

## СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОГО И БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВНУТРИВЕННЫХ КАТЕТЕРОВ

Ураков А. Л., Уракова Н. А., Касаткин А. А.

*ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия», г. Ижевск, Россия (426034, Ижевск, ул. Коммунаров, 281), e-mail: urakoval@live.ru*

---

Найдена неизвестная ранее причина появления локальных воспалений и тромбозов поверхностных вен конечностей при их катетеризации и внутривенных катетеров при их длительном применении. Установлено, что процесс указанных локальных внутривенных повреждений и закупорки катетера тромбом носит ятрогенный характер, поскольку вызван множественным многократным повреждением эндотелия вены в области проекции рабочего конца катетера. Повреждение эндотелия вены возникает из-за механической травмы, наносимой заточенным концом рабочей части современных гиперупругих внутривенных катетеров, и физико-химического ожога, вызываемого агрессивными физико-химическими параметрами качества современных растворов для инъекций. Предложена оригинальная технология катетеризации периферических вен, обеспечивающая эффективное и безопасное многодневное применение внутривенных катетеров за счет предотвращения флебита, тромбоза, тромбоэмболии, закупорки вен и внутрисосудистых катетеров.

---

Ключевые слова: внутривенные катетеры, флебит, тромбоз.

## METHOD OF EFFECTIVE AND SAFE USE INTRAVENOUS CATHETER

Uraikov A. L., Uraikova N. A., Kasatkin A. A.

*GBOU VPO "Izhevsk State Medical Academy", Izhevsk, Russia (426034, Izhevsk, Udmurt republic, Kommunarov Street, 281), e-mail: urakoval@live.ru*

---

We find a previously unknown cause of local inflammation and thrombosis of superficial veins of the limbs at their catheterization and intravenous catheters in their long-term use. It is established that the process of injecting the local damage and thrombus occlusion catheter is iatrogenic in nature, since the damage caused by multiple repeated vein endothelium in the projection area of the working end of the catheter. Damage to the endothelium of the veins is due to mechanical trauma, applied is sharpened end of the working part of the modern hyperelastic intravenous catheters, and physical and chemical burn caused by aggressive physical and chemical quality parameters of modern solutions for injection. An original technique of catheterization of peripheral veins, providing efficient and safe use of intravenous catheters many days by preventing phlebitis, thrombosis, thromboembolism, venous obstruction and intravascular catheters.

---

Keywords: intravenous catheters, phlebitis, thrombosis.

### Введение

В настоящее время в флебологии, анестезиологии и реаниматологии отсутствуют безопасные внутрисосудистые катетеры и лекарственные средства, исключаяющие местное раздражение эндотелия вен, тромбоз и закупорку внутривенных катетеров и вен тромбами при их многодневной катетеризации [7,8,9,10]. Признанием бессилия перед этими осложнениями, сопровождающими традиционную технологию катетеризации вен, является ставшая «привычной» установка внутривенных катетеров в вену не более чем на трое суток и реканализация закупоренных катетеров и вен путем выталкивания из них тромбов в общее кровеносное русло [1].

В то же время ранее нами было показано, что разжижение густых биологических масс может быть достигнуто за счет защелачивания среды взаимодействия раствором натрия

гидрокарбоната [6]. Однако возможность профилактики тромбоза вен за счет умеренного защелачивания крови до сих пор не изучена.

**Цель исследования** – разработка технологии эффективного и безопасного многодневного применения внутривенных катетеров.

### **Материалы и методы исследования**

Обследовано 84 пациента в возрасте от 16 до 88 лет с различными вариантами сочетанных травм, поступивших в отделение анестезиологии-реанимации БУЗ МЗ «ГКБ № 9 МЗ УР» г. Ижевска в период с марта 2008 по ноябрь 2011 г., а также изолированные отрезки подкожных вен кисти, предплечья и плеча 5 трупов. В клинические исследования включались пациенты с сочетанной травмой, имеющие тяжелые и крайне тяжелые повреждения (состояния оценивались с применением критериев шкалы тяжести повреждений Injury Severity Score), нуждающиеся в катетеризации вен и многократных внутривенных инъекциях лекарственных средств.

Катетеризация вен осуществлялась с применением упругих тефлоновых катетеров марок Vasofix и Romed и эластичных полиуретановых катетеров марок Vasofix Certo, Venflon Pro и BD Insyte.

Мониторинг состояния области катетеризации проводился в инфракрасном спектре излучения тканей с помощью тепловизора марки NEC TN91XX (Япония) с последующей обработкой информации с применением программ Thermography Explorer и Image Processor. Появление очага гиперемии, гипертермии и болезненности по ходу катетеризированной вены рассматривалось как проявление флебита. Ультразвуковое исследование состояния вен после их катетеризации выполнялось с помощью аппарата марки Logik Book XP (China), снабженного линейным датчиком 8L.

Статистическую обработку цифровых данных проводили с помощью методов вариационной статистики на персональном компьютере типа IBM PC марки LG LW65-P797 с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6.0. Вычисляли среднюю арифметическую ( $M$ ), ошибку средней арифметической ( $m$ ), а также коэффициент достоверности ( $\pm$ ) и коэффициент корреляции ( $r$ ). Статистическую достоверность оценивали путём применения t-критерия Стьюдента для непарных выборок. Проверку статистических гипотез осуществляли на уровне зависимости, равной и меньшей 0,05.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Первоначально мы обратили внимание на то, что локальное воспаление и тромбоз вены при ее катетеризации начинают формироваться в проксимальном направлении от области локализации катетера, но не столько «по ходу вены», сколько «по ходу катетера». Установлено, что очаг локальной гипотермии, гиперемии и болезненности при

катетеризации вены располагается всегда на 3 – 4 см проксимальнее места прокола кожи и пунктирования вены, то есть на величину, равную длине рабочей части катетера. Поэтому мы предположили, что локальное воспаление и тромбоз вены при ее катетеризации могут быть вызваны механическим повреждением эндотелия заостренным концом катетера.

Для проверки данного предположения нами были проведены исследования вен у пациентов, умерших после катетеризации вен с использованием правил установки катетеров в вену при оказании неотложных мероприятий. При вскрытии трупов было констатировано, что у каждого из них в области кисти, предплечья или плеча в одну из подкожных вен был установлен внутривенный катетер. Участок вены в области расположения катетера вырезали, помещали в раствор 0,9 % натрия хлорида, вскрывали продольным односторонним разрезом с помощью атравматических ножниц, расправляли, после чего исследовали состояние со стороны эндотелия. При этом во всех отрезках вен были обнаружены сквозные разрезы венозных стенок, имеющие форму серпа и расположенные в месте пунктирования вен. Кроме этого, в каждом изолированном отрезке вены на противоположной от разреза стенке наискосок от разреза и проксимальнее его на 1 – 3 мм была выявлена продольная линейная царапина эндотелия шириной менее 1 мм и длиной  $7,3 \pm 0,77$  мм ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 5$ ), а на расстоянии 30 – 40 мм от места разреза находилась зона скарификационного повреждения эндотелия, имеющая форму полукольца шириной около 3 – 4 мм.

Нами проведено наблюдение за технологией пунктирования вен медицинским персоналом у 5 пациентов клиники. При этом показано, что сквозное отверстие и продольная царапина появляются в венах в момент их пунктирования и наносятся рабочим концом инъекционной иглы.

Помимо этого нами исследована динамика локальной температуры конечностей в области катетеризации поверхностных вен у 84 пациентов отделения анестезиологии-реанимации клиники. Показано, что при отсутствии иммобилизации конечности зона скарификационного повреждения эндотелия вены появляется позже и является следствием травматического повреждения, наносимого острым концом упругого катетера при подвижности конечности и/или работающего сустава. При этом после установки упругих тефлоновых катетеров в периферические вены в области локтевых, лучезапястных и голеностопных суставов при отсутствии их иммобилизации указанные симптомы флебита возникают в первые 8 – 10 минут, а после установки в периферические вены этих же областей тела эластичных полиуретановых катетеров при иммобилизации суставов (примененной в связи с наличием переломов костей у пациентов) симптомы флебита возникают практически только через 2-е суток (фото 1).

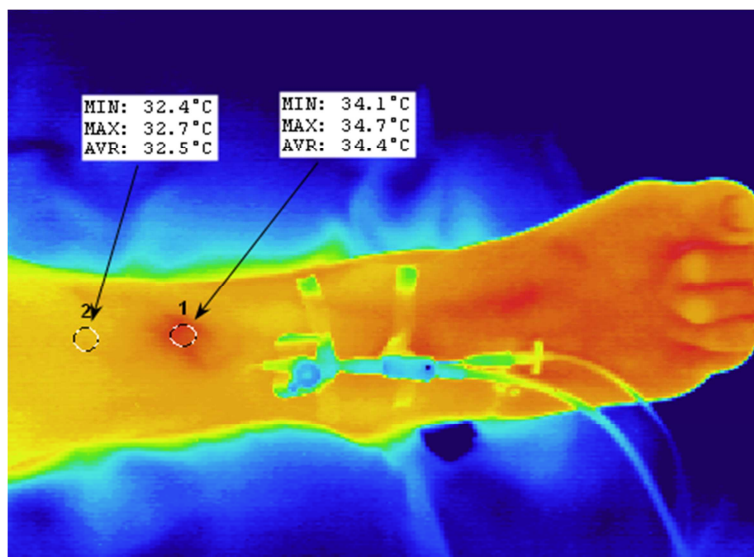


Фото 1. Правая голеностопная область пациентки П. в возрасте 54 лет в инфракрасном диапазоне спектра излучения через 4 минуты после установки тefлонового катетера в подкожную вену и начала инфузионной терапии с указанием диапазона температур в области проекции рабочего конца катетера (1) и за его пределами по ходу вены (2)

В частности, при катетеризации тefлоновыми катетерами поверхностных вен в области голеностопного сустава очаг локальной гипертермии выявлялся нами при сохранении его подвижности через  $3,3 \pm 0,1$  мин ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 9$ ), а при катетеризации полиуретановыми катетерами этих же вен, но при иммобилизации конечности в области сустава очаг локальной гипертермии обнаруживался только через  $47,5 \pm 4,5$  часов ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 5$ ) после установки катетера.

Затем была исследована локальная температура предплечий у 24 пациентов с работающими локтевыми суставами после установки им эластичных полиуретановых катетеров в поверхностные вены предплечий в месте, удаленном от линии сгиба локтевого сустава на расстояние, превышающее длину катетера. Показано, что при такой локализации внутривенных катетеров очаги локальной гипертермии и болезненности «по ходу катетеров» не возникали у 21 пациента на протяжении 5 суток нахождения катетеров в венах. Более того, на месте ожидаемых очагов гипертермии выявлялись очаги локальной гипотермии, которые появлялись в начале инфузионного введения растворов лекарственных средств комнатной температуры и постепенно исчезали после прекращения их введения. У остальных 3-х пациентов очаги локальной гипертермии и болезненности появились «по ходу внутрисосудистых катетеров» к концу 2-х суток после установки катетеров. При ультразвуковом исследовании состояния катетеризированных вен в них обнаруживались пристеночные тромбы, локализованные непосредственно у конца рабочей части катетера (фото 2).

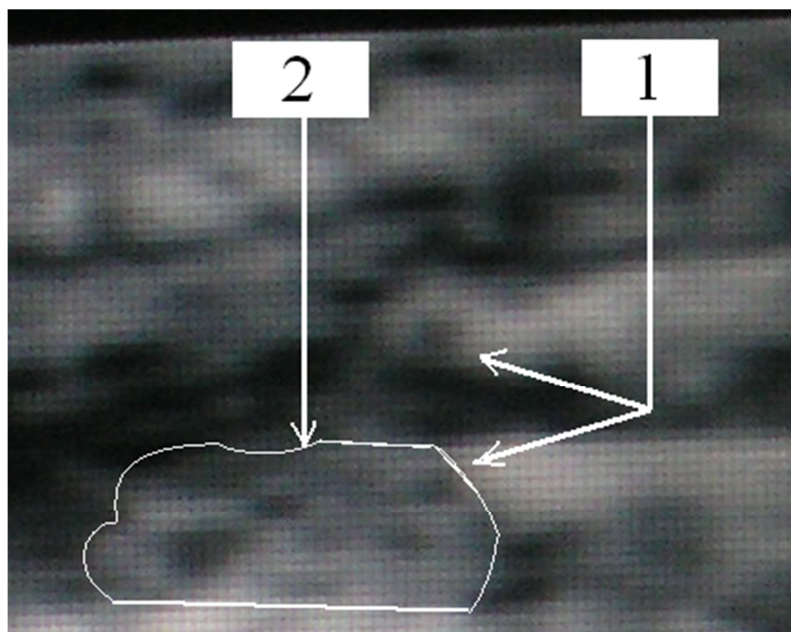


Фото 2. Изображение рабочего конца внутрисосудистого катетера (1) и тромба (2) в подкожной вене в области правой локтевой ямки пациента П. 67 лет на экране ультразвукового прибора через 48 часов после установки катетера

Результаты проведенных нами исследований позволили обнаружить резервы повышения эффективности и безопасности многодневного применения внутривенных катетеров, разработать оригинальный способ визуализации вен с помощью тепловизора и изобрести несколько способов катетеризации поверхностных вен. Сущность этих изобретений сводится к термоконтрастированию вен, их пунктированию в участке, удаленном от линии сгиба сустава на расстояние, превышающее длину рабочего конца катетера, к проколу вены иглой срезом вниз при формировании стрелы прогиба из выбранного отрезка вены, к использованию размягчающегося при нагревании катетера, выполненного в виде плавающего ниппеля, и к контролю локальной температуры в области расположения катетера в последующем [2,3,5].

Помимо этого нами был проведен анализ перечня лекарственных средств, введенных в вену через установленный внутривенный катетер у пациентов с учетом динамики локальной гипертермии и закупорки вен. При этом было обнаружено, что у 3-х пациентов перед появлением очагов локальной гипертермии в вену был введен раствор допамина, после чего на протяжении 30 минут в вену этих пациентов никакие растворы лекарственных средств не вводились. В то же время среди пациентов первой группы (без локальной гипертермии) были

выявлены 4 пациента, которым в вену также вводился стандартный раствор допамина, но сразу же после него всем им был введен раствор 4 % натрия гидрокарбоната.

Проведенное нами изучение состава стандартного раствора допамина показало, что перед внутривенным введением он готовился из 5 мл концентрата, заключенного в ампулу ( ОАО «Биохимик», г. Саранск, Россия) и содержащего:

Допамина гидрохлорид – 5 г

Натрия Метабисульфит – 1 г

Кислота хлористоводородная 0,1 М раствор – до рН 3,5-4,0

Вода для инъекций - до 1 л.

При этом перед введением в вену к 100 мл концентрата допамина в дозе 500 мг (20 ампул объемом 100 мл) вливали 250 мл раствора 0,9 % натрия хлорида.

В связи с этим нами было сделано предположение о том, что еще одной причиной локальной гипертермии и болезненности, возникающей «по ходу внутрисосудистого катетера», может являться физико-химический ожог эндотелия сосудов, вызываемый введением в них лекарств с высокой физико-химической агрессивностью (лекарств с чрезмерно высокой местной раздражающей активностью) [5].

В частности, причиной такой агрессивности у допамина может являться его высокая кислотность, вызывающая кислотный ожог эндотелия вены при непрерывном интенсивном и длительном орошении одного и того же участка вены. В свою очередь, нами было отмечено, что прерывистое введение допамина, дополняемое введением в вену раствора 4 % натрия гидрокарбоната, лишает раствор допамина прижигающего действия на эндотелий вены, предотвращает повреждение венозной стенки и устраняет причину тромбообразования, а также растворяет сформировавшиеся свежие тромбы. Предполагается, что профилактика тромбоза, достигаемая введением раствора 4 % натрия гидрокарбоната, обеспечивается защелачиванием крови и физико-химическим фибринолитическим действием.

Для проверки указанных предположений нами были проведены исследования состояния рук у 10 пациентов при катетеризации их локтевых вен с использованием методик, исключающих механическое и физико-химическое повреждение их эндотелия в области рабочих концов внутрисосудистых катетеров при многократном введении в вену стандартного раствора допамина в сочетании с раствором 4 % натрия гидрокарбоната. Полученные нами результаты показывают, что надежное «промывание» выбранного участка вены и катетера раствором 4 % натрия гидрокарбоната предотвращает появление очага локальной гипертермии, гиперемии, болезненности и тромбоза вены «по ходу катетера» и обеспечивает «бесперебойное» использование внутрисосудистого катетера на протяжении 5 суток после его установки у всех пациентов независимо от введения раствора допамина.

Проведенные нами ультразвуковые и инфракрасные исследования динамики симптомов локального воспаления и тромбоза вен позволили выявить дополнительные резервы повышения эффективности и безопасности многодневного применения внутривенных катетеров и разработать оригинальный способ катетеризации вен.

Способ основан на общепринятой технологии катетеризации периферических вен, которую предлагается дополнить ультразвуковым и инфракрасным мониторингом состояния конечности проксимальнее места пунктирования вены для раннего выявления симптомов локального воспаления и тромбоза вены. При выявлении с помощью тепловизора участка локальной гипертермии, при выявлении с помощью УЗИ тромба в вене по ходу установленного внутривенного катетера предлагается определить их размеры и наложить жгуты ниже и выше этих участков до полной остановки движения крови в изолированном участке вены. После этого предлагается тут же забрать кровь из этого отрезка вены вплоть до ее опустошения, ввести в вену 0,5 мл раствора 2 % лидокаина гидрохлорида и раствор тромболитического средства при температуре +42 °С (в частности, раствор 4 % натрия гидрокарбоната) в объеме, необходимом для полного заполнения вены. Через 3 минуты после введения следует удалить через катетер все жидкое содержимое вены, распустить жгуты, оценить с помощью тепловизора состояние конечности и с помощью УЗИ состояние вены, а при сохранении локальной гипертермии и тромба применить способ повторно вплоть до стабилизации размеров тромба. В случае сохранения окклюзии вены введенный катетер следует удалить и ввести новый катетер в другой участок вены другой конечности [4].

Таким образом, раствор 4 % натрия гидрокарбоната обладает тромболитическим действием и предотвращает тромбоз вен и внутривенных катетеров, а раствор 2 % лидокаина гидрохлорида обладает местным «жаропонижающим» действием и устраняет локальную гипертермию при флебите. Применение этих лекарственных средств в условиях ультразвукового мониторинга проходимости вены и инфракрасного мониторинга теплоизлучения выбранной части тела по разработанному способу повышает эффективность и безопасность многодневного применения внутривенных катетеров.

### **Список литературы**

1. Руководство по диализу / Редакторы: Джон Т. Даугирдас, Питер Дж. Блейк, Тодд С. Инг / Пер. с англ. Под ред. А. Ю.Денисова. ООО «Изд-во «Триада», 2003. С. 92 - 124.
2. Ураков А. Л., Мальчиков А. Я., Уракова Н. А., Уракова Т. В., Соколова Н. В., Решетников А. П., Касаткин А. А., Назарова Л. А., Сюткина Ю. С. Способ введения сосудистого катетера в локтевую вену // Патент России № 2009100592. 2010. Бюл. № 20.

3. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Уракова Т. В., Дементьев В. Б., Мальчиков А. Я., Решетников А. П., Соколова Н. В., Забокрицкий Н. А., Касаткин А. А., Шахов В. И., Сюткина Ю. С. Способ визуализации подкожных вен в инфракрасном диапазоне спектра излучения по А. А.Касаткину // Патент России № 2009104255. 2010. Бюл. № 14.
4. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Хафизьянова Р. Х., Алеева Г. Н., Бурькин И. М., Ларионов М. В., Касаткин А. А., Соколова Н. В., Гаускнехт М. Ю., Козлова Т. С. Способ катетеризации вен конечностей // Патент России № 2428220. 2011 Бюл. № 25 .
5. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Уракова Т. В., Мальчиков А. Я., Касаткин А. А., Кашковский М. Л., Соколова Н. В., Михайлова Н. А., Назарова Л. А., Большаков С. Э., Дементьев В. Б., Забокрицкий Н. А. Способ катетеризации локтевой вены и многократного внутривенного введения лекарств // Патент России №2387465. 2010. Бюл. № 12.
6. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Черешнев В. А. и соавт. Средство для разжижения густого и липкого гноя // Патент России №2360685. 2009. Бюл. № 30.
7. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Касаткин А. А., Дементьев В. Б., Волков А. А. Повреждение периферических вен верхних конечностей пациентов с сочетанной травмой при катетеризации разными типами катетеров // Уральский медицинский журнал. – 2009: 9: 113 - 115.
8. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Уракова Т. В. и соавт. Использование тепловизора для оценки постинъекционной и постинфузионной локальной токсичности растворов лекарственных средств // Проблемы экспертизы в медицине; 2009: № 1: 27- 29.
9. Nassaji-Zavareh M., Ghorbany R. Perpheral intravenous catheter-related phlebitis and related risk factors. Singapore Med. 2007; 48(8): 733.
10. Cornely O., Bethe U., Pauls R. et al. Peripheral Teflon catheters: factors determining incidence of phlebitis and duration of cannulation. Infect Control Hosp Epidemiol. 2002; 23 (5): 249-253.

**Рецензенты:**

Ларионов Л. П., д. м.н., профессор, зав. кафедрой фармакологии ГБОУ ВПО «Уральская государственная медицинская академия» г. Екатеринбург.

Белопухов В. М., д. м.н., профессор, зав. кафедрой анестезиологии-реаниматологии и трансфузиологии ГБОУ ДПО «Казанская государственная медицинская академия» г. Казань.

---