



Обоснование применения вакуум-профилактики эректильной дисфункции с целью пенильной реабилитации пациентов после нервосберегающей радикальной простатэктомии

© Александр Е. Осадчинский¹, Иван С. Павлов², Сергей В. Котов²

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России
450008, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3

² ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»
Минздрава России
117997, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1

Аннотация

Введение. У здоровых мужчин во время эпизодов ночных эрекции происходит значительное повышение уровня рО₂ в кавернозной ткани. Этот процесс обеспечивает достаточный уровень оксигенации и веществ, выделяемых под действием высокого давления, таких как простогландин-Е1 и оксид азота, подавляющих экспрессию трансформирующего фактора роста $\beta 1$, тем самым предотвращая синтез коллагена и развитие фиброза в кавернозной ткани. У пациентов, перенесших нервосберегающую радикальную простатэктомию, ночные эрекции отсутствуют, гипоксия ингибирует выработку PGE-1, а нейропраксия — NO. За счёт продукции проапоптотических и профибротических факторов развивается кавернозный фиброз с возникновением стойкой эректильной дисфункции. Роль применения вакуума в пенильной реабилитации с целью профилактики гипоксии кавернозной ткани полового члена до конца не ясна из-за отсутствия данных о газовом составе кавернозной крови в момент достижения вакуум-индуцированной эрекции.

Цель исследования. Исследовать кавернозную кровь в момент достижения вакуум-индуцированной эрекции, проанализировать данные результаты с показателями международного индекса эректильной функции и со значениями пенильной гемодинамики.

Материалы и методы. В исследование включены 15 пациентов с раком предстательной железы и сохранной половой функцией. Средний возраст мужчин составил $57,87 \pm 4,36$ лет. Всем пациентам проводили предоперационную комплексную оценку эректильной функции: заполнение анкеты международного индекса эректильной функции, фармакодупплерографию сосудов полового члена. Непосредственно перед операцией выполняли забор пенильной крови в момент достижения вакуум-индуцированной эрекции. Для дифференцировки артериальной и венозной крови проводили оценку газового состава и оксигенации за счёт определения значений парциального давления кислорода, углекислого газа и сатурации согласно утверждённым нормам. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы PASW Statistics 22 (IBM SPSS, IBM Corp., Чикаго, ИЛ, США).

Результаты. В зависимости от значений газового состава и уровня содержания кислорода кавернозной крови пациенты были распределены на три группы. В группу I вошли 4 (26,7%) пациента с преобладанием артериальной крови, в группу II — 4 (26,7%) пациента с венозной кровью и в группу III — 7 (46,7%) пациентов со смешанным составом кавернозной крови. Средний балл международного индекса эректильной функции в группе I составил 23,5 [21,0; 25,0], в группе II — 22,0 [21,0; 24,0] и в группе III — 24,0 [19,0; 25,0]. Пиковая систолическая скорость (см/с) в группе I составила 40,1 [35,1; 45,2], в группе II — 35,9 [29,5; 50,2], в группе III — 32,5 [32,5; 34,4]. Конечнодиастолическая скорость в группе I составила 2,52 [0,55; 10,5], в группе II — 8,3 [2,9; 10,8], в группе III — 7,5 [7,5; 9,0]. Индекс резистентности в группе I составил 0,87 [0,77; 0,98], в группе II — 0,75 [0,63; 0,94], в группе III — 0,75 [0,73; 0,75].

Заключение. Вакуум-профилактика эректильной дисфункции может быть методом выбора программы пенильной реабилитации у пациентов после нервосберегающей радикальной простатэктомии, особенно на раннем послеоперационном этапе в период нейропраксии. Применение вакуумных устройств целесообразно назначать только пациентам с сохранным вено-окклюзивным механизмом, что должно быть подтверждено с помощью фармакодупплерографии сосудов полового члена.

Ключевые слова: гипоксия кавернозной ткани; пенильная реабилитация; вакуум-индуцированная эрекция; эректильная дисфункция

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Этическое одобрение.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет».

университет» Минздрава России (Протокол № 4 от 21 апреля 2021 года). **Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Вклад авторов: А.Е. Осадчинский — получение и анализ данных, обзор публикаций по теме исследования, написание статьи; И.С. Павлов — написание статьи; С.В. Котов — концепция и дизайн исследования, научное редактирование текста.

✉ **Автор, ответственный за переписку:** Александр Евгеньевич Осадчинский; e-mail: osadchinskiy@gmail.com

Поступила в редакцию: 09.08.2021. **Принята к публикации:** 12.10.2021. **Опубликована:** 26.12.2021.

Для цитирования: Осадчинский А.Е., Павлов И.С., Котов С.В. Обоснование применения вакуум-профилактики эректильной дисфункции с целью пенильной реабилитации пациентов после нервосберегающей радикальной простатэктомии. *Вестник урологии.* 2021;9(4):87–94. DOI: 10.21886/2308–6424–2021–9–4–87–94.

Justification of vacuum prophylaxis as part of the penile rehabilitation in patients after nerve-sparing radical prostatectomy

© Alexandr E. Osadchinskiy¹, Ivan S. Pavlov², Sergey V. Kotov²

¹ Bashkir State Medical University
450008, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 3 Lenin St.

² Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University)
117997, Russian Federation, Moscow, 1 Ostrovityanova St.

Abstract

Introduction. In healthy men, a significant increase in pO₂ in the cavernous tissue occurs during episodes of nocturnal erections. This process ensures sufficient oxygenation and high-pressure substances such as prostaglandin-E1 and nitric oxide. These substances suppress the expression of transforming growth factor β 1, thereby preventing collagen synthesis and the development of cavernous fibrosis. In patients undergoing nerve-sparing radical prostatectomy, nocturnal erections are absent, hypoxia inhibits the production of PGE-1, and neuropraxia inhibits NO. Thus, cavernous fibrosis develops through the production of pro-apoptotic and profibrotic factors, resulting in persistent erectile dysfunction. The importance of a vacuum in penile rehabilitation for the prevention of penile cavernous hypoxia is not fully understood. This is due to the deficiency of data on the gas composition of cavernous blood when a vacuum-induced erection is achieved.

Purpose of the study. To investigate the cavernous blood at the time of vacuum-induced erection, to analyze the obtained results with the International Index of Erectile Function score and with the values of penile hemodynamics.

Materials and methods. The study included 15 patients with prostate cancer and preserved sexual function. The average age of all men was 57.87 ± 4.36 years. All patients underwent a preoperative comprehensive assessment of erectile function: International Index of Erectile Function questionnaire, dynamic duplex penile ultrasound. Immediately prior to the surgery, penile blood was collected at the time of achieving a vacuum-induced erection. The gas composition and oxygenation were assessed using the values of the partial oxygen pressure, carbon dioxide and saturation in accordance with the approved standards to differentiate arterial and venous blood. Statistical data processing was carried out using the PASW Statistics 22 software (IBM SPSS, IBM Corp., Chicago, IL, USA)

Results. All patients were divided into 3 groups depending on the gas composition and oxygen level of the cavernous blood. Group I included 4 (26.6%) patients with a predominance of arterial blood, group II — 4 patients (26.6%) with venous blood and group III — 7 patients (46.6%) with a mixed composition of cavernous blood. The average International Index of Erectile Function score in group I was 23.5 [21.0; 25.0], in group II — 22.0 [21.0; 24.0] and in group III — 24.0 [19.0; 25.0]. Peak systolic velocity (cm/s) in group I was 40.1 [35.1; 45.2], in group II — 35.9 [29.5; 50.2], in group III — 32.5 [32.5; 34.4]. End-diastolic velocity (cm/s) in group I was 2.52 [0.55; 10.5], in group II — 8.3 [2.9; 10.8], in group III — 7.5 [7.5; 9.0]. Resistive index in group I was 0.87 [0.77; 0.98], in group II — 0.75 [0.63; 0.94], in group III — 0.75 [0.73; 0.75].

Conclusions. Vacuum prophylaxis may be the method of choice for penile rehabilitation in patients after nerve-sparing radical prostatectomy, especially in the early postoperative period during neuropraxia. The use of vacuum devices should be prescribed to patients with preserved veno-occlusive mechanism, which should be confirmed by dynamic duplex penile ultrasound.

Keywords: cavernous hypoxia; penile rehabilitation; vacuum-induced erection; erectile dysfunction

Financing. The study was not sponsored. **Conflict of interests.** The authors declare no conflicts of interest. **Ethical approval.** The study was approved by the Ethics Committee of the Bashkir State Medical University (Protocol No. 4 dated April 21, 2021). **Informed consent.** All patients signed informed consent to participate in the study

Authors contribution: Sergey V. Kotov — supervision, research conception, research design development, drafting the manuscript; Alexander E. Osadchinskiy — data acquisition, data analysis, data interpretation, literature review, drafting the manuscript; Ivan S. Pavlov — drafting the manuscript.

✉ **Corresponding author:** Aleksandr E. Osadchinskiy; e-mail: osadchinskiy@gmail.com

Received: 08/09/2021 **Accepted:** 10/12/2021. **Published:** 12/26/2021.

For citation: Osadchinskiy A. E., Pavlov I. S., Kotov S. V. Justification of vacuum prophylaxis as part of the penile rehabilitation in patients after nerve-sparing radical prostatectomy. *Vestn. Urol.* 2021;9(4):87–94. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308–6424–2021–9–4–87–94.

Введение

Нормальное физиологическое состояние полового члена у мужчин в состоянии покоя с сохранной эректильной функцией (ЭФ) прерывается регулярными ночными эрекциями [1]. Большую часть времени у мужчин в состоянии покоя парциальное напряжение кислорода (pO_2) в половом члене находится на уровне 25–40 мм рт. ст. [2]. Однако во время эпизодов ночных эрекций, в среднем 3–5 раз за ночь, с продолжительностью каждого по 30–45 минут, что в сумме составляет 1,5–3 часа [3], pO_2 в кавернозных телах увеличивается до 90–100 мм рт. ст. Именно за счёт высокого уровня pO_2 в значительной мере повышается оксигенация (SO_2) и вещества, выделяемые под действием высокого давления, такие как простагландин-Е1 (PGE-1) и оксид азота (NO) существенно подавляют экспрессию трансформирующего фактора роста $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$), тем самым предотвращая синтез коллагена и развитие фиброза в гладкомышечных клетках кавернозной ткани [4, 5]. У пациентов, перенесших нервосберегающую радикальную простатэктомию (НС-РПЭ) эпизоды ночных эрекций отсутствуют, гипоксия ингибирует выработку PGE-1, а нейропраксия — выработку NO. За счёт продукции проапоптотических и профибротических факторов происходит образование последующего кавернозного фиброза с возникновением стойкой эректильной дисфункции (ЭД). С целью минимизации повреждения кавернозной ткани и раннего восстановления ЭФ в послеоперационном периоде необходимо обеспечение достаточной оксигенации в кавернозной ткани

[6]. В настоящее время самым известным методом профилактики и лечения ЭД является применение препаратов из группы ингибиторов фосфодиастеразы 5 типа (ингибиторы ФДЭ-5). Роль применения вакуума в пенильной реабилитации (ПР) с целью профилактики гипоксии кавернозной ткани полового члена до конца не ясна из-за отсутствия данных о газовом составе кавернозной крови в момент достижения вакуум-индуцированной эрекции (ВИЭ) [7, 8].

Цель исследования: исследовать кавернозную кровь в момент достижения ВИЭ, проанализировать данные результаты с показателями международного индекса эректильной функции (МИЭФ) и со значениями пенильной гемодинамики.

Материалы и методы

В исследование включены 15 пациентов с раком предстательной железы и сохранной половой функцией. Средний возраст мужчин составил $57,87 \pm 4,36$ лет. Всем пациентам перед операцией (билатеральной НС-РПЭ) проводили комплексную оценку ЭФ: анкетирование МИЭФ, фармакодоплерографию (ФДГ) сосудов полового члена (табл. 1). Для оценки пенильной гемодинамики с помощью ФДГ определяли пиковую систолическую скорость кровотока (ПСС), конечную диастолическую скорость (КДС) и индекс резистентности (ИР).

Забор кавернозной крови проводили непосредственно перед билатеральной НС-РПЭ в период вводного наркоза. Во время манипуляции пациенты находились на операционном столе. После достижения ВИЭ, которую вызывали с помощью вакуумной помпы (рис. 1),



Рисунок 1. Создание вакуум-индуцированной эрекции
Figure 1. Creating a vacuum-induced erection



Рисунок 2. Забор кавернозной крови
Figure 2. Cavernous blood collection

Таблица 1. Характеристика пациентов

Table 1. Patient demographics

Показатели <i>Characteristics</i>	Значение <i>Value</i>
Количество пациентов <i>Number of patients</i>	15
Средний возраст, лет (M ± SD) <i>Age, yrs (M ± SD)</i>	57,87 ± 4,36
Предоперационный уровень общего ПСА, нг/мл (Me [LQ; UQ]) <i>Preoperative total PSA level, ng/ml (Me [LQ; UQ])</i>	6,2 [5,1; 7,5]
Средний балл МИЭФ (M ± SD) <i>IIEF, mean (M ± SD)</i>	22,14 ± 3,21
Показатели пенильной гемодинамики с помощью ФДГ: <i>Parameters of penile hemodynamics measured with dynamic duplex ultrasound:</i>	
Среднее значение ПСС, см/с (M ± SD) <i>PSV, mean cm/s (M ± SD)</i>	38,0 ± 9,20
Среднее значение КДС, см/с (M ± SD) <i>EDV, mean cm/s (M ± SD)</i>	7,11 ± 3,78
ИР (M ± SD) <i>RI mean (M ± SD)</i>	0,81 ± 0,13

Примечания: 1) M — среднее; SD — стандартное отклонение; Me — медиана; LQ — 25% перцентиль; UQ — 75% перцентиль. 2) ПСА — простат-специфический антиген; МИЭФ — международный индекс эректильной функции; ФДГ — фармакодоплерография; ПСС — пиковая систолическая скорость; КДС — конечно-диастолическая скорость; ИР — индекс резистентности.

Notes: 1) M — mean; SD — standard deviation; PSA — prostate specific antigen; Me — median; LQ — 25% percentile; UQ — 75% percentile. 2) IIEF — international index of erectile function; PSV — peak systolic velocity; EDV — end-diastolic velocity; RI — resistive index.

осуществляли пункцию одного из пещеристых тел по дорсолатеральной поверхности полового члена (рис. 2). При этом использовали специальный шприц-пробирку (5,0 мл) с содержанием антикоагулянта в образце и без наличия воздушных пузырьков в пробе. Кровь доставляли в лабораторию и проводили оценку газового состава и оксигенации путём определения значений парциального давления кислорода (pO₂), углекислого газа (pCO₂) и сатурации (SO₂). Исследование выполняли без хранения образца с соблюдением строгих температурных условий.

С целью контроля достоверности результатов кавернозной крови изучали показатели кислотно-щелочного состояния (КЩС) венозной и артериальной крови у каждого пациента, забор которых выполняли одновременно. Венозную кровь забирали из куби-

тальной вены, а артериальную — из лучевой артерии. Пробы крови также доставляли в лабораторию.

Методы статистического анализа. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы PASW Statistics 22 (IBM SPSS, IBM Corp., Чикаго, ИЛ, США). Описательная статистика представлена в виде среднего и стандартного отклонения, медианы и 25-го и 75-го перцентилей — Me [25%; 75%], минимального и максимального значений в выборке для количественных переменных, а также частот встречаемости и долей в выборке для качественных переменных. При множественных сравнениях количественных данных в связанных выборках применяли непараметрический критерий Фридмана, при наличии только двух связанных выборок — непараметрический критерий

Уилкоксона. Уровень значимости (p) принимали равным 0,05 во всех вышеописанных сравнениях.

Результаты

В зависимости от значений газового состава и уровня содержания кислорода в кавернозной крови все пациенты были распределены на три группы. В группу I вошли 4 (26,7%) пациента, параметры кавернозной крови которых соответствовали параметрам артериальной крови, в группу II — 4 (26,7%) пациента с параметрами венозной крови и в группу III — 7 (46,7%) пациентов со смешанным составом кавернозной крови.

Показатели крови, баллы МИЭФ, а также данные пенильной гемодинамики в группах представлены в таблице 2.

Обсуждение

В настоящее время не существует чётких рекомендаций для выбора метода профилактики программы пенильной реабилитации у пациентов после НС-РПЭ [9]. Восстановление эрекции, достаточной для проведения полового акта, на более ранних сроках послеоперационного периода является успехом ПР. Применение вакуумных устройств является мало изученным видом профилактики эректильной дисфункции по сравнению с назначением препаратов из группы ингибиторов ФДЭ-5. Считается, что вакуум-профилактика способствует минимизации повреждений кавернозной ткани в течение всего периода нейропраксии за счёт поддержания достаточного уровня оксигенации. Так P. W. Nadig et al. в своей

Таблица 2. Результаты исследования в группах
Table 2. Study results distributed by groups

Показатели <i>Characteristics</i>	Группа I <i>Group I</i>	Группа II <i>Group II</i>	Группа III <i>Group III</i>
Количество пациентов <i>Number of patients</i>	4 (26,7%)	4 (26,7%)	7 (46,7%)
Состав крови в кавернозных телах при ВИЭ <i>Blood composition in cavernous bodies after vacuum-induced erection</i>	Артериальная <i>Arterial</i>	Венозная <i>Venous</i>	Смешанная <i>Mixed</i>
pO₂ в кавернозной ткани, мм рт. ст. <i>pO₂ in cavernous tissue, mm Hg.</i>	85,9 [84,5; 88,6]	55,3 [47,3; 62,8]	68,1 [65,3; 93,2]
pO₂ из лучевой артерии, мм рт. ст. <i>pO₂ from a. radialis, mm Hg.</i>	97,8 [96,9; 98,5]	98,5 [97,9; 99,1]	98,7 [97,9; 100,0]
pCO₂ в кавернозной ткани, мм рт. ст. <i>pCO₂ in cavernous tissue, mm Hg.</i>	38,6 [30,7; 40,5]	48,5 [44,5; 51,5]	42,8 [40,3; 45,2]
pCO₂ из кубитальной вены, мм рт. ст. <i>pCO₂ from v. cubitalis, mm HG.</i>	41,8 [38,35; 45,4]	50,75 [45,9; 54,1]	42,3 [42,0; 53,1]
МИЭФ, балл <i>IIEF score</i>	23,5 [21,0; 25,0]	22,0 [21,0; 24,0]	24,0 [19,0; 25,0]
ПСС, см/с <i>PSV, cm/s</i>	40,1 [35,05; 45,1]	35,9 [29,4; 50,1]	32,5 [32,5; 34,3]
КДС, см/с <i>EDV, cm/s</i>	2,52 [0,55; 10,5]	8,3 [2,92; 10,7]	7,5 [7,5; 8,9]
ИР <i>RI</i>	0,87 [0,77; 0,98]	0,75 [0,63; 0,94]	0,75 [0,73; 0,75]

Примечание: ВИЭ — вакуум-индуцированная эрекция; pO₂ — парциальное напряжение кислорода; pCO₂ — парциальное напряжение углекислого газа; МИЭФ — международный индекс эректильной функции; ПСС — пиковая систолическая скорость; КДС — конечно-диастолическая скорость; ИР — индекс резистентности.

Note: pO₂ — partial pressure of oxygen; pCO₂ — partial pressure of carbon dioxide; IIEF — international index of erectile function; PSV — peak systolic velocity; EDV — end-diastolic velocity; RI — resistive index.

работе описали результаты лечения ЭД, в которой 91% пациентов после использования вакуумных устройств отметили ригидность полового члена, достаточную для осуществления полового акта [10]. H. Derouet et al. также продемонстрировали, что 85% партнёров были удовлетворены вакуумными устройствами [11]. C. D. Zippe et al. одними из первых показали восстановление ЭФ после РПЭ в проспективном исследовании. 80% пациентов после ежедневного применения вакуумных устройств (с кольцом или без) могли осуществлять половой акт дважды в неделю. А у 55% мужчин на 9-м месяце появились естественные эрекции после ежедневного использования вакуумных устройств [12].

Наше исследование продемонстрировало, что у пациентов с преобладанием артериального компонента ($pO_2 = 85,9$ [84,5; 88,6] мм рт. ст.) пиковая систолическая скорость кровотока имела более высокое значение по сравнению с остальными группами. ИР в группе I соответствовал показателям нормы 0,87 [0,77; 0,98], что демонстрирует функциональную способность вено-окклюзивного механизма с отсутствием венозной утечки. Значимые результаты в группе I обосновывают целесообразность использования вакуумных устройств в качестве программы пенильной реабилитации у пациентов после НС-РПЭ. K. Hoyland et al. в своей работе приводят данные о том, что у 59% пациентов после РПЭ возникает артериальная недостаточность, а у 26% происходит венозная утечка из-за нарушения вено-окклюзивного механизма [13]. G.A. Broderick et al. при использовании цветного доплеровского картирования в своём исследовании также отметили, что отрицательное давление увеличивает скорость кровотока по глубоким кавернозным артериям [14].

В соответствии с показателями парциального давления кислорода и углекислого газа у 26,6% участников отмечалось преобладание венозного компонента в момент достижения ВИЭ. Показатели пенильной гемодинамики у пациентов данной группы, КДС — 8,3 [2,92; 10,7] см/с и ИР — 0,75 [0,63; 0,94], свидетельствуют о дисфункции вено-окклюзивного механизма, что приводит к снижению pO_2 в кавернозной ткани. Во время ВИЭ за счёт отрицательного давления осуществляется пассивный прилив крови, но при этом не учитывалась

сила накачки поршня. Возможно, именно резкое нагнетание отрицательного давления является причиной прилива венозного компонента крови в кавернозные тела. Предполагаем, что применение вакуумных устройств у данной группы пациентов будет не целесообразно. В 2019 году группа авторов из Китая продемонстрировала на моделях с крысами, что давление 200 мм рт. ст. наиболее оптимально для вакуумных устройств в качестве ПР. Высокое давление на уровне 300–500 мм рт. ст. часто вызывало осложнения [15].

В соответствии с показателями pO_2 и pCO_2 у 46,6% пациентов отмечался смешанный состав кавернозной крови. У пациентов данной группы показатели пенильной гемодинамики КДС — 7,5 [7,5; 8,9] и ИР — 0,75 [0,73; 0,75], также свидетельствовали о недостаточности вено-окклюзивного механизма. В исследовании P. Padmanabhan et al. с помощью тканевого оксиметра определяли содержание насыщения кислорода в кавернозных телах. Группу I составили 27 мужчин с сохранной ЭФ, ($SHIM > 21$), группу II — 144 пациента с лёгкой степенью ЭД, ($SHIM < 21$). Стоит отметить, что среди пациентов 59 мужчин, были после НС-РПЭ, 5 из которых вошли в группу I. Авторы пришли к выводу, что насыщение SO_2 кавернозной ткани у пациентов с ЭД значительно хуже, чем у мужчин с нормальной ЭФ, вне зависимости от факторов риска [16].

Заключение

Вакуум-профилактика эректильной дисфункции может быть методом выбора программы пенильной реабилитации у пациентов после НС-РПЭ, особенно на раннем послеоперационном этапе в период нейропраксии. Но применение вакуумных устройств целесообразно назначать только пациентам с сохранным вено-окклюзивным механизмом для профилактики гипоксии кавернозных тел, что должно быть подтверждено с помощью ФДГ сосудов полового члена. В нашем исследовании у 73% пациентов со сниженными показателями пенильной гемодинамики (КДС и ИР) газовый состав крови соответствовал венозному или смешанному компонентам, что, возможно, не является показанием для назначения вакуумной терапии в качестве ПР.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

- 1 Qian SQ, Gao L, Wei Q, Yuan J. Vacuum therapy in penile rehabilitation after radical prostatectomy: review of hemodynamic and antihypoxic evidence. *Asian J Androl.* 2016;18(3):446–51. DOI: 10.4103/1008–682X.159716.
- 2 Kim N, Vardi Y, Padma-Nathan H, Daley J, Goldstein I, Saenz de Tejada I. Oxygen tension regulates the nitric oxide pathway. Physiological role in penile erection. *J Clin Invest.* 1993;91(2):437–42. DOI: 10.1172/JCI116220.
- 3 Fisher C, Gorss J, Zuch J. Cycle of penile erection synchronous with dreaming (REM) sleep: preliminary report. *Arch Gen Psychiatry.* 1965;12:29–45. DOI: 10.1001/arch-psyc.1965.01720310031005.
- 4 Коган М.И., Попов И.В., Попов И.В., Тодоров С.С. Пенильный кавернозный фиброз: этиология, морфогенез, эректильная дисфункция. *Урология.* 2020;(4):144–150. DOI:10.18565/urology.2020.4.144–150.
- 5 Moreland RB. Is there a role of hypoxemia in penile fibrosis: a viewpoint presented to the Society for the Study of Impotence. *Int J Impot Res.* 1998;10(2):113–20. DOI: 10.1038/sj.ijir.3900328.
- 6 Clavell-Hernández J, Wang R. The controversy surrounding penile rehabilitation after radical prostatectomy. *Transl Androl Urol.* 2017;6(1):2–11. DOI: 10.21037/tau.2016.08.14.
- 7 Qian SQ, Qin F, Zhang S, Yang Y, Wei Q, Wang R, Yuan JH. Vacuum therapy prevents corporeal veno-occlusive dysfunction and penile shrinkage in a cavernosal nerve injured rat model. *Asian J Androl.* 2020;22(3):274–279. DOI: 10.4103/aja.aja_57_19.
- 8 Осадчинский А.Е., Виноградов И.В., Даренков С.П. Вакуум индуцированная эрекция — профилактика гипоксии кавернозной ткани у пациентов после радикальной простатэктомии. *Вестник урологии.* 2018;6(1):48–54. DOI: 10.21886/2308–6424–2018–6–1–48–54
- 9 Salonia A, Bettocchi C, Boeri L, Capogrosso P, Carvalho J, Cilesiz NC, Cocci A, Corona G, Dimitropoulos K, Gül M, Hatzichristodoulou G, Jones TH, Kadioglu A, Martínez Salamanca JI, Milenkovic U, Modgil V, Russo GI, Serefoglu EC, Tharakan T, Verze P, Minhas S; EAU Working Group on Male Sexual and Reproductive Health. European Association of Urology Guidelines on Sexual and Reproductive Health-2021 Update: Male Sexual Dysfunction. *Eur Urol.* 2021;80(3):333–357. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.06.007.
- 10 Nadig PW, Ware JC, Blumoff R. Noninvasive device to produce and maintain an erection-like state. *Urology.* 1986;27(2):126–31. DOI: 10.1016/0090–4295 (86)90368–7.
- 11 Derouet H, Caspari D, Rohde V, Rommel G, Ziegler M. Treatment of erectile dysfunction with external vacuum devices. *Andrologia.* 1999;31 Suppl 1:89–94. DOI: 10.1111/j.1439–0272.1999.tb01456.x.
- 12 Zippe CD, Raina R, Thukral M, Lakin MM, Klein EA, Agarwal A. Management of erectile dysfunction following radical prostatectomy. *Curr Urol Rep.* 2001;2(6):495–503. DOI: 10.1007/s11934–001–0045–5.
- 13 Hoyland K, Vasdev N, Adshead J. The use of vacuum erection devices in erectile dysfunction after radical prostatectomy. *Rev Urol.* 2013;15(2):67–71. PMID: 24082845; PMCID: PMC3784970.
- 14 Broderick GA, McGahan JP, Stone AR, White RD. The hemodynamics of vacuum constriction erections: assessment by color Doppler ultrasound. *J Urol.* 1992;147(1):57–61. DOI: 10.1016/s0022–5347 (17)37132-x.
- 1 Qian SQ, Gao L, Wei Q, Yuan J. Vacuum therapy in penile rehabilitation after radical prostatectomy: review of hemodynamic and antihypoxic evidence. *Asian J Androl.* 2016;18(3):446–51. DOI: 10.4103/1008–682X.159716.
- 2 Kim N, Vardi Y, Padma-Nathan H, Daley J, Goldstein I, Saenz de Tejada I. Oxygen tension regulates the nitric oxide pathway. Physiological role in penile erection. *J Clin Invest.* 1993;91(2):437–42. DOI: 10.1172/JCI116220.
- 3 Fisher C, Gorss J, Zuch J. Cycle of penile erection synchronous with dreaming (REM) sleep: preliminary report. *Arch Gen Psychiatry.* 1965;12:29–45. DOI: 10.1001/arch-psyc.1965.01720310031005.
- 4 Kogan M.I., Popov I.V., Popov I.V., Todorov S.S. Penile cavernous fibrosis: etiology, morphogenesis, erectile dysfunction. *Urologia.* 2020;(4):144–50. (In Russ.). DOI: 10.18565/urology.2020.4.144–150.
- 5 Moreland RB. Is there a role of hypoxemia in penile fibrosis: a viewpoint presented to the Society for the Study of Impotence. *Int J Impot Res.* 1998;10(2):113–20. DOI: 10.1038/sj.ijir.3900328.
- 6 Clavell-Hernández J, Wang R. The controversy surrounding penile rehabilitation after radical prostatectomy. *Transl Androl Urol.* 2017;6 (1):2–11. DOI: 10.21037/tau.2016.08.14.
- 7 Qian SQ, Qin F, Zhang S, Yang Y, Wei Q, Wang R, Yuan JH. Vacuum therapy prevents corporeal veno-occlusive dysfunction and penile shrinkage in a cavernosal nerve injured rat model. *Asian J Androl.* 2020;22(3):274–279. DOI: 10.4103/aja.aja_57_19.
- 8 Osadchinskii A.E., Vinogradov I.V., Darenkov S.P. Vacuum therapy — prevention of hypoxia of cavernous tissue patients after radical prostatectomy. *Vestnik Urologii.* 2018;6(1):48–54. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308–6424–2018–6–1–48–54
- 9 Salonia A, Bettocchi C, Boeri L, Capogrosso P, Carvalho J, Cilesiz NC, Cocci A, Corona G, Dimitropoulos K, Gül M, Hatzichristodoulou G, Jones TH, Kadioglu A, Martínez Salamanca JI, Milenkovic U, Modgil V, Russo GI, Serefoglu EC, Tharakan T, Verze P, Minhas S; EAU Working Group on Male Sexual and Reproductive Health. European Association of Urology Guidelines on Sexual and Reproductive Health-2021 Update: Male Sexual Dysfunction. *Eur Urol.* 2021;80(3):333–357. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.06.007.
- 10 Nadig PW, Ware JC, Blumoff R. Noninvasive device to produce and maintain an erection-like state. *Urology.* 1986;27(2):126–31. DOI: 10.1016/0090–4295 (86)90368–7.
- 11 Derouet H, Caspari D, Rohde V, Rommel G, Ziegler M. Treatment of erectile dysfunction with external vacuum devices. *Andrologia.* 1999;31 Suppl 1:89–94. DOI: 10.1111/j.1439–0272.1999.tb01456.x.
- 12 Zippe CD, Raina R, Thukral M, Lakin MM, Klein EA, Agarwal A. Management of erectile dysfunction following radical prostatectomy. *Curr Urol Rep.* 2001;2(6):495–503. DOI: 10.1007/s11934–001–0045–5.
- 13 Hoyland K, Vasdev N, Adshead J. The use of vacuum erection devices in erectile dysfunction after radical prostatectomy. *Rev Urol.* 2013;15(2):67–71. PMID: 24082845; PMCID: PMC3784970.
- 14 Broderick GA, McGahan JP, Stone AR, White RD. The hemodynamics of vacuum constriction erections: assessment by color Doppler ultrasound. *J Urol.* 1992;147(1):57–61. DOI: 10.1016/s0022–5347 (17)37132-x.

- 15 Yang XL, Yang Y, Fu FD, Wu CJ, Qin F, Yuan JH. Optimal pressure in penile rehabilitation with a vacuum erection device: evidence based on a rat model. Asian J Androl. 2019;21(5):516–521. DOI: 10.4103/aja.aja_7_19.
- 16 Padmanabhan P, McCullough AR. Penile oxygen saturation in the flaccid and erect penis in men with and without erectile dysfunction. J Androl. 2007;28(2):223–8. DOI: 10.2164/jandrol.106.001313.
- 15 Yang XL, Yang Y, Fu FD, Wu CJ, Qin F, Yuan JH. Optimal pressure in penile rehabilitation with a vacuum erection device: evidence based on a rat model. Asian J Androl. 2019;21(5):516–521. DOI: 10.4103/aja.aja_7_19.
- 16 Padmanabhan P, McCullough AR. Penile oxygen saturation in the flaccid and erect penis in men with and without erectile dysfunction. J Androl. 2007;28(2):223–8. DOI: 10.2164/jandrol.106.001313.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Евгеньевич Осадчинский — аспирант кафедры урологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России
г. Уфа, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-2892-5665>
e-mail: osadchinskiy@gmail.com

Иван Сергеевич Павлов — клинический ординатор кафедры урологии и андрологии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России
г. Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-2389-4118>
e-mail: dr.pavlov.urology@gmail.com

Сергей Владиславович Котов — доктор медицинских наук, профессор; заведующий кафедрой урологии и андрологии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России
г. Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-3764-6131>
e-mail: urokotov@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander E. Osadchinskiy — M.D.; Postgrad. Student, Dept. of Urology, Bashkir State Medical University
Ufa, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0003-2892-5665>
e-mail: osadchinskiy@gmail.com

Ivan S. Pavlov — Resident, Dept. of Urology and Andrology, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University)
Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0003-2389-4118>
e-mail: dr.pavlov.urology@gmail.com

Sergey V. Kotov — M.D., Dr.Sc. (Med), Full Prof.; Head, Dept. of Urology and Andrology, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University)
Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0003-3764-6131>
e-mail: urokotov@mail.ru