corporeal venous occlusive disease in young healthy men with erectile deficiency // *Urology*. 2018. Vol. 113. P. 91–98. doi: 10.1016/j.urology.2017.11.005
- 38.** Golijanin D., Singer E., Davis R., et al. Doppler evaluation of erectile dysfunction — part 2 // *Int J Impot Res*. 2007. Vol. 19. P. 43–48. doi: 10.1038/sj.ijir.3901478
- 39.** Hatzichristou D.G., Saenz de Tejada I., Kupferman S., et al. *In vivo* assessment of trabecular smooth muscle tone, its application in pharmaco-cavernosometry and analysis of intracavernous pressure determinants // *J Urol*. 1995. Vol. 153, N 4. P. 1126–1135. doi: 10.1016/S0022-5347(01)67530-X
- 40.** Saenz de Tejada I., Moroukian P., Tessier J., et al. Trabecular smooth muscle modulates the capacitor function of the penis. Studies on a rabbit model // *Am J Physiol*. 1991. Vol. 260, N 5–2. P. H1590–H1595. doi: 10.1152/ajpheart.1991.260.5.H1590
- 41.** Arafa M., Eid H., Shamloul R. Significance of phentolamine re-dosing during prostaglandin E1 penile color Doppler ultrasonography in diagnosis of vascular erectile dysfunction // *Int J Urol*. 2007. Vol. 14, N 5. P. 476–477. doi: 10.1111/j.1442-2042.2006.01732.x
- 42.** Mulhall J.P., Abdel-Moneim A., Abobakr R., Goldstein I. Improving the accuracy of vascular testing in impotent men: correcting hemodynamic alterations using a vasoactive medication re-dosing schedule // *J Urol*. 2001. Vol. 166, N 3. P. 923–926. doi: 10.1016/s0022-5347(05)65865-x
- 43.** Teloken P.E., Park K., Parker M., et al. The false diagnosis of venous leak: prevalence and predictors // *J Sex Med*. 2011. Vol. 8, N 8. P. 2344–2349. doi: 10.1111/j.1743-6109.2011.02298.x
- 44.** Повелица Э.А., Доста Н.И., Быстренков А.В., и др. Динамическая компьютерная контрастная ангиография внутренней половой артерии — инновационный метод диагностики артериогенной эректильной дисфункции // *Инновационные технологии в медицине*. 2017. Т. 5, № 3. С. 155–166. EDN: ZOKYTR
- 45.** Montague D.K., Jarow J.P., Broderick G.A., et al. Chapter 1: The management of erectile dysfunction: an AUA update // *J Urol*. 2005. Vol. 174, N 1. P. 230–239. doi: 10.1097/01.ju.0000164463.19239.19
- 46.** Rajfer J., Canan V., Dorey F.J., Mehringer C.M. Correlation between penile angiography and duplex scanning of cavernous arteries in impotent men // *J Urol*. 1990. Vol. 143, N 6. P. 1128–1130. doi: 10.1016/s0022-5347(17)40203-5
- 47.** Bähren W., Gall H., Scherb W., et al. Arterial anatomy and arteriographic diagnosis of arteriogenic impotence // *Cardiovasc Interven Radiol*. 1988. Vol. 11. P. 195–210. doi: 10.1007/BF02577004
- 48.** Ефремов Е.А., Жуков О.Б., Щербинин С.Н., и др. Динамическая компьютерная кавернозография в диагностике вено-окклюзивной эректильной дисфункции // *Урология сегодня*. 2012. № 4.
- 49.** Кызласов П.С., Касымов Б.Г., Аль-Шукри С.Х., и др. Лучевая диагностика артериовенозной эректильной дисфункции: история и развитие // *Урологические ведомости*. 2018. Т. 8, № 1. С. 40–46. EDN: YWJLJI doi: 10.17816/uroved8140-46
- 50.** Armenakas N.A., McAninch J.W., Lue T.F., et al. Posttraumatic impotence: magnetic resonance imaging and duplex ultrasound in diagnosis and management // *J Urol*. 1993. Vol. 149, N 5–2. P. 1272–1275. doi: 10.1016/s0022-5347(17)36365-6
- 51.** Ахвледиани Н.Д., Берников А.Н., Гвасалия Б.П. Эректильная дисфункция. Клинические рекомендации. 2021.
- 52.** Корнеев И.А. Длительное ингибирование фосфодиэстеразы 5 типа: эффекты, перспективы применения в урологической практике // *Эффективная фармакотерапия*. 2013. № 16. С. 14–17. EDN: QATBGR
- 53.** Vardi Y., Appel B., Jacob G., et al. Can low-intensity extracorporeal shockwave therapy improve erectile function? A 6-month follow-up pilot study in patients with organic erectile dysfunction // *Eur Urol*. 2010. Vol. 58, N 2. P. 243–248. doi: 10.1016/j.eururo.2010.04.004
- 54.** Rizk P.J., Krieger J.R., Kohn T.P., Pastuszak A.W. Low-intensity shockwave therapy for erectile dysfunction // *Sex Med Rev*. 2018. Vol. 6, N 4. P. 624–630. doi: 10.1016/j.jsxmr.2018.01.002
- 55.** Dong L., Chang D., Zhang X., et al. Effect of low-intensity extracorporeal shock wave on the treatment of erectile dysfunction: A systematic review and meta-analysis // *Am J Mens Health*. 2019. Vol. 13, N 2. ID 1557988319846749. doi: 10.1177/1557988319846749
- 56.** Weihs A.M., Fuchs C., Teuschl A.H., et al. Shock wave treatment enhances cell proliferation and improves wound healing by ATP release-coupled extracellular signal-regulated kinase (ERK) activation // *J Biol Chem*. 2014. Vol. 289, N 39. P. 27090–27104. doi: 10.1074/jbc.M114.580936
- 57.** Drury R., Natale C., Hellstrom W.J.G. Reviewing the evidence for shockwave- and cell-based regenerative therapies in the treatment of erectile dysfunction // *Ther Adv Urol*. 2021. Vol. 13. ID 17562872211002059. doi: 10.1177/17562872211002059
- 58.** Daeschler S.C., Harhaus L., Schoenle P., et al. Ultrasound and shockwave stimulation to promote axonal regeneration following nerve surgery: A systematic review and meta-analysis of preclinical studies // *Sci Rep*. 2018. Vol. 8. ID 3168. doi: 10.1038/s41598-018-21540-5
- 59.** Usta M.F., Gabrielson A.T., Bivalacqua T.J. Low-intensity extracorporeal shockwave therapy in the treatment of erectile dysfunction following radical prostatectomy: A critical review // *Int J Impot Res*. 2019. Vol. 31. P. 231–238. doi: 10.1038/s41443-019-0121-3
- 60.** Patent US No. A16H19/00/29.11.1913. Lederer O. Surgical device.
- 61.** Witherington R. Vacuum constriction device for management of erectile impotence // *J Urol*. 1989. Vol. 141, N 2. P. 320–322. doi: 10.1016/S0022-5347(17)40752-X
- 62.** Diederichs W., Kaula N.F., Lue T.F., Tanagho E.A. The effect of subatmospheric pressure on the simian penis // *J Urol*. 1989. Vol. 142, N 4. P. 1087–1089. doi: 10.1016/s0022-5347(17)39001-8
- 63.** Lin H., Wang R. The science of vacuum erectile device in penile rehabilitation after radical prostatectomy // *Transl Androl Urol*. 2013. Vol. 2, N 1. P. 61–66. doi: 10.3978/j.issn.2223-4683.2013.01.04

64. Yuan J., Lin H., Li P., et al. Molecular mechanisms of vacuum therapy in penilerehabilitation: A novel animal study // *Eur Urol*. 2010. Vol. 58, N 5. P. 773–780. doi: 10.1016/j.eururo.2010.07.005

65. Trost L.W., Munarriz R., Wang R., et al. External mechanical devices and vascular surgery for erectile dysfunction // *J Sex Med*. 2016. Vol. 13, N 11. P. 1579–1617. doi: 10.1016/j.jsxm.2016.09.008

66. Shauly O., Gould D.J., Patel K.M. Emerging nonsurgical and surgical techniques to treat erectile dysfunction: A systematic review of treatment options and published outcomes // *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2019. Vol. 72, N 4. P. 532–538. doi: 10.1016/j.bjps.2018.12.028

67. Scott F.B., Bradley W.E., Timm G.W. Management of erectile impotence: Use of implantable inflatable prosthesis // *Urology*. 1973. Vol. 2, N 1. P. 80–82. doi: 10.1016/0090-4295(73)90224-0

REFERENCES

- Kapsargin FP, Volkova GA, Zukov RA, et al. Analysis of publicly available rehabilitation of erectile dysfunction in young men. In: *Proceedings of the scientific and practical conference of urologists of Western Siberia: "Issues of diagnostics and treatment of urological diseases"*; 2004 May 12–13, 2004; Biysk. (In Russ.)
- Pushkar DYu, Kamalov AA, Al-Shukri SHh, et al. Epidemiological study of the prevalence of erectile dysfunction in the Russian Federation. *RMJ*. 2012;20(3):112–115. (In Russ.) EDN: PACUHF
- Efremov EA, Shekhovtsov SYu, Kastrikin YuV, et al. Diagnosis of erectile dysfunction. current state of the problem. *Effective pharmacotherapy*. 2019;15(16):38–44. EDN: ZKWQHB doi: 10.33978/2307-3586-2019-15-16-38-44
- Meisel RL, Sachs BD. The physiology of male sexual behavior. In: Knobil E, Neil J, editors. *The physiology of reproduction*. New York: Raven Press; 1994. P. 3–96.
- Saenz de Tejada IS, Angulo J, Celtek S, et al. Physiology of erectile function and pathophysiology of erectile dysfunction. *J Sex Med*. 2005;2(1):29–36. doi: 10.1111/j.1743-6109.04038.x
- Andersson KE, Wagner G. Physiology of penile erection. *Physiol Rev*. 1995;75(1):191–236. doi: 10.1152/physrev.1995.75.1.191
- Duncan C, Omran GJ, The J, et al. Erectile dysfunction: A global review of intracavernosal injectables. *World J Urol*. 2019;37:1007–1014. doi: 10.1007/s00345-019-02727-5
- Ghanem H, Raheem AA, Abdel Rahman IFS, et al. Botulinum neurotoxin and its potential role in the treatment of erectile dysfunction. *Sex Med Rev*. 2018;6(1):135–142. doi: 10.1016/j.jsxm.2017.07.008
- Goldstein I, McCullough AR, Jones LA, et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled evaluation of the safety and efficacy of avanafil in subjects with erectile dysfunction. *J Sex Med*. 2012;9(4):1122–1133. doi: 10.1111/j.1743-6109.2011.02629.x
- Madeira CR, Tonin FS, Fachi MM, et al. Efficacy and safety of oral phosphodiesterase 5 inhibitors for erectile dysfunction: a network meta-analysis and multicriteria decision analysis. *World J Urol*. 2021;39(3):953–962. doi: 10.1007/s00345-020-03233-9
- Kang SG, Kim JJ. Udenafil: Efficacy and tolerability in the management of erectile dysfunction. *Ther Adv Urol*. 2013;5(2):101–110. doi: 10.1177/1756287212470019
- Andersson K-E. Mechanisms of penile erection and basis for pharmacological treatment of erectile dysfunction. *Pharmacol Rev*. 2011;63(4):811–859. doi:10.1124/pr.111.004515
- Argiolas A. Male erectile dysfunction: Chemical pharmacology of penile erection. *Drugs Discov Today Ther Strateg*. 2005;2(1):31–36. doi: 10.1016/j.ddstr.2005.05.005
- Glina S, Fonseca GN, Bertero EB, et al. Efficacy and tolerability of lodenafil carbonate for oral therapy of erectile dysfunction: A phase III clinical trial. *J Sex Med*. 2010;7(5):1928–1936. doi: 10.1111/j.1743-6109.2010.01711.x
- Azadzi KM, Saenz de Tejada I. Diabetes mellitus impairs neurogenic and endothelium-dependent relaxation of rabbit corpus cavernosum smooth muscle. *J Urol*. 1992;148(5-1):1587–1591. doi: 10.1016/S0022-5347(17)36975-6
- Azadzi KM, Kim N, Brown ML, et al. Endothelium-derived nitric oxide and cyclooxygenase products modulate corpus cavernosum smooth muscle tone. *J Urol*. 1992;147(1):220–225. doi: 10.1016/S0022-5347(17)37201-4
- Angulo J, Cuevas P, Fernández A, et al. Enhanced thromboxane receptor-mediated responses and impaired endothelium-dependent relaxation in human corpus cavernosum from diabetic impotent men: Role of protein kinase C activity. *J Pharmacol Exp Ther*. 2006;319(1):783–789. doi: 10.1124/jpet.106.108597
- Mitidieri E, Cirino G, d'Emmanuele di Villa Bianca R, Sorrentino R. Pharmacology and perspectives in erectile dysfunction in man. *Pharmacol Ther*. 2020;208:107493. doi:10.1016/j.pharmthera.2020.107493
- Erkovich AA, Aliev RT, Nasedkina TV, et al. Monitoring of nocturnal penile tumescence in healthy volunteers by the "Androscan MIT" registrar to establish reliable normal physiological values in a multicenter study. *Urologija*. 2021;(4):61–67. EDN: LJWKEU doi: 10.18565/urology.2021.4.61-67
- Belew D, Klaassen Z, Lewis RW. Intracavernosal injection for the diagnosis, evaluation, and treatment of erectile dysfunction: A review. *Sex Med Rev*. 2015;3(1):11–23. doi: 10.1002/smrj.35
- Virag R. Intracavernous injection of papaverine for erectile failure. *Lancet*. 1982;320(8304):938. doi: 10.1016/s0140-6736(82)90910-2
- Delcour C, Wespes E, Vandenbosch G, et al. The effect of papaverine on arterial and venous hemodynamics of erection. *J Urol*. 1987;138(1):187–189. doi: 10.1016/s0022-5347(17)43041-29
- Juenemann K-P, Lue TF, Fournier GR Jr, Tanangho EA. Hemodynamics of papaverine- and phentolamine-induced penile erection. *J Urol*. 1986;136(1-1):158–161. doi: 10.1016/s0022-5347(17)44763-x
- Montorsi F, Salonia A, Zanon M, et al. Current status of local penile therapy. *Int J Impot Res*. 2002;14(1):S70–81. doi: 10.1038/sj.ijir.3900808

25. Wespes E, Delcour C, Rondeux C, et al. The erectile angle: objective criterion to evaluate the papaverine test in impotence. *J Urol.* 1987;138(5):1171–1173. doi: 10.1016/s0022-5347(17)43539-7
26. Brindley GS. Cavernous alpha-blockade: a new technique for investigating and treating erectile impotence. *Br J Psychiatry.* 1983;143(4):332–337. doi: 10.1192/bjp.143.4.332
27. Nelson CJ, Hsiao W, Balk E, et al. Injection anxiety and pain in men using intracavernosal injection therapy after radical pelvic surgery. *J Sex Med.* 2013;10(10):2559–2265. doi: 10.1111/jsm.12271
28. Burnett AL, Nehra A, Breau RH, et al. Erectile dysfunction: AUA guideline. *J Urol.* 2018;200(3):633–641. doi: 10.1016/j.juro.2018.05.004
29. El-Sakka AI. What is the current role of intracavernosal injection in management of erectile dysfunction? *Int J Impot Res.* 2016;28(3):88–95. doi: 10.1038/ijir.2016.14
30. Hackett G, Kirby M, Wylie K, et al. British society for sexual medicine guidelines on the management of erectile dysfunction in men-2017. *J Sex Med.* 2018;15(4):430–457. doi: 10.1016/j.jsxm.2018.01.023
31. Hatzimouratidis K, Salonia A, Adaikan G, et al. Pharmacotherapy for erectile dysfunction: recommendations from the Fourth International Consultation for Sexual Medicine (ICSM 2015). *J Sex Med.* 2016;13(4):465–488. doi: 10.1016/j.jsxm.2016.01.016
32. Velcek D, Sniderman KW, Vaughan ED, et al. Penile flow index utilizing a Doppler pulse wave analysis to identify penile vascular insufficiency. *J Urol.* 1980;123(5):669–673. doi: 10.1016/s0022-5347(17)56082-6
33. Lue TF, Hricak H, Marich KW, Tanagho EA. Vasculogenic impotence evaluated by high-resolution ultrasonography and pulsed Doppler spectrum analysis. *Radiology.* 1985;155(3):777–781. doi: 10.1148/radiology.155.3.3890009
34. Aversa A, Sarteschi LM. The role of penile color-duplex ultrasound for the evaluation of erectile dysfunction. *J Sex Med.* 2007;4(5):1437–1447. doi: 10.1111/j.1743-6109.2007.00546.x
35. Katlowitz NM, Albano GJT, Morales P, Golimbu M. Potentiation of drug-induced erection with audiovisual sexual stimulation. *Urology.* 1993;41(5):431–434. doi: 10.1016/0090-4295(93)90502-2
36. Sikka SC, Hellstrom WJG, Brock G, Morales AM. Standardization of vascular assessment of erectile dysfunction: standard operating procedures for duplex ultrasound. *J Sex Med.* 2013;10(1):120–129. doi: 10.1111/j.1743-6109.2012.02825.x
37. Cavallini G, Maretta C. Unreliability of the duplex scan in diagnosing corporeal venous occlusive disease in young healthy men with erectile deficiency. *Urology.* 2018;113:91–98. doi:10.1016/j.urology.2017.11.005
38. Golijanin D, Singer E, Davis R, et al. Doppler evaluation of erectile dysfunction — part 2. *Int J Impot Res.* 2007;19:43–48. doi: 10.1038/sj.ijir.3901478
39. Hatzichristou DG, Saenz de Tejada I, Kupferman S, et al. *In vivo* assessment of trabecular smooth muscle tone, its application in pharmaco-cavernosometry and analysis of intracavernous pressure determinants. *J Urol.* 1995;153(4):1126–1135. doi: 10.1016/S0022-5347(01)67530-X
40. Saenz de Tejada I, Moroukian P, Tessier J, et al. Trabecular smooth muscle modulates the capacitor function of the penis. Studies on a rabbit model. *Am J Physiol.* 1991;260(5-2):H1590–H1595. doi: 10.1152/ajpheart.1991.260.5.H1590
41. Arafa M, Eid H, Shamloul R. Significance of phentolamine redosing during prostaglandin E1 penile color Doppler ultrasonography in diagnosis of vascular erectile dysfunction. *Int J Urol.* 2007;14(5):476–477. doi: 10.1111/j.1442-2042.2006.01732.x
42. Mulhall JP, Abdel-Moneim A, Abobakr R, Goldstein I. Improving the accuracy of vascular testing in impotent men: correcting hemodynamic alterations using a vasoactive medication re-dosing schedule. *J Urol.* 2001;166(3):923–926. doi: 10.1016/s0022-5347(05)65865-x
43. Teloken PE, Park K, Parker M, et al. The false diagnosis of venous leak: prevalence and predictors. *J Sex Med.* 2011;8(8):2344–2349. doi: 10.1111/j.1743-6109.2011.02298.x
44. Povelitsa EA, Dosta NI, Bystrenkov AV, et al. Dynamic multi-spiral computer contrast angiography a internal pudental artery — an innovative diagnostic method of arteriogenic erectile dysfunction. *Innovative technologies in medicine.* 2017;5(3):155–166. EDN: ZOKYTR
45. Montague DK, Jarow JP, Broderick GA, et al. Chapter 1: The management of erectile dysfunction: an AUA update. *J Urol.* 2005;174(1):230–239. doi: 10.1097/01.ju.0000164463.19239.19
46. Rajfer J, Canan V, Dorey FJ, Mehlinger CM. Correlation between penile angiography and duplex scanning of cavernous arteries in impotent men. *J Urol.* 1990;143(6):1128–1130. doi: 10.1016/s0022-5347(17)40203-5
47. Bähren W, Gall H, Scherb W, et al. Arterial anatomy and arteriographic diagnosis of arteriogenic impotence. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 1988;11:195–210. doi: 10.1007/BF02577004
48. Efremov EA, Zhukov OB, Shcherbinin SN, et al. Dynamic computerised cavernosography in the diagnosis of veno-occlusive erectile dysfunction. *Urology today.* 2012;(4). (In Russ.)
49. Kyzlasov PS, Kasymov BG, Al-Shukri SK, et al. Radiation diagnostics of arteriovenous erectile dysfunction: history and development. *Urology reports (St. Petersburg).* 2018;8(1):40–46. EDN: YWJLJI doi: 10.17816/uroved8140-46
50. Armenakas NA, McAninch JW, Lue TF, et al. Posttraumatic impotence: magnetic resonance imaging and duplex ultrasound in diagnosis and management. *J Urol.* 1993;149(5-2):1272–1275. doi: 10.1016/s0022-5347(17)36365-6
51. Akhvediani ND, Bernikov AN, Gvasalia BR. *Erectile dysfunction. Clinical recommendations.* 2021. (In Russ.)
52. Korneyev IA. Long-term phosphodiesterase inhibition: urologic perspectives. *Effective pharmacotherapy.* 2013;(16):14–17. EDN: QATBGR
53. Vardi Y, Appel B, Jacob G, et al. Can low-intensity extracorporeal shockwave therapy improve erectile function? A 6-month follow-up pilot study in patients with organic erectile dysfunction. *Eur Urol.* 2010;58(2):243–248. doi: 10.1016/j.eururo.2010.04.004
54. Rizk PJ, Krieger JR, Kohn TP, Pastuszak AW. Low-intensity shockwave therapy for erectile dysfunction. *Sex Med Rev.* 2018;6(4):624–630. doi: 10.1016/j.sxmr.2018.01.002
55. Dong L, Chang D, Zhang X, et al. Effect of low-intensity extracorporeal shock wave on the treatment of erectile dysfunction: A systematic review and meta-analysis. *Am J Mens Health.* 2019;13(2):1557988319846749. doi: 10.1177/1557988319846749
56. Weihs AM, Fuchs C, Teuschl AH, et al. Shock wave treatment enhances cell proliferation and improves wound healing by ATP release-coupled extracellular signal-regulated kinase (ERK) activation. *J Biol Chem.* 2014;289(39):27090–27104. doi: 10.1074/jbc.M114.580936
57. Drury R, Natale C, Hellstrom WJG. Reviewing the evidence for shockwave- and cell-based regenerative therapies in the treatment of erectile dysfunction. *Ther Adv Urol.* 2021;13:17562872211002059. doi: 10.1177/17562872211002059

58. Daeschler SC, Harhaus L, Schoenle P, et al. Ultrasound and shock-wave stimulation to promote axonal regeneration following nerve surgery: A systematic review and meta-analysis of preclinical studies. *Sci Rep.* 2018;8:3168. doi: 10.1038/s41598-018-21540-5
59. Usta MF, Gabrielson AT, Bivalacqua TJ. Low-intensity extracorporeal shockwave therapy in the treatment of erectile dysfunction following radical prostatectomy: A critical review. *Int J Impot Res.* 2019;31:231–238. doi: 10.1038/s41443-019-0121-3
60. Patent US No. A16H19/00/29.11.1913. Lederer O. *Surgical device.*
61. Witherington R. Vacuum constriction device for management of erectile impotence. *J Urol.* 1989;141(2):320–322. doi: 10.1016/S0022-5347(17)40752-X
62. Diederichs W, Kaula NF, Lue TF, Tanagho EA. The effect of subatmospheric pressure on the simian penis. *J Urol.* 1989;142(4):1087–1089. doi: 10.1016/s0022-5347(17)39001-8
63. Lin H, Wang R. The science of vacuum erectile device in penile rehabilitation after radical prostatectomy. *Transl Androl Urol.* 2013;2(1):61–66. doi: 10.3978/j.issn.2223-4683.2013.01.04
64. Yuan J, Lin H, Li P, et al. Molecular mechanisms of vacuum therapy in penilerehabilitation: A novel animal study. *Eur Urol.* 2010;58(5):773–780. doi: 10.1016/j.eururo.2010.07.005
65. Trost LW, Munarriz R, Wang R, et al. External mechanical devices and vascular surgery for erectile dysfunction. *J Sex Med.* 2016;13(11):1579–1617. doi: 10.1016/j.jsxm.2016.09.008
66. Shauly O, Gould DJ, Patel KM. Emerging nonsurgical and surgical techniques to treat erectile dysfunction: A systematic review of treatment options and published outcomes. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2019;72(4):532–538. doi: 10.1016/j.bjps.2018.12.028
67. Scott FB, Bradley WE., Timm G.W. Management of erectile impotence: Use of implantable inflatable prosthesis. *Urology.* 1973;2(1):80–82. doi: 10.1016/0090-4295(73)90224-0
68. Hamilton Z, Mirza M. Post-prostatectomy erectile dysfunction: Contemporary approaches from a US perspective. *Res Rep Urol.* 2014;6:35–41. doi: 10.2147/RRU.S39560
69. Wang C-M, Wu B-R, Xiang P, et al. Management of male erectile dysfunction: From the past to the future. *Front Endocrinol.* 2023;14:1148834. doi: 10.3389/fendo.2023.1148834
70. Montorsi F, Rigatti P, Carmignani G, et al. AMS three-piece inflatable implants for erectile dysfunction: A long-term multi-institutional study in 200 consecutive patients. *Eur Urol.* 2000;37(1):50–55. doi: 10.1159/000020099
71. La Croce G, Schifano N, Pescatori E, et al. Which patient may benefit the most from penile prosthesis implantation? *Andrology.* 2022;10(8):1567–1574. doi: 10.1111/andr.13294

ОБ АВТОРАХ

***Руслан Романович Алиев;** адрес: Россия, 656038, Алтайский край, Барнаул, пр. Ленина, д. 40; ORCID: 0000-0003-4464-9162; e-mail: ruslanaliev@bk.ru

Александр Израилевич Неймарк, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-5741-6408; Scopus Author ID: 7102411541; eLibrary SPIN: 4528-7765; e-mail: neimark.a@mail.ru

Андрей Викторович Давыдов, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0001-8212-2623; eLibrary SPIN: 2423-1090; e-mail: andre1763@mail.ru

AUTHORS' INFO

***Ruslan R. Aliev,** MD; address: 40 Lenina av., Barnaul, Altai Region, 656038, Russia; ORCID: 0000-0003-4464-9162; e-mail: ruslanaliev@bk.ru

Alexandr I. Neymark, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-5741-6408; Scopus Author ID: 7102411541; eLibrary SPIN: 4528-7765; e-mail: neimark.a@mail.ru

Andrei V. Davydov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0001-8212-2623; eLibrary SPIN: 2423-1090; e-mail: andre1763@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author