



<sup>1</sup>Московский  
областной научно-  
исследовательский  
институт  
им. М.Ф. Владимирского

<sup>2</sup>Национальный  
медицинский  
исследовательский  
центр «Лечебно-  
реабилитационный  
центр», Москва

# Влияние различных температур ирригационного раствора NaCl 0,9% и наличия в нем эпинефрина на гемостаз. Эксперимент *in vivo*

А.А. Подойницын, д.м.н.<sup>1</sup>, Н.А. Амосов, к.м.н.<sup>1</sup>, Д.А. Кузнецова<sup>1</sup>,  
Д.В. Романов, к.м.н.<sup>1</sup>, Э.А. Мамедов, к.м.н.<sup>1</sup>, С.В. Гармаш, к.м.н.<sup>2</sup>

Адрес для переписки: Дарья Алексеевна Кузнецова, [dasha\\_kuzn96@mail.ru](mailto:dasha_kuzn96@mail.ru)

Для цитирования: Подойницын А.А., Амосов Н.А., Кузнецова Д.А. и др. Влияние различных температур ирригационного раствора NaCl 0,9% и наличия в нем эпинефрина на гемостаз. Эксперимент *in vivo*. Эффективная фармакотерапия. 2025; 21 (36): 34–39

DOI 10.33978/2307-3586-2025-21-36-34-39

**Цель.** Изучение влияния различных температур ирригационного раствора NaCl 0,9%, а также наличия в нем 0,1%-ного раствора эпинефрина на продолжительность кровотечения и объем кровопотери в эксперименте *in vivo*.

**Материал и методы.** Экспериментальное исследование включило в себя два этапа. Первый этап проведен на 52 самцах крыс линии Wistar 12-месячного возраста с массой тела около 300 г. В качестве ирригационного раствора использован 0,9%-ный раствор NaCl комнатной температуры 24 °С, подогретый до 39 °С и охлажденный до 4 °С, а также 0,9%-ный раствор NaCl 24 °С с добавлением 0,1%-ного раствора эпинефрина. Применены две валидированные модели кровотечения: хвостовое и паренхиматозное; измерены время кровотечения и объем кровопотери. В первом случае было использовано 32 лабораторных крысы (в каждой группе сравнения по 8 животных), во втором – 20 (в каждой группе сравнения по 5 животных).

На втором этапе эксперимента, включившем в себя 90 пациентов с доброкачественной гиперплазией предстательной железы, было изучено влияние различных температур 0,9%-ного раствора NaCl на объем интраоперационной кровопотери во время выполнения биполярной трансуретральной резекции простаты. Все пациенты были разделены на три равные группы ( $n = 30$ ) в зависимости от температуры используемого раствора: 2–4 °С, 24 °С и 37–39 °С.

**Результаты.** Выявлено, что в эксперименте с созданием модели хвостового кровотечения длительность кровотечения статистически значимо различалась между группами ( $p < 0,001$ ). При попарном сравнении групп были выявлены достоверные различия во всех группах сравнения ( $p < 0,05$ ) за исключением групп, где был использован раствор NaCl 0,9% с добавлением 0,1%-ного раствора эпинефрина (324,5 (223,7; 333,7) с) и раствор NaCl 0,9%, температура которого составляла 24 °С (447,5 (250,5; 550,0) с),  $p = 0,455$ . Наименьшее время кровотечения было отмечено в группе с ирригационным раствором, подогретым до 39 °С – 77,0 (61,2; 125,0) с, наибольшее – с охлажденным до 4 °С – 1270 (1016; 1528) с.



В эксперименте с созданием паренхиматозного кровотечения объем кровопотери также статистически значимо различался между группами ( $p = 0,007$ ). При попарном сравнении групп достоверные различия концентрации гемоглобина в ирриганте были выявлены между группой с охлажденным до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  раствором  $\text{NaCl}$   $0,9\%$  ( $4,0$  ( $3,1$ ;  $4,8$ ) г/л), группой с ирригационным раствором  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $15,0$  ( $7,3$ ;  $16,7$ ) г/л),  $p = 0,014$  и группой с ирригационным раствором  $39\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $14,0$  ( $13,4$ ;  $19,9$ ) г/л),  $p = 0,001$ , а также группой, где использовали  $0,9\%$ -ный раствор  $\text{NaCl}$  с добавленным  $0,1\%$ -ным раствором эпинефрина ( $9,9$  ( $8,2$ ;  $15,2$ ) г/л),  $p = 0,026$ .

При проведении второго этапа эксперимента выявлено, что интраоперационная кровопотеря статистически значимо различалась во всех группах сравнения ( $p \leq 0,016$ ). Наименьший объем кровопотери был зафиксирован в группе охлажденного до  $2\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  физиологического раствора, медиана составила  $55$  ( $49,0$ ;  $75,0$ ) мл. Применение подогретого до  $37\text{--}39\text{ }^{\circ}\text{C}$   $0,9\%$ -ного раствора  $\text{NaCl}$  также способствовало уменьшению интраоперационной кровопотери, медиана составила  $70$  ( $62,7$ ;  $85,0$ ) мл. В группе с ирригационным раствором комнатной температуры  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  объем кровопотери был равен  $119$  ( $83,7$ ;  $134,2$ ) мл.

**Заключение.** Проведение эксперимента позволило представить технологии ирригации, которые могут быть использованы на практике для улучшения результатов выполнения эндоурологических оперативных вмешательств.

**Ключевые слова:** доброкачественная гиперплазия предстательной железы, ирригационные растворы, ирригационные технологии, эпинефрин

## Введение

В октябре 1877 г. немецкий ученый М. Нитце впервые выполнил цистоскопию, положив начало эндоскопической урологии [1]. В то время первостепенной задачей орошения мочевого пузыря являлось обеспечение достаточной видимости операционного поля, для чего использовали дистиллированную воду. Однако с появлением более сложных и длительных эндоскопических оперативных вмешательств стали возникать интра- и послеоперационные осложнения, связанные, в том числе, с несовершенством ирригационных растворов. Уже в 1952 г. Ч.Д. Криви заявил о том, что использование дистиллированной воды в качестве ирриганта при выполнении монополярной трансуретральной резекции простаты (ТУРП) приводит к развитию осмотического гемолиза [2]. В результате накопления клинического опыта были сформированы основные требования к физико-химическим свойствам ирригационных растворов: прозрачность, стерильность, апиrogenность, электропроводность, изотоничность плазме крови [3]. Тем не менее существующие в настоящее время технологии ирригации и ирригационные растворы не лишены недостатков.

При выполнении трансуретральной резекции простаты повреждение кровоснабжающих ее сосудов неизбежно. Давление в венозных синусах составляет  $40$  см водного столба, что делает возможной абсорбцию в кровяное русло ирригационного раствора, подаваемого под давлением  $60$  см водного столба и выше. Последнее редко (в  $0,1\text{--}1\%$  случаев) приводит к развитию ТУР-синдрома, но часто – к увеличению объема циркулирующей крови [3–5]. Доказано, что гиперволемия обуславливает снижение уровня плазменных факторов свертывания крови, вследствие чего увеличивается время образования кровяного

сгустка. В свою очередь продолженное интраоперационное кровотечение приводит к гидремии, что усугубляет уже существующую гипокоагуляцию [4, 5]. Интенсивное интраоперационное кровотечение может стать причиной не только развития анемии и, как следствие, гипоксии тканей, но и недостаточной визуализации операционного поля, что увеличивает риск возникновения интраоперационных осложнений [6–8].

Абсорбция компонентов ирригационных растворов в кровяное русло также может привести к развитию нежелательных явлений. Известно, что глицин способен оказывать кардио- и нефротоксическое действие на организм человека, его метаболит аммиак – нейротоксическое [9]. Абсорбция большого количества сорбита и маннита вызывает гипергликемию и лактоацидоз [10].

В современной научной литературе представлено множество экспериментальных исследований, направленных на предупреждение развития вышеуказанных жизнеугрожающих состояний. В одном из них сообщено о том, что присутствие транексамовой кислоты в ирригационном растворе снижает объем интраоперационной кровопотери [11]. Профессор Ураков А.Л. в научных публикациях утверждает, что орошение кровоточащей раны жидкостью, подогретой в пределах безопасного диапазона, а именно с  $37$  до  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ускоряет процесс свертывания крови, в то время как охлаждение раны с  $37$  до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  замедляет его [12]. Другие же авторы, напротив, приводят данные об уменьшении интраоперационной кровопотери при использовании ирригационной жидкости, охлажденной до  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  [13, 14].

Мы обнаружили несколько статей, в которых было оценено влияние интрапростатических инъекций эпи-



нефрина на результаты выполнения ТУРП. Авторы утверждают, что это позволило не только уменьшить интраоперационную кровопотерю, но и снизить риск развития ТУР-синдрома [8, 15, 16]. Поскольку широкому распространению данного метода предупреждения интра- и послеоперационных осложнений препятствует необходимость наличия специальных навыков и оборудования, мы решили упростить его, добавив эпинефрин в ирригационный раствор. В нашей статье мы делимся результатами изучения влияния ирригационных растворов различных температур и ирригационного раствора с добавлением эпинефрина на продолжительность кровотечения и объем кровопотери в эксперименте *in vivo*.

### Материал и методы

Для изучения влияния различных температур ирригационного раствора на продолжительность кровотечения и объем кровопотери мы использовали 0,9%-ный раствор NaCl комнатной температуры (24 °C), а также нагретый до 39 °C и охлажденный до 4 °C. Диапазон температур был определен на основании изученной научной литературы. Нагревание жидкостей для внутривенного введения до 42 °C рекомендовано для лечения гипотермии [16]. Безопасная нижняя граница охлаждения ирригационного раствора, подтвержденная в проводимых ранее экспериментальных исследованиях, составила 2 °C [18]. Также мы добавили 1 мл 0,1%-ного раствора эпинефрина к 250 мл физиологического раствора.

В эксперименте были использованы самцы крыс линии Wistar 12-месячного возраста с массой тела около 300 г. Лабораторных животных содержали в соответствии с ГОСТ 33216-2014 «Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными». Эксперимент был одобрен этическим комитетом и выполнен в соответствии со статьей 20 «Требования при обращении

с лабораторными животными» модельного закона Межпарламентской Ассамблеи государств. Для общей анестезии лабораторных животных был использован лекарственный препарат Золетил 50 мг, вводимый внутривенно. Прооперированные животные были выведены из эксперимента немедленно.

В эксперименте мы использовали две валидированные модели – хвостового и паренхиматозного кровотечения у лабораторных грызунов [19]. Были измерены время кровотечения и объем кровопотери с целью изучения гемостаза.

Для создания модели хвостового кровотечения было проведено отсечение 4 см от кончика хвоста (рис. 1). Отсеченную часть утилизировали, хвост помещали в пробирку с 10 мл одного из ирригационных растворов и засекали время (с) до окончания кровотечения. Размер выборки *n* составил 32 лабораторных крысы, в каждой группе по 8 животных.

Для создания модели паренхиматозного кровотечения после выполнения срединной лапаротомии (рис. 2) левую долю печени резецировали (рис. 3). Размер резецированного участка был равен 1,5 × 3 см. Затем 20 мл ирригационного раствора вливали в брюшную полость с экспозицией 15 мин. После чего ирригационный раствор аспирировали и измеряли в нем уровень гемоглобина (г/л) с помощью гематологического анализатора. Размер выборки *n* составил 20 лабораторных крыс, в каждой группе по 5 животных. В когорту второго этапа экспериментального исследования вошло 90 пациентов с диагнозом доброкачественной гиперплазии предстательной железы, которым была выполнена биполярная трансуретральная резекция простаты (БиТУРП). Протокол исследования был утвержден решением ученого совета и получен одобрение независимого комитета по этике при ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского на 11-м заседании от 20.10.2022 г. От всех участников эксперимента было получено добровольное информированное согласие.

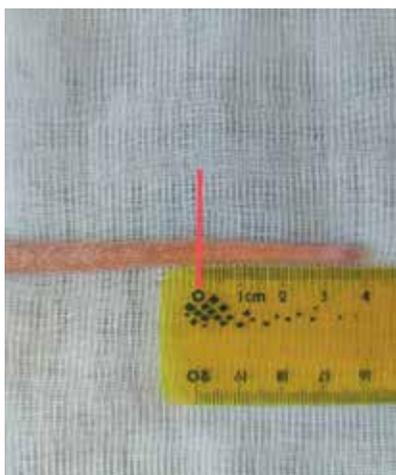


Рис. 1. Создание модели хвостового кровотечения: этап отсечения 4 см от кончика хвоста лабораторной крысы



Рис. 2. Создание модели паренхиматозного кровотечения: этап выполнения срединной лапаротомии



Рис. 3. Создание модели паренхиматозного кровотечения: резецированный участок печени



Все пациенты были разделены на три равные группы ( $n = 30$ ) в зависимости от температуры используемого раствора: 2–4 °С, 24 °С и 37–39 °С. Объем интраоперационной кровопотери измеряли гемихромным методом, разработанным А.А. Ахремом и соавт. (1989 г.), и усовершенствованным С.В. Поповым и соавт. (2020 г.). Данный метод основан на спектрофотометрическом анализе ирригационного раствора, используемого при выполнении БиТУРП, с целью определения концентрации гемоглобина и вычисления объема интраоперационной кровопотери Вик (отношение содержания гемоглобина во всем объеме промывных вод к концентрации гемоглобина в крови) согласно указанной формуле:

$V_{ик} = (A_{540} \times F) \times V_d / C_{Hb}$ , где  $A_{540}$  – значение абсорбции опытной пробы за вычетом абсорбции контроля реактивов;  $F$  – фактор пересчета на концентрацию гемоглобина, составляющий  $398 / 251 = 1,586$ ;  $V_d$  – общий объем промывных вод, полученных от пациента (л);  $C_{Hb}$  – концентрация гемоглобина в крови до операции.

Для статистической обработки полученных данных использовали программы Microsoft office Excel 2007 и IBM SPSS версии 26.0.

Учитывая, что распределение полученных количественных показателей отличалось от нормального, были рассчитаны медиана, первый и третий квартили (интерквартильный размах  $Me (25Q; 75Q)$ ). Для проверки нулевой гипотезы был использован непараметрический критерий Краскела – Уоллиса. Для множественного парного сравнения применялся метод наименьшей значимой разности. Различия между группами наблюдения считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Выявлено, что в эксперименте с созданием модели хвостового кровотечения длительность кровотечения статистически значимо различалась в группах ( $p < 0,001$ ). При попарном сравнении групп были выявлены достоверные различия во всех группах сравнения ( $p < 0,05$ ) за исключением групп, где был использован 0,9%-ный раствор NaCl с добавлением 0,1%-ного раствора эпинефрина, длительность кровотечения – 324,5 (223,7; 333,7) с, и раствор NaCl 0,9% комнатной температуры (24 °С), длительность кровотечения – 447,5 (250,5; 550,0) с,  $p = 0,455$ . Наименьшее время кровотечения было отмечено в группе с ирригационным раствором, подогретым до 39 °С – 77,0 (61,2; 125,0) с, наибольшее – с охлажденным до 4 °С – 1270 (1016; 1528) с (рис. 4).

В эксперименте с созданием паренхиматозного кровотечения объем кровопотери также статистически значимо различался в группах сравнения ( $p = 0,007$ ). При попарном сравнении групп достоверные различия концентрации гемоглобина в ирриганте были выявлены между группой с охлажденным до 4 °С раствором 0,9%-ного NaCl – 4,0 (3,1; 4,8) г/л; группой с ирригационным раствором 24 °С – 15,0 (7,3; 16,7) г/л,

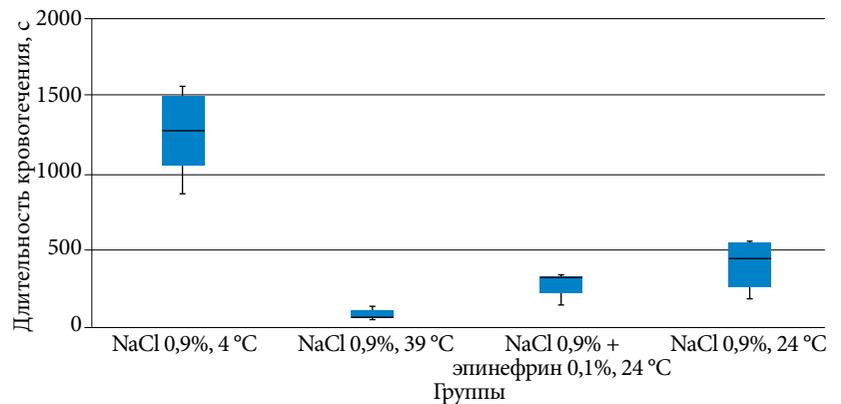


Рис. 4. Длительность кровотечения в группах лабораторных крыс: модель хвостового кровотечения,  $n = 32$

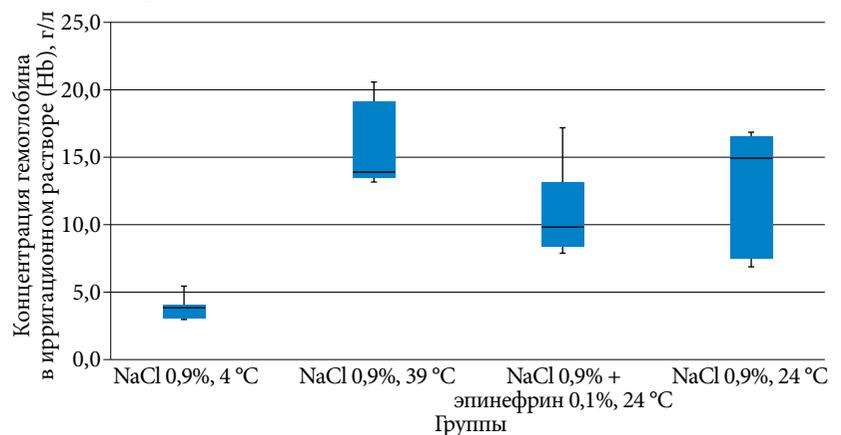


Рис. 5. Объем кровопотери в группах лабораторных крыс: модель паренхиматозного кровотечения,  $n = 20$

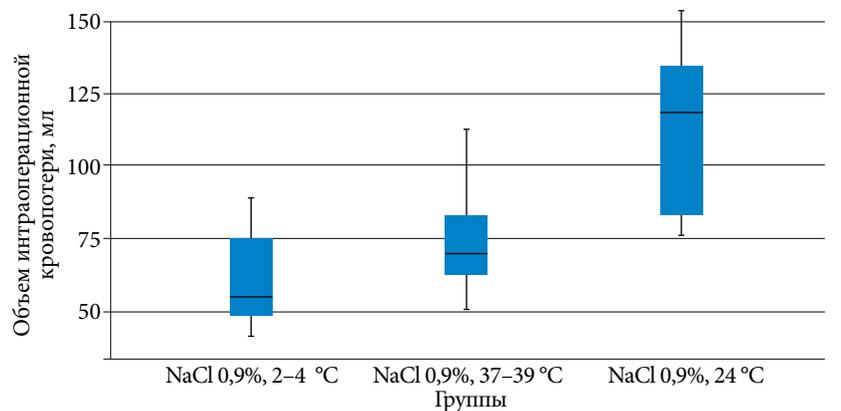


Рис. 6. Объем кровопотери в группах пациентов,  $n = 90$

$p = 0,014$ ; группой с ирригационным раствором 39 °С – 14,0 (13,4; 19,9) г/л,  $p = 0,001$ ; группой с 0,9%-ным раствором NaCl с добавлением 0,1%-ного раствора эпинефрина – 9,9 (8,2; 15,2) г/л,  $p = 0,026$  (рис. 5).

Несмотря на сообщения об эффективности применения интрапростатических инъекций 0,1%-ного раствора эпинефрина как метода, позволяющего сократить интраоперационную кровопотерю и риск развития ТУР-синдрома [8, 15, 16], мы не достигли схожих



результатов при использовании 0,9%-ного раствора NaCl с добавлением 0,1%-ного раствора эпинефрина в качестве ирригационной жидкости. Вероятно, это связано с различием способов введения лекарственного препарата. При орошении 0,9%-ным раствором NaCl с добавлением 0,1%-ного раствора эпинефрина биодоступность последнего недостаточна для достижения фармакологического эффекта.

При проведении второго этапа эксперимента выявлено, что интраоперационная кровопотеря статистически значимо различалась во всех группах сравнения ( $p \leq 0,016$ ) (рис. 6). Наименьший объем кровопотери был зафиксирован в группе охлажденного до 2–4 °С физиологического раствора, медиана составила 55 (49,0; 75,0) мл. Применение подогретого до 37–39 °С 0,9%-ного раствора NaCl также способствовало уменьшению интраоперационной кровопотери, медиана составила 70 (62,7; 85,0) мл. В группе с ирригационным раствором комнатной температуры 24 °С объем кровопотери был равен 119 (83,7; 134,2) мл.

## Заключение

В эксперименте с созданием модели хвостового кровотечения выявлено, что применение подогретого до 39 °С 0,9%-ного раствора NaCl привело к сокра-

щению времени кровотечения, что, вероятно, связано с сокращением времени образования кровяного сгустка. А в эксперименте с созданием модели паренхиматозного кровотечения к сокращению объема кровопотери привело использование охлажденного до 4 °С 0,9%-ного раствора NaCl, что, по мнению авторов, обусловлено рефлекторным спазмом сосудов микроциркуляторного русла в ответ на локальное воздействие холода.

Полученные результаты первого этапа экспериментального исследования были подтверждены при проведении второго этапа. Ирригация охлажденным до 2–4 °С физиологическим раствором способствовала наибольшему сокращению интраоперационной кровопотери. Однако орошение подогретым до 37–39 °С 0,9%-ным раствором NaCl не только сокращает объем интраоперационной кровопотери, но и снижает риск развития периоперационной гипотермии, что делает его применение более целесообразным. Как уже было сказано ранее, основные требования к физико-химическим свойствам ирригационных растворов сформированы, однако сохраняется необходимость дальнейшего изучения этих свойств с целью улучшения результатов выполнения эндouroлогических оперативных вмешательств. 🌐

## Литература

1. Моргошия Т.Ш. Вклад гениального немецкого профессора М. Нитце в клиническую урологию (к 170-летию со дня рождения) (1848–1906). Сибирский медицинский журнал. 2018; 33 (1): 95–98.
2. Creevy C.D. Observations on hemolysis during transurethral resection: the effects of urea. *Trans. Am. Assoc. Genitourin. Surg.* 1951; 43: 8–12.
3. Мартов А.Г., Лопаткин Н.А. Руководство по трансуретральной резекции предстательной железы. М.: Триада-Х, 1997.
4. Shin H.J., Na H.S., Jeon Y., et al. The impact of irrigating fluid absorption on blood coagulation in patients undergoing transurethral resection of the prostate: a prospective observational study using rotational thromboelastometry. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (2): e5468.
5. Shin H., Lee H., Na H. The effect of a mixture of 2.7% sorbitol-0.54% mannitol solution on blood coagulation: an in-vitro, observational healthy-volunteer study using rotational thromboelastometry (ROTEM). *Korean J. Anesthesiol.* 2019; 72 (2): 143–149.
6. Reich O., Gratzke C., Bachmann A., et al. Morbidity, mortality and early outcome of transurethral resection of the prostate: a prospective multicenter evaluation of 10,654 patients. *J. Urol.* 2008; 180 (1): 246–249.
7. Cornu J.N., Ahyai S., Bachmann A., et al. A systematic review and meta-analysis of functional outcomes and complications following transurethral procedures for lower urinary tract symptoms resulting from benign prostatic obstruction: an update. *Eur. Urol.* 2015; 67 (6): 1066–1096.
8. Stenmark F., Brudin L., Gunnarsson O., et al. A randomised study of TURP after intraprostatic injection of mepicacaine/adrenaline versus regular TURP in patients with LUTS/BPO. *Scand. J. Urol.* 2023; 58: 46–51.
9. Hahn R.G. Glycine 1.5% for irrigation should be abandoned. *Urologia Internationalis.* 2013; 91 (3): 249–255.
10. Trepanier C.A., Lessard M.R., Brochu J., Turcotte G. Another feature of TURP syndrome: hyperglycaemia and lactic acidosis caused by massive absorption of sorbitol. *Br. J. Anaesth.* 2001; 87 (2): 316–319.
11. Tawfik A., Mousa W., Fawaz El-Zh.A., Saafan A.M. Can tranexamic acid in irrigation fluid reduce blood loss during monopolar transurethral resection of the prostate? A randomised controlled trial. *Arab. J. Urol.* 2022; 20 (2): 94–99.
12. Ураков А.Л. Гипертермия и ишемия как факторы гемостаза. *Успехи современного естествознания.* 2013; 7: 8–12.
13. Robson C.J., Sales J.L. The effect of local hypothermia on blood loss during transurethral resection of the prostate. *J. Urol.* 1966; 95 (3): 393–395.
14. Подойницын А.А. Пути улучшения результатов хирургического лечения больных коралловидными и крупными почечными камнями. Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М.: ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, 2018.
15. Sharma D.P., Harvey A.B. Does intraprostatic vasopressin prevent the transurethral resection syndrome? *BJU Int.* 2000; 86 (3): 223–226.



16. Lira-Dale A., Maldonado-Ávila M., Gil-García J.F., et al. Effect of intraprostatic epinephrine on intraoperative blood loss reduction during transurethral resection of the prostate. *Int. Urol. Nephrol.* 2012; 44 (2): 365–369.
17. Blumenberg A. Dosing heat: expected core temperature change with warmed or cooled intravenous fluids. *Ther. Hypothermia Temp. Manag.* 2021; 11 (4): 223–229.
18. Walton J.K., Rawstron E. The effect of local hypothermia on blood loss during transurethral resection of the prostate. *Br. J. Urol.* 1981; 53 (3): 258–260.
19. Morgan C.E., Prakash V.S., Vercammen J.M., et al. Development and validation of 4 different rat models of uncontrolled hemorrhage. *JAMA Surg.* 2015; 150 (4): 316–324.

### The Effect of Different Temperatures of the Irrigation Solution, as Well as the Presence of Epinephrine in It, on Hemostasis. *In Vivo* Experiment

A.A. Podoynicin, PhD<sup>1</sup>, N.A. Amosov, PhD<sup>1</sup>, D.A. Kuznetsova<sup>1</sup>, D.V. Romanov, PhD<sup>1</sup>, E.A. Mamedov, PhD<sup>1</sup>, S.V. Garmash, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Research and Clinical Institute

<sup>2</sup> National Medical Research Treatment and Rehabilitation Centre, Moscow

Contact person: Daria A. Kuznetsova, [dasha\\_kuzn96@mail.ru](mailto:dasha_kuzn96@mail.ru)

**Aim.** Studying the effect of different temperatures of a 0.9% NaCl irrigation solution, as well as the presence of a 0.1% epinephrine solution in it, on the duration of bleeding and the volume of blood loss in an *in vivo* experiment.

For this purpose, two validated bleeding models were reproduced in Wistar laboratory rats: the tail bleed model and parenchymal bleeding models. The volume of blood loss during Bi-TURP was also measured in 90 patients with BPH.

**Material and methods.** The experimental study included two stages. The first stage was study conducted on 52 male Wistar rats aged 12 months weighing about 300 g. The irrigation solution was 0.9% NaCl at room temperature – 24 °C, as well as heated to 39 °C and cooled to 4 °C, as well as 0.9% NaCl (24 °C) with the addition of 0.1% epinephrine solution. Two validated models of bleeding were used: tail and parenchymal bleeding models; bleeding time and volume of blood loss were measured. In the first case, 32 laboratory rats were used (8 animals in each comparison group), in the second – 20 (5 animals in each comparison group). In the second stage of the experiment, which included 90 patients with benign prostatic hyperplasia, the effect of different temperatures of 0.9% NaCl solution on the volume of intraoperative blood loss during bipolar transurethral prostate resection was studied. All patients were divided into three equal groups (n = 30) depending on the temperature of the solution used: 2–4 °C, 24 °C, and 37–39 °C.

**Results.** It was revealed that in the experiment with the creation of the tail bleeding model, the duration of bleeding statistically significantly differed between the groups ( $p < 0.001$ ). When comparing the groups by pairs, significant differences were found in all comparison groups ( $p < 0.05$ ), except for the groups that used a 0.9% NaCl solution with the addition of a 0.1% epinephrine solution (324.5 (223.7; 333.7) s) and a 0.9% NaCl solution, the temperature of which was 24 °C (447.5 (250.5; 550.0) s),  $p = 0.455$ .

The shortest bleeding time was noted in the group with an irrigation solution heated to 39 °C (77.0 (61.2; 125.0) s), the longest – with one cooled to 4 °C (1270 (1016; 1528) s). In the experiment with creating parenchymal bleeding models, the volume of blood loss also statistically significantly differed between the groups ( $p = 0.007$ ). In pairwise comparison of the groups, reliable differences in the concentration of hemoglobin in the irrigant were revealed between the group where 0.9% NaCl solution cooled to 4 °C was used (4.0 (3.1; 4.8) g/l) and the groups where the irrigation solution was used 24 °C (15.0 (7.3; 16.7) g/l),  $p = 0.014$  and 39 °C (14.0 (13.4; 19.9) g/l),  $p = 0.001$ , as well as 0.9% NaCl solution to which 0.1% epinephrine solution was added (9.9 (8.2; 15.2) g/l),  $p = 0.026$ .

During the second stage of the experiment, it was revealed that intraoperative blood loss differed statistically significantly in all comparison groups ( $p \leq 0.016$ ). The lowest volume of blood loss was recorded in the group of saline solution cooled to 2–4 °C, the median was 55 (49.0; 75.0) ml. The use of a 0.9% NaCl solution heated to 37–39 °C also contributed to a decrease in intraoperative blood loss, with a median of 70 (62.7; 85.0) ml. In the group using a room-temperature irrigation solution of 24 °C, the blood loss was 119 (83.7; 134.2) ml.

**Conclusion.** The experiment made it possible to present irrigation technologies that can be used in practice to improve the results of endourological surgical interventions.

**Keywords:** benign prostatic hyperplasia, irrigation solutions, irrigation technologies, epinephrine