

Диагностика эректильной дисфункции. Современное состояние проблемы

Е.А. Ефремов, д.м.н., проф.^{1,2}, С.Ю. Шеховцов, д.м.н.¹,
Ю.В. Кастрикин^{1,2}, А.О. Бутов¹, Т.А. Едоян^{1,2}

Адрес для переписки: Евгений Александрович Ефремов, konfandrology@rambler.ru

Для цитирования: 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.

DOI 10.33978/2307-3586-2019-15-16-38-44

В статье подробно анализируются возможности таких методов диагностики эректильной дисфункции, как оценка ночной пенильной тумесценции и ригидности полового члена, фармакодотплерография сосудов полового члена, электрофизиологическое исследование полового члена, оценка системной эндотелиальной функции, кавернозография. Отмечается необходимость разработки персонализированного диагностического алгоритма, направленного на оценку состояния сердечно-сосудистой системы, эндотелия, андрогенного статуса и других факторов с целью повышения эффективности и безопасности лечения мужчин, страдающих различными формами нарушения эрекции.

Ключевые слова: эрекция, эректильная дисфункция, диагностика

Введение

Эректильная дисфункция (ЭД) – широко распространенное состояние, не представляющее опасности для жизни, но затрагивающее физическое и психическое здоровье мужчин. ЭД оказывает значительное влияние на качество жизни как самого мужчины, так и его партнерши и членов семьи [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, нарушение эрекции наблюдается у каждого десятого мужчины старше 21 года. В возрасте 40–50 лет ЭД выявляется уже у 40% мужчин, в 50–60 лет – у 48–57%. Каждый третий мужчина старше 60 лет вообще не

способен совершать половой акт [2, 3].

По результатам анализа форм и распространенности ЭД в Российской Федерации с помощью опросника Международного индекса эректильной функции (МИЭФ-5) выявлено, что из 1225 мужчин в возрасте от 20 до 75 лет симптомы ЭД имели место у 1101 респондента. У 10,1% мужчин отсутствовали признаки ЭД, в то время как легкая степень ЭД отмечалась у 71,3%, средняя степень – у 6,6% и тяжелая степень – у 12% респондентов. Из 1225 мужчин 115 прекратили половую жизнь, причем в 69,6% случаев причиной послужила ЭД [4].

На сегодняшний день известно, что эрекция – сложная психонейро-сосудистая реакция, возникающая в результате тесного взаимодействия эндокринной, нервной, а также сердечно-сосудистой систем [5, 6]. Когда происходит дискоординация этих систем и мужчины теряют способность достигать и/или поддерживать достаточную эрекцию, необходимую для удовлетворения сексуальных потребностей, развивается состояние, называемое ЭД [7].

ЭД – многофакторное, полиэтиологическое заболевание. На возникновение адекватной эрекции полового члена в значительной степени могут оказывать влияние три ключевых фактора: системные заболевания, неправильное питание и прием лекарственных средств [8]. Следует отметить, что с возрастом повышается частота соматической отягощенности, негативно влияющей на эректильную функцию, в частности развиваются артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца и сахарный диабет [9, 10]. В связи с этим необходим комплексный персонализированный подход к диагностике ЭД, чтобы установить истинную причину развития ЭД и определить дальнейшую тактику лечения. Сегодня помимо модификации образа жизни (поддержка достаточ-

ной физической активности, отказ от курения) и ограничения факторов риска (нормализация уровня липидов, артериального давления, сахара в крови) существует три линии терапии ЭД. К первой линии относится прием ингибиторов фосфодиэстеразы пятого типа, ко второй – вакуумные устройства для эрекции, ударно-волновая терапия, интракавернозные инъекции. Наконец, методом третьей линии является имплантация пенильных протезов (фаллопротезирование). Для определения патогенетического лечения ЭД следует установить ее природу. Персонализированный лечебно-диагностический подход с использованием дополнительных методов исследований позволит получить ожидаемо лучшие результаты лечения в долгосрочной перспективе [11–13].

Диагностика эректильной дисфункции

Одна из парадигм современной диагностики ЭД в настоящее время подразумевает единый алгоритм обследования всех пациентов. Однако такая позиция приводит к неэффективности лечения. Известно, что ЭД – не заболевание, а симптом. Например, на сегодняшний день накоплено достаточно данных о том, что ЭД может быть потенциальным маркером сердечно-сосудистых заболеваний, поскольку возникает вследствие эндотелиальной дисфункции, поражения коронарных артерий и периферических сосудов [3, 14–18]. Так, эндотелиальная дисфункция может приводить к нарушению механизмов нормального кровотока в малом тазу, а также в системе коронарного кровообращения. При этом патогенетические причины развития эндотелиальной дисфункции могут быть различными [19]. В этой связи сегодня как никогда актуален вопрос об оптимизации существующих современных методов диагностики ЭД, направленных на оценку состояния эндотелия, а также андрогенного и психосексуального статуса мужчины. Главная задача обследования – формирование полной объективной картины

состояния здоровья мужчины и активная коррекция обнаруженных отклонений. В таком случае лечение ЭД будет высокоэффективным, максимально патогенетически обоснованным и безопасным. В настоящее время обследование мужчин, страдающих ЭД, включает в себя целый ряд лабораторно-инструментальных диагностических мероприятий. Помимо оценки анамнеза заболевания, сексуальных нарушений, проведения анкетирования (по Международному индексу эректильной функции, Опроснику возрастных симптомов андрогенного дефицита мужчины, Госпитальной шкале тревоги и депрессии), лабораторных тестов (определение уровня глюкозы, общего тестостерона, липидного профиля и др.), особого внимания заслуживают специальные методы исследования. Среди них оценка ночной пенильной тумесценции и ригидности, фармакодоплерография сосудов полового члена, оценка системной эндотелиальной функции, электрофизиологическое исследование полового члена, кавернозография.

Оценка ночной пенильной тумесценции и ригидности полового члена

Наибольшие трудности при исследовании эректильных расстройств вызывает дифференциальная диагностика психогенных и органических нарушений эректильной функции. Сохранность спонтанных эрекции при отсутствии адекватных считается косвенным признаком психогенных расстройств [20]. Провести дифференциальную диагностику между психогенной и органической формами ЭД позволяет в том числе оценка ночной пенильной тумесценции [21]. Впервые ночную пенильную тумесценцию описал Н.М. Halverson в 1940 г., который наблюдал за младенцами [22], а затем Р. Ohlmeier и соавт. в 1944 г., которые наблюдали за здоровыми мужчинами всех возрастов [23]. У здоровых мужчин в течение ночи в фазе быстрого сна отмечается от трех до пяти эпизодов спонтанных эрекции продолжительностью в среднем около

10–15 минут (от 20% времени сна в период полового созревания до двух – семи минут в старшем возрасте) [24].

Контроль за развитием ночной пенильной тумесценции осуществляется при помощи компьютеризованной системы RigiScan, разработанной в 1985 г. Система позволяет качественно и количественно оценивать ночные эрекции [25]. До настоящего времени исследование ночной пенильной тумесценции остается важным инструментом в диагностике ЭД, поскольку дает возможность проанализировать эффективность проведения адекватной терапии, направленной на восстановление сексуальных нарушений [26].

Так, было показано, что оценка пенильной тумесценции помогает прогнозировать наступление эффекта от приема ингибиторов фосфодиэстеразы пятого типа. S.M. Elhanbly и соавт. продемонстрировали положительную корреляцию между ригидностью в области головки и основания полового члена и эффективностью приема силденафила [27].

У мужчин, перенесших радикальную нервосберегающую простатэктомию, оценка ночной пенильной тумесценции важна для адекватного выбора фармакотерапии с целью раннего восстановления сексуальной функции. По данным А. Bannowsky и соавт., при хорошо выполненной операции эпизоды спонтанной эрекции наблюдаются уже в первую ночь после удаления уретрального катетера. При отсутствии ночной пенильной тумесценции предполагается, что нейрональная целостность кавернозного нерва была повреждена, и тогда, по мнению авторов, необходимо дополнительно использовать интракавернозные инъекции для восстановления эректильной функции [28]. Оценка ночной пенильной тумесценции также имеет значение для молодых юношей с патологией *spina bifida*, поскольку уровень поражения спинного мозга играет ключевую роль в реабилитации сексуальной функции [29].

Однако у пациентов, страдающих сахарным диабетом, ценность данного теста снижается, поскольку многие из них имеют сопутствующие соматические заболевания и принимают лекарственные средства, влияющие на достоверность результатов.

Ложноположительные результаты могут наблюдаться при нейрогенной ЭД. Ложноотрицательные – в преклонном возрасте пациента, при его волнении, депрессивных состояниях, нарушениях сна и гипогонадизме, а также приеме алкогольных напитков, антиандрогенов, антидепрессантов, барбитуратов, бензодиазепинов, диуретиков, симпатолитиков, антихолинергических противосудорожных, седативных и наркотических препаратов, никотина [30, 31].

Однако механизм развития спонтанных эрекций отличается от адекватных, и пациенты, у которых отмечаются отличные ночные эрекции, могут иметь признаки ЭД. В этой связи нормальные значения по результатам исследования ночной пенильной тумесценции не исключают органическую ЭД. Поэтому вопрос о диагностической ценности данного метода исследования до настоящего времени остается дискуссионным, и оценка ночной пенильной тумесценции применяется в основном в научно-клинических исследованиях [31].

Фармакодопплерография сосудов полового члена

Многочисленные исследования в области патогенетических механизмов развития ЭД показали, что в большинстве случаев ЭД имеет сосудистое происхождение и вызвана нарушением притока крови к кавернозным телам [32].

Для оценки артериального кровоснабжения в половом члене в 1971 г. D.V. Britt предложил применять методику плетизмографии с целью измерения пенильного систолического давления [33], а в 1975 г. D. Abelson – метод, основанный на эффекте Доплера. В настоящее время фармакодопплерография сосудов полового члена остается основным методом диаг-

ностики артериогенной ЭД [34]. Фармакодопплерография также позволяет диагностировать поражение веноокклюзивного механизма.

Метод более информативен, если выполняется в состоянии покоя с последующим сравнением с результатами, полученными во время эрекции, которая достигается с помощью функциональных проб с фармакологической нагрузкой [35, 36]. Метод искусственной фармакологической эрекции, предложенный G. Conti и R. Virag в 1982 г., значительно повысил качество функционального исследования пенильного кровотока [37]. Фармакологическая искусственная эрекция с использованием вазоактивных агентов (простагландин Е₁) широко применяется в клинической практике в качестве скринингового теста, поскольку позволяет с определенной достоверностью дифференцировать не только психогенные и органические формы эректильных расстройств, но и артериальную и веногенную недостаточность полового члена. Однако характер и степень фармакологической эрекции индивидуальны и зависят от дозы интракавернозного вводимого вазоактивного препарата [38]. Недостаток данного метода – необходимость интракавернозного введения препарата, что нередко сопровождается болью в области инъекции и страхом пациента. Это в свою очередь может приводить к активации симпатической нервной системы с последующим повышением тонуса кавернозных артерий, что несколько снижает диагностическую ценность данного исследования. Кроме того, стоит отметить высокую стоимость вводимого вазоактивного препарата [39].

Трудности стандартизации при интерпретации доплерографического спектра, по мнению некоторых авторов, могут быть связаны с различной разрешающей способностью ультразвуковых аппаратов, методологическими особенностями проведения исследования, выбором изучаемых параметров [40].

Оценка системной эндотелиальной функции

Ведущим патофизиологическим механизмом развития артериогенной ЭД считается нарушение локальной эндотелиальной функции кавернозных артерий. Под эндотелиальной дисфункцией подразумевают функциональное поражение эндотелия – слоя клеток, выстилающих просвет всех кровеносных сосудов. Клетки эндотелия реагируют на механические воздействия и химические вещества, содержащиеся в крови. Кроме того, эндотелий выполняет барьерную функцию между кровью и тканями, контролируя транспорт различных веществ между ними. Именно эндотелий определяет анатомо-функциональное состояние сосудов [41, 42]. Важно, что эндотелиальная дисфункция носит функционально обратимый характер.

В настоящее время существует несколько способов исследования системной эндотелиальной функции. Исторически одним из первых стало рентгенографическое определение диаметра коронарных артерий после введения ацетилхолина [43]. Однако данный метод инвазивен, сложен в исполнении, требует подготовленного персонала и дорогостоящего оборудования. Кроме того, ввиду высокого риска осложнений этот метод практически никогда не использовался вне клинических исследований [44].

Для неинвазивного определения состояния эндотелий-зависимого потока-опосредованного расширения сосудов применяется ультразвуковое измерение диаметра плечевой артерии. Однако этот метод имеет ряд недостатков: он оценивает состояние эндотелия только в одном сосуде, не учитывает системные колебания диаметра других артерий. Ультразвуковой метод, помимо прочего, в высшей степени зависит от профессиональных навыков исследователя. К тому же ультразвуковое исследование плечевой артерии имеет чрезвычайно малый диапазон изменений, которые определяются при обследовании [45].

Одна из последних разработок в области неинвазивной оценки

системной эндотелиальной функции – исследование периферического артериального тонуса. Эта технология предназначена для определения изменений артериального тонуса в периферических артериальных сосудах. Регистрируются изменения пульсирующего объема артерии на кончике пальца руки [46]. Ценность данного метода для измерения эндотелиальной функции была доказана в целом ряде независимых исследований. Так, в клинике Мейо этот метод сравнивался с инвазивной оценкой эндотелиальной функции коронарных артерий и продемонстрировал 82%-ную чувствительность и 77%-ную специфичность [47]. Результаты исследования A. Nohria и соавт. показали, что при внутриартериальном введении специального ингибитора эндотелиальной NO-синтазы блокируется 46% вазодилатирующего ответа, измеряемого при помощи оценки периферического артериального тонуса. Полученные данные прямо подтверждают тот факт, что тест измеряет именно NO-опосредованный эндотелиальный ответ [48]. На сегодняшний день общепризнано, что ЭД и сердечно-сосудистые заболевания, в частности ишемическая болезнь сердца, имеют общие факторы риска [49]. С 2003 г. во Фрамингемском исследовании начали оценивать эндотелиальную функцию. Все три когорты (первоначальная исследуемая популяция, второе и третье поколение) обследовали на предмет эндотелиальной дисфункции. Была показана сильная обратная зависимость между индексом реактивной гиперемии и многими факторами сердечно-сосудистых заболеваний и, как следствие, ЭД: большой окружностью талии, высоким уровнем общего холестерина и липопротеинов низкой плотности, сахарным диабетом, курением, гиполипидемической терапией [50]. Сообщается о значительной обратной зависимости индекса реактивной гиперемии от возраста, индекса массы тела, окружности талии, систолического и диастолического артериального давле-

ния, соотношения между общим холестерином и уровнем липопротеинов высокой плотности, триглицеридов и содержания глюкозы в крови натощак. Кроме того, была установлена положительная зависимость индекса реактивной гиперемии от уровня липопротеинов высокой плотности [51].

Электромиография

В 1988 г. G. Wagner и T.C. Gerstenberg впервые описали изменения электрической активности кавернозной ткани в зависимости от фаз эрекции [52]. В 1990 г. W.F. Thon и соавт. предложили использовать электромиографию кавернозной ткани для объективной оценки состояния автономной иннервации и определения гладкомышечной дегенерации, кавернозной или миогенной дисфункции [53, 54].

Обнаружена взаимосвязь между показателями электрической активности кавернозных тел и содержанием гладкомышечных структур в кавернозной ткани, выявляемых посредством гистоморфометрического анализа [55].

J. Ponseti и соавт. установили, что в большинстве случаев активность головного мозга (по результатам электроэнцефалографии) непосредственно коррелировала с показаниями, полученными при электромиографии кавернозных тел. Таким образом, электрическая активность полового члена находится под контролем головного мозга, причем вегетативный сигнал достигает кавернозных тел в течение долей секунды после начала сексуальной стимуляции. Данную экспериментальную парадигму можно использовать при изучении психогенной ЭД, для того чтобы разработать объективный метод исследования данного состояния [56].

По данным F. Giuliano и соавт., выполнение электромиографии позволяет определить аномалии развития гладкомышечных клеток кавернозных тел, соответствующих повреждению вегетативной иннервации полового члена и дегенеративным процессам в кавернозных телах [57].

M. Virseda-Chamorro и соавт. исследовали электрическую активность кавернозных тел у пациентов с артериогенной ЭД по результатам фармакодоплерографии сосудов полового члена. Ультразвуковое подтверждение недостаточной эрекции, ассоциированное с уменьшением активности электрического сигнала, по данным электромиографии кавернозных тел, продемонстрировало 66,7%-ную чувствительность и 92,9%-ную специфичность в диагностике артериогенной ЭД. Благодаря высокой специфичности электромиографического ответа на инъекцию простагландина E₁ этот тест может быть полезным в качестве скрининга при диагностике артериальной ЭД [58].

Однако результаты электромиографии полового члена можно подвергнуть сомнению, если учесть тот факт, что источником сигнала при выполнении электромиографии выступают не кавернозные тела, а кожа полового члена или окружающие ткани. В исследовании L.S. Leddy и соавт. на здоровых добровольцах, не страдающих ЭД, выполнялся медикаментозный блок кожи и кавернозных нервов. Оказалось, что именно кавернозная ткань является источником электрического сигнала. Авторы также предположили, что дальнейшее усовершенствование данной техники может сделать ее полезной в дифференциальной диагностике нейрогенной и миогенной ЭД [59].

По мнению M. Aldemir и соавт., электромиография не должна применяться в качестве метода определения возрастных изменений в кавернозных телах [60].

В настоящее время электромиография кавернозных тел не входит в число основных исследований при диагностике ЭД и используется в отдельных случаях: при посттравматической ЭД (например, в результате тупой травмы промежности), после оперативных вмешательств на органах малого таза (радикальной простатэктомии) у пациентов с сахарным диабетом [53, 54].

Кавернозография

Роль венозной системы в механизме развития и поддержания эрекции на протяжении многих лет составляла предмет дискуссии. В начале XX в. J.S. Wooten продемонстрировал значимость венозной системы в процессе развития эрекции и отметил улучшение качества последней после лигирования глубокой дорзальной вены [61].

Методика кавернозографии не нова. Впервые ее использовал А. De la Pena еще в 1946 г. для визуализации вен малого таза [62]. А в 1955 г. F. May и H. Hirtl описали нормальное рентгеновское изображение кавернозных тел, а также изменения, которые возникают при травмах, воспалении, опухолях кавернозных тел, приапизме [63]. В 1980 г. J. Ebbenhøj и P. Metz предложили применять кавернозографию, выполняемую на фоне визуальной эротической стимуляции, для определения состояния венозной системы [64]. В современном понимании кавернозография была впервые предложена в 1984 г. R. Virag и соавт. [65]. Они выполнили рентгеновское исследование кавернозных тел после введения вазоактивного препарата (папаверина), который индуцировал эрекцию и позволял провести визуализацию кавернозных тел в эрегированном состоянии.

Варикозное изменение, стойкое контрастирование основных венозных коллекторов полового члена до и после введения вазоактивного препарата указывают на патологический венозный сброс того или иного типа. Вопрос о диагностической значимости контрастирования головки полового члена до сих пор остается предметом дискуссии [64].

Начиная с 1980-х гг. кавернозография, которая раньше применялась при демонстрации болезни Пейрони, травматическом повреждении полового члена и приапизме, заняла важное место в диагностике ЭД [64].

Новые методы лучевой диагностики

Исследования по улучшению лучевой диагностики ЭД проводились и в последние годы. Д.Г. Курбатов и соавт. в 2008 г. опубликовали работу, в которой оценивали возможности магнитно-резонансной томографии в сочетании с динамической инфузионной фармакокавернозометрией [66]. По мнению авторов, при эффективности методики трудности в ее освоении и техническая сложность исполнения ограничивают ее применение в рутинной клинической практике. Y. Kawanishi и соавт. в 2011 г. описали трехмерную компьютерную кавернозографию у претендентов на перевязку глубоких дорзаль-

ных вен. По их мнению, кавернозография должна проводиться перед выполнением оперативного вмешательства по поводу ЭД [67]. В работе M. Ghafoori и соавт. показано, что кавернозография с трехмерной реконструкцией позволяет в деталях отобразить пути патологического венозного сброса из кавернозных тел и выполнить планирование предстоящего оперативного вмешательства у пациентов с подозрением на веноокклюзивную ЭД [68].

Заключение

Представленный обзор работ, опубликованных за последнее десятилетие, подтверждает тот факт, что основная задача диагностики ЭД заключается в установлении ее истинной причины. Очевидна целесообразность использования методов исследований с доказанной эффективностью, поскольку именно это позволит обеспечить действенный подход к лечению. В настоящее время методы диагностики ЭД нуждаются в оптимизации. Необходимо разработать персонализированный диагностический алгоритм, направленный на оценку состояния сердечно-сосудистой системы, эндотелия, андрогенного статуса и др. для повышения эффективности и безопасности лечения мужчин, страдающих различными формами ЭД. 🌐

Литература

1. Feldman H.A., Goldstein I., Hatzichristou D.G. et al. Impotence and its medical and psychosocial correlates: results of the Massachusetts Male Aging Study // J. Urol. 1994. Vol. 151. № 1. P. 54–61.
2. McKinlay J.B. The worldwide prevalence and epidemiology of erectile dysfunction // Int. J. Impot. Res. 2000. Vol. 12. Suppl. 4. P. S6–11.
3. Аполихин О.И., Лукаш Т.С., Ефремов Е.А., Красняк С.С. Современный взгляд на проблему эректильной дисфункции у пациентов после хирургической коррекции сердечно-сосудистых заболеваний // Экспериментальная и клиническая урология. 2015. № 1. С. 72–76.
4. Пушкарь Д.Ю., Камалов А.А., Аль-Шукри С.Х. и др. Эпидемиологическое исследование распространенности эректильной дисфункции в Российской Федерации // РМЖ. 2012. Т. 20. № 3. С. 112–115.
5. Lue T.F. Erectile dysfunction // N. Engl. J. Med. 2000. Vol. 342. № 24. P. 1802–1813.
6. Gratzke C., Angulo J., Chitale K. et al. Anatomy, physiology, and pathophysiology of erectile dysfunction // J. Sex. Med. 2010. Vol. 7. № 1. Pt. 2. P. 445–475.
7. Hatzimouratidis K., Amar E., Eardley I. et al. Guidelines on male sexual dysfunction: erectile dysfunction and premature ejaculation // Eur. Urol. 2010. Vol. 57. № 5. P. 804–814.
8. Lue T.F. Erectile dysfunction // N. Engl. J. Med. 2000. Vol. 342. № 24. P. 1802–1813.
9. Ponnholzer A., Temml C., Mock K. et al. Prevalence and risk factors for erectile dysfunction in 2869 men using a validated questionnaire // Eur. Urol. 2005. Vol. 47. № 1. P. 80–85.
10. Gupta B.P., Murad M.H., Clifton M.M. et al. The effect of lifestyle modification and cardiovascular risk factor reduction on erectile dysfunction: a systematic review and meta-analysis // Arch. Intern. Med. 2011. Vol. 171. № 20. P. 1797–1803.
11. Hatzimouratidis K., Amar E., Eardley I. et al. Guidelines on male sexual dysfunction: erectile dysfunction and premature ejaculation // Eur. Urol. 2010. Vol. 57. № 5. P. 804–814.

12. *Shamloul R., Ghanem H.* Erectile dysfunction // *Lancet*. 2013. Vol. 381. № 9861. P. 153–165.
13. *Hatzimouratidis K., Giuliano F., Moncada I. et al.* EAU guidelines on erectile dysfunction, premature ejaculation, penile curvature and priapism. European Association of Urology, 2016.
14. *Jackson G., Boon N., Eardley I. et al.* Erectile dysfunction and coronary artery disease prediction: evidence-based guidance and consensus // *Int. J. Clin. Pract.* 2010. Vol. 64. № 7. P. 848–857.
15. *Dong J.Y., Zhang Y.H., Qin L.Q.* Erectile dysfunction and risk of cardiovascular disease: meta-analysis of prospective cohort studies // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011. Vol. 58. № 13. P. 1378–1385.
16. *Gupta B.P., Murad M.H., Clifton M.M. et al.* The effect of lifestyle modification and cardiovascular risk factor reduction on erectile dysfunction: a systematic review and meta-analysis // *Arch. Intern. Med.* 2011. Vol. 171. № 20. P. 1797–1803.
17. *Guo W., Liao C., Zou Y. et al.* Erectile dysfunction and risk of clinical cardiovascular events: a meta-analysis of seven cohort studies // *J. Sex. Med.* 2010. Vol. 7. № 8. P. 2805–2816.
18. *Batty G.D., Li Q., Czernichow S. et al.* Erectile dysfunction and later cardiovascular disease in men with type 2 diabetes: Prospective cohort study based on the ADVANCE (Action in Diabetes and Vascular Disease: Preterax and Diamicron Modified-Release Controlled Evaluation) trial // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010. Vol. 56. № 23. P. 1908–1913.
19. *Тюзинов И.А.* Междисциплинарное взаимодействие в рамках ранней диагностики урологических заболеваний у мужчин: клиническая роскошь или насущная потребность профилактической и патогенетической медицины XXI века? // *Медицинский алфавит. Больница*. 2013. № 2. С. 42–47.
20. *Кротовский Г.С.* Дифференциальная диагностика психогенной и органической импотенции // *Лечение сосудистой импотенции*. М., 1998. С. 30–33.
21. *Qin F., Gao L., Qian S. et al.* Advantages and limitations of sleep-related erection and rigidity monitoring: a review // *Int. J. Impot. Res.* 2018. Vol. 30. № 4. P. 192–201.
22. *Halverson H.M.* Genital and sphincter behavior of the male infant // *Pedagog. Semin. J. Genet. Psychol.* 1940. Vol. 56. № 1. P. 95–136.
23. *Ohlmeyer P., Brilmayer H.* Periodische Vorgänge im Schlaf [German] // *Pflüg Arch.* 1944. Vol. 249. № 1. P. 50–55.
24. *Karacan I., Salis P.J., Williams R.L.* The role of the sleep laboratory in the diagnosis and treatment of impotence // *Sleep Disorders: Diagnosis and Treatment*. 2nd ed / ed. by R.L. Williams, I. Karacan, C.A. Moore. Oxford, England: John Wiley & Sons, 1988.
25. *Bradley W.E., Timm G.W., Gallagher J.M., Johnson B.K.* New method for continuous measurement of nocturnal penile tumescence and rigidity // *Urology*. 1985. Vol. 26. № 1. P. 4–9.
26. *Malossini G., Baldassarre R., Lotto A. et al.* Continuous monitoring of nocturnal penile tumescence and rigidity in the evaluation of erection disorders. Preliminary data // *Arch. Esp. Urol.* 1991. Vol. 44. № 9. P. 1095–1098.
27. *Elhanbly S.M., Abdel-Gawad M.M., Elkholy A.A., State A.F.* Nocturnal penile erections: a retrospective study of the role of RigiScan in predicting the response to sildenafil in erectile dysfunction patients // *J. Adv. Res.* 2018. Vol. 14. P. 93–96.
28. *Bannowsky A., Schulze H., van der Horst C. et al.* Erectile function after nerve-sparing radical prostatectomy. Nocturnal early erection as a parameter of postoperative organic erectile integrity // *Urologe A.* 2005. Vol. 44. № 5. P. 521–526.
29. *Sandler A.D., Worley G., Leroy E.C. et al.* Sexual function and erection capability among young men with spina bifida // *Dev. Med. Child Neurol.* 1996. Vol. 38. № 9. P. 823–829.
30. *Кротовский Г.С.* Лечение сосудистой импотенции. М.: Бином, 1998.
31. *Aversa A., Isidori A.M., Caprio M. et al.* Penile pharmacostering in diagnosis male erectile dysfunction: evidence for lack of accuracy and specificity // *Int. J. Androl.* 2002. Vol. 25. № 1. P. 6–10.
32. *Sáenz de Tejada I., Anglin G., Knight J.R., Emmick J.T.* Effects of tadalafil on erectile dysfunction in men with diabetes // *Diabetes Care.* 2002. Vol. 25. № 12. P. 2159–2164.
33. *Britt D.B., Kemmerer W.T., Robison J.R.* Penile blood flow determination by mercury strain gauge plethysmography // *Invest. Urol.* 1971. Vol. 8. № 6. P. 673–678.
34. *Abelson D.* Diagnostic value of the penile pulse and blood pressure: a doppler study of impotence in diabetics // *J. Urol.* 1975. Vol. 113. № 5. P. 636–639.
35. *Eardley I.* Imaging for erectile dysfunction // *Curr. Opin. Urol.* 2002. Vol. 12. № 2. P. 143–147.
36. *Altinkilic B., Hauck E.W., Weidner W.* Evaluation of penile perfusion by color-coded duplex sonography in the management of erectile dysfunction // *World J. Urol.* 2004. Vol. 22. № 5. P. 361–364.
37. *Conti G., Virag R.* Human penile erection and organic impotence: normal histology and histopathology // *Urol. Int.* 1989. Vol. 44. № 5. P. 303–308.
38. *Pezzoni F., Scropo F.I.* Penile vascular diagnostic categorization using penile duplex doppler ultrasound: differences in vascular hemodynamics parameters by differences in anatomic sampling location // *Arch. Ital. Urol. Androl.* 2016. Vol. 88. № 3. P. 183–185.
39. *Melman A.* An intermediate approach to impotence evaluation // *Contemp. Urol.* 1995. Vol. 7. № 7. P. 14–18.
40. *Sikka S.C., Hellstrom W.J., Brock G., Morales A.M.* Standardization of vascular assessment of erectile dysfunction: standard operating procedures for duplex ultrasound // *J. Sex. Med.* 2013. Vol. 10. № 1. P. 120–129.
41. *Celermajer D.S.* Reliable endothelial function testing: at our fingertips? // *Circulation.* 2008. Vol. 117. № 19. P. 2428–2430.
42. *Peled N., Bendayan D., Shitrit D. et al.* Peripheral endothelial dysfunction in patients with pulmonary arterial hypertension // *Respir. Med.* 2008. Vol. 102. № 12. P. 1791–1796.
43. *Ludmer P.L., Selwyn A.P., Shook T.L. et al.* Paradoxical vasoconstriction induced by acetylcholine in atherosclerotic coronary arteries // *N. Engl. J. Med.* 1986. Vol. 315. № 17. P. 1046–1051.
44. *Monnick S.H., Tio R.A., van Boven A.J. et al.* The role of coronary endothelial function testing in patients suspected for angina pectoris // *Int. J. Cardiol.* 2004. Vol. 96. № 2. P. 123–129.

45. *Celermajer D.S., Sorensen K.E., Gooch V.M. et al.* Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis // *Lancet*. 1992. Vol. 340. № 8828. P. 1111–1115.
46. *Hamburg N.M., Benjamin E.J.* Assessment of endothelial function using digital pulse amplitude tonometry // *Trends Cardiovasc. Med*. 2009. Vol. 19. № 1. P. 6–11.
47. *Bonetti P.O., Pumper G.M., Higano S.T. et al.* Research Highlights — editorial review of a noninvasive test for endothelial dysfunction // *Nat. Clin. Pract. Cardiovasc. Med*. 2005. Vol. 2. P. 64–65.
48. *Nohria A., Gerhard-Herman M., Creager M.A. et al.* Role of nitric oxide in regulation of digital pulse volume amplitude in humans // *J. Appl. Physiol*. 2006. Vol. 101. № 2. P. 545–548.
49. *Stuckey B.G., Walsh J.P., Ching H.L. et al.* Erectile dysfunction predicts generalized cardiovascular disease: evidence from a case-control study // *Atherosclerosis*. 2007. Vol. 194. № 2. P. 458–464.
50. *Hamburg N.M., Keyes M.J., Larson M.G. et al.* Cross-sectional relations of digital vascular function to cardiovascular risk factors in the Framingham Heart Study // *Circulation*. 2008. Vol. 117. № 19. P. 2467–2474.
51. *Mahmud F.H., Earing M.G., Lee R.A. et al.* Altered endothelial function in asymptomatic male adolescents with type I diabetes // *Congenit. Heart Dis*. 2006. Vol. 1. № 3. P. 98–103.
52. *Wagner G., Gerstenberg T.C.* Human in vivo studies of electrical activity of corpus cavernosum // *J. Urol*. 1988. Vol. 139. ID 327A.
53. *Jünemann K.P., Bührle C.P., Persson-Jünemann Ch.* Pathophysiology of neurogenic impotence // *Sex. Disabil*. 1994. Vol. 12. № 1. P. 5–16.
54. *Thon W.F., Stief C.G., Krmer A.E.J.L. et al.* PRIAPUS – non-contact monitoring of penile dimension changes by photogrammetry // *World J. Urol*. 1990. Vol. 8. № 3. P. 167–169.
55. *Meuleman E.J., Benemans B.L., van Asten W.N. et al.* Assessment of penile blood flow by duplex ultrasonography in 44 men with normal erectile potency in different phases of erection // *J. Urol*. 1992. Vol. 147. № 1. P. 51–56.
56. *Ponseti J., Bosinski H.A.* Brain potentials related to corpus cavernosum electromyography // *Int. J. Impot. Res*. 2010. Vol. 22. № 3. P. 171–178.
57. *Giuliano F., Rowland D.L.* Standard operating procedures for neurophysiologic assessment of male sexual dysfunction // *J. Sex. Med*. 2013. Vol. 10. № 5. P. 1205–1211.
58. *Virseda-Chamorro M., Lopez-Garcia-Moreno A.M., Salinas-Casado J., Esteban-Fuertes M.* Usefulness of electromyography of the cavernous corpora (CC EMG) in the diagnosis of arterial erectile dysfunction // *Int. J. Impot. Res*. 2012. Vol. 24. № 4. P. 165–169.
59. *Leddy L.S., Jiang X., Gottsch H.P., Yang C.C.* Corpus cavernosum electromyography revisited: defining the origin of the signal // *J. Urol*. 2012. Vol. 187. № 2. P. 589–593.
60. *Aldemir M., Ağras K., Ener K. et al.* Corpus cavernosum electromyography: could it be a parameter to predict ageing? // *Andrologia*. 2010. Vol. 42. № 6. P. 343–348.
61. *Wooten J.S.* Ligation of the dorsal vein of the penis as a cure for atonic impotence // *Texas Med. J*. 1902. Vol. 18. P. 325–328.
62. *De la Pena A.* Flebografia de plexos e vasos palvianos en el vivo // *Rev. Eesp. Cir. Traumatol. Ortop*. 1946. Vol. 4. P. 245–251.
63. *May F., Hirtl H.* Cavernosography // *Urol. Int*. 1955. Vol. 1. № 2. P. 120–134.
64. *Ebbehøj J., Metz P.* New operation for “krummerik” (penile curvature) // *Urology*. 1985. Vol. 26. № 1. P. 76–78.
65. *Virag R., Frydman D., Legman M., Virag H.* Intracavernous injection of papaverine as a diagnostic and therapeutic method in erectile failure // *Angiology*. 1984. Vol. 35. № 2. P. 79–87.
66. *Kurbatov D.G., Kuznetsky Y.Y., Kitaev S.V., Brusensky V.A.* Magnetic resonance imaging as a potential tool for objective visualization of venous leakage in patients with veno-occlusive erectile dysfunction // *Int. J. Impot. Res*. 2008. Vol. 20. № 2. P. 192–198.
67. *Kawanishi Y., Izumi K., Muguruma H. et al.* Three-dimensional CT cavernosography: reconsidering venous ligation surgery on the basis of the modern technology // *BJU Int*. 2011. Vol. 107. № 9. P. 1442–1446.
68. *Ghafoori M., Varedi P., Alavi M. et al.* CT cavernosography: a new method for evaluating venous incompetence in impotent patients // *Iran J. Radiol*. 2010. Vol. 7. № 3. P. 171–174.

Diagnosis of Erectile Dysfunction. Current State of the Problem

E.A. Efremov, MD, PhD, Prof.^{1,2}, S.Yu. Shekhovtsov, MD, PhD¹, Yu.V. Kastrikin^{1,2}, A.O. Butov¹, T.A. Edoyan^{1,2}

¹ N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow

² N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow

Contact person: Evgeny A. Efremov, konfandrology@rambler.ru

The article analyzes in details the possibilities of erectile dysfunction diagnosis methods, such as: the estimation of the night penile tumescence and rigidity, ultra-sonography with Doppler of the penis vessels, electrophysiological study of the penis, assessment of systemic endothelial function, cavernosography. It is noted the need to develop the personalized diagnostic algorithm aimed at assessing the state of the cardiovascular system, endothelium, androgenic status and other factors in order to improve the efficiency and safety of treatment of men suffering from various forms of erectile dysfunction.

Key words: erection, erectile dysfunction, diagnosis