УДК 615.211:616.832-009.614

КАК ПОВЫСИТЬ БЕЗОПАСНОСТЬ СПИНОМОЗГОВОЙ АНЕСТЕЗИИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМОЙ ПУТЕМ СПИНАЛЬНОЙ ИНЪЕКЦИИ РАСТВОРА МЕСТНОГО АНЕСТЕТИКА

[1,2,3]Ураков А.Л., [1]Никитюк Д.Б.

[1]ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва;
[2]ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ижевск, e-mail: urakoval@live.ru;
[3]ФГБУН «Институт механики» Уральского отделения РАН, Ижевск

Представлены результаты анализа особенностей пространственной анатомии спинномозгового канала человека, проведенного с учетом расположения его туловища в пространстве и закономерностей гравитационной диффузии растворов анестезирующих средств в спинномозговой жидкости с учетом значений их удельного веса. Полученные результаты позволили изобрести оригинальный способ спинномозговой анестезии, предназначенный для обезболивания нижних конечностей, органов малого таза и брюшной полости. Изобретение исключает появление такого осложнения, как внезапная остановка дыхания пациента. Сущность изобретения сводится к тому, что при размещении пациента в сидячем положении согнувшись вперед и с ногами, опущенными вниз, первоначально прокалывают по общим правилам кожу, мягкие ткани поясничной области и спинно-мозговую оболочку, после чего извлекают из канала около 8 мл ликвора (у взрослого человека). Затем полученный ликвор используют для приготовления «тяжелого» раствора местного анестетика. Для этого смешивают в равных соотношениях ликвор, раствор местного анестетика (например, раствор 1% дикаина) и раствор 1,8% натрия хлорида, а полученный раствор охлаждают до +18 – +20 °С. Охлажденный раствор местного анестетика вводят в спинномозговой канал в объеме до 8 мл. При этом указанная технология подготовки раствора местного анестетика обеспечивает повышение его удельного веса, а технология спинно-мозговой инъекции обеспечивает перемещение «тяжелого» раствора только в сторону крестца. Дело в том, что «тяжелый» раствор анестетика тонет в теплом и в более «легком» ликворе. Поэтому анестетик угнетает функцию чувствительных нервных клеток, расположенных в нижней части спинно-мозгового канала, и не угнетает функцию нервных клеток, расположенных выше поясницы, в частности дыхательного и сосудодвигательного центров, расположенных в продолговатом мозге.

Ключевые слова: спинно-мозговая анестезия, ликвор, местные анестетики

HOW TO INCREASE THE SAFETY OF SPINAL ANESTHESIA BY SPINAL INJECTION OF LOCAL ANESTHETIC SOLUTION

[1,2,3]Urakov A.L., [1]Nikityuk D.B.

[1]First Moscow State Medical University I.M. Sechenov of the Ministry of Health Russian Federation, Moscow;
[2]Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, e-mail: urakoval@live.ru;
[3]Institute of Mechanics, Ural branch of RAS, Izhevsk

The results of the analysis of the spatial characteristics of the anatomy of the spinal canal of a person with respect to the location of his body in space and the gravitational laws of diffusion solutions anaesthetics in spinal fluid based on the value of their specific gravity. The results obtained allowed us to invent an original way of spinal anaesthesia intended for analgesia of the lower limbs, pelvic and abdominal cavity. The invention eliminates the occurrence of such complications, as sudden cessation of breathing of the patient. Summary of the invention is that when placing the patient in a sitting position, bent forward and with his legs, dropped down, initially pierced by the General rules the skin, the soft tissue of the lumbar region and spinal cord the Dura, and then removed from the channel about 8 ml of cerebrospinal fluid (in an adult). Then, the resulting liquor is used for preparation of «heavy» solution of local anesthetic. To do this, mixed in equal proportions liquor, a solution of local anaesthetic (e.g. 1% solution of tetracaine) and a solution of 1.8% sodium chloride, and the resulting solution was cooled to+18 – +20 °C. The cooled solution of local anesthetic injected into the spinal canal in volume to 8 ml. Wherein said technology of preparation of a solution of local anesthetic provides increase of its specific gravity, and technology spinal injections provides movement of «heavy» solution only in the direction of the sacrum. The fact that «heavy» the anesthetic solution is drowning in a more «lightweight» liquor. Therefore, the anesthetic inhibits the function of sensory nerve cells, located in the lower part of the spinal canal, and does not inhibit the function of nerve cells located above the waist, particularly the respiratory and vasomotor centers in the medulla oblongata.

Keywords: cerebral spinal anesthesia, spinal fluid, local anesthetics

Современные медицинские технологии инъекций растворов анестезирующих средств в глубокие слои мягких тканей и в спинномозговой канал остаются высоко опасными для здоровья пациентов [2]. Их низкая безопасность обусловлена тем, что современные «*Растворы для инъекций*» выпускаются без контроля местного раздражающего и прижигающего действия, без оценки состояния спинномозговой

жидкости, спинного мозга и других тканей в местах инъекций и без контроля процесса всасывания и гравитационного перемещения вводимых растворов в спинномозговом канале [1, 3, 4, 7, 8, 12]. В связи с этим до сих пор отсутствует безопасный раствор местного анестетика для нервной ткани и стандарт спинальной инъекции, обеспечивающий перемещение раствора местного анестетика внутри спинномозгового канала только в сторону крестца. Тем не менее, современные растворы для инъекций продолжают считаться качественными и их инъекции в спинномозговой канал считаются вполне допустимыми. В то же время, медицинские работники уже со студенческой скамьи слышат о том, что инъекции лекарств опасны постинъекционными осложнениями, а лидерами постинъекционных осложнений являются местные анестетики и антибиотики [9, 10].

Наиболее вероятными проявлениями отрицательного действия этих лекарств при инъекциях являются аллергические и неспецифические воспаления, некрозы и абсцессы [13]. Особенно высокую опасность для пациентов растворы местных анестетиков представляют при инъекциях в спинномозговой канал, поскольку при этом лекарства могут двигаться в сторону головного мозга и вызывать угнетение функции нервных клеток в жизненно важных центрах, расположенных в продолговатом мозге, что может стать причиной остановки дыхания, сердцебиения и смерти пациентов [3]. Во многом это обусловлено тем, что при спинномозговых инъекциях до сих пор не учитывается удельный вес и температура лекарств, хотя огромное значение локальной температуры для функциональной активности клеток сердца и головного мозга уже давно доказано [5, 6, 11].

В последние годы показано, что вопреки здравому смыслу «*Растворы для инъекций*» производятся с любым значением суммарной концентрации ингредиентов, кислотной (щелочной), осмотической, раздражающей, прижигающей и денатурирующей активности [12, 13]. По этой причине сегодня в любом «Растворе для инъекций», считающемся качественным, суммарная концентрация ингредиентов может достигать гигантских значений (20, 50 и даже 76%), величина pH может достигать самых крайних значений (от 3,0 до 12), а величина осмотической активности может находиться в диапазоне от 0 до 6000 мОсмоль/л воды [12]. В связи с этим многие современные лекарства, произведенные в лекарственной форме «*Растворы для инъекций*», оказывают местное раздражающее и прижигающее действие, поэтому их инъекции могут стать причиной инъекционной болезни [13].

Цель исследования – разработка способа подготовки раствора местного анестетика для повышения его локальной безопасности при инъекции в спиномозговой канал с целью спинномозговой анестезии.

Материалы и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ технологий спинномозговых инъекций, примененных в нескольких муниципальных клиниках городов Москвы и Ижевска в 2000–2014 годах у 160 взрослых пациентов в отделениях неврологии, анестезиологии и реанимации, хирургии, урологии, проктологии, акушерства и гинекологии с целью обезболивания органов брюшной полости, малого таза и нижних конечностей. Проведено исследование физико-химических характеристик и показателей качества лекарств, применявшихся для спинномозговых инъекций, свойств ликвора у 20 трупов взрослых людей, умерших внезапной смертью, связанной с кровоизлиянием в головной и/или спинной мозг, а также изучены особенности локального взаимодействия растворов лекарственных средств с ликвором в спинномозговом канале у трупов и в модельных условиях in vitro.

Ликвор был взят на исследование из спиномозгового канала трупов взрослых людей в секционном зале бюро судебно-медицинской экспертизы через 10–12 часов после внезапной смерти. Спиномозговая жидкость забиралась с помощью пункции спинномозговой полости до и через 5 минут после инъекции в нее 10 мл раствора 1% лидокаина гидрохлорида или 10 мл раствора 76% урографина. Контрольную группу составили 10 лиц, умерших внезапной смертью без признаков кровоизлияний в спиномозговую жидкость. Ликвор у трупов людей контрольной группы представлял собой бесцветную прозрачную жидкость.

Кроме этого проведен анализ современных технологий спиномозговой анестезии. Проведено исследование недостатков общепринятых способов спиномозговых инъекций, качества растворов местных анестетиков и возможных причин остановки дыхания у пациентов при спинномозговой анестезии.

Проведен патентный поиск, анализ известных изобретений и технических решений в области технологий спиномозговых инъекций, выявлены их недостатки, определены аналоги, прототип и предложены новые технические решения, которые легли в основу созданного изобретения «*Способ спинномозговой анестезии по Н.А. Ураковой*» (Патент России на изобретение № 2192789).

Результаты исследования и их обсуждение

Определение величины относительной вязкости и удельного веса спиномозговой жидкости у 20 взрослых людей, умерших внезапной смертью, связанной или не связанной с кровоизлиянием в ликвор, показало, что значения плотности и вязкости ликвора не стабильны и изменяются при кровоизлиянии в него. Кроме этого, установлено, что пункционное введение в спиномозговой канал 10 мл растворов 1% ли-

докаина гидрохлорида или 10 мл раствора 76% урографина тоже изменяет плотность и вязкость ликвора независимо от кровоизлияния в него (таблица).

Как следует из результатов, приведенных в таблице, инъекционное введение в спиномозговой канал растворов лидокаина гидрохлорида или урографина разнонаправлено изменяет показатели плотности ликвора, но однонаправлено изменяет показатели его вязкости. Растворы обоих лекарственных средств уменьшают значения этого показателя качества ликвора.

Так, в контрольной группе (10 лиц), умерших внезапной смертью без признаков кровоизлияний в спиномозговую жидкость, ликвор представлял собой бесцветную прозрачную жидкость. В этой группе величина относительной вязкости ликвора составила 1,05 ± 0,002 относительных величин, а величина его удельного веса составила 1,007 ± 0,0001 кг/л ($P \leq 0,05$, n = 10).

Инъекционное введение в ликвор внутри канала 10 мл раствора 1% лидокаина гидрохлорида снижает его удельный вес на 0,0015 ± 0,0003 кг/л ($P < 0,05$, n = 5) и уменьшает вязкость ликвора на 0,01 ± 0,0003 относительных единиц ($P < 0,05$, n = 5). С другой стороны, спинальная инъекция 10 мл раствора 76% урографина увеличивает удельный вес ликвора на 0,0017 ± 0,0004 кг/л ($P < 0,05$, n = 5) и снижает величину его относительной вязкости на 0,013 ± 0,0003 относительных величин ($P < 0,05$, n = 5).

Помимо этого, нами были проведены исследования ликвора у лиц, умерших в связи с кровоизлиянием в спиномозговую жидкость. Данная группа также состояла из 10 взрослых человек. Ликвор, взятый на анализ из спиномозгового канала этих лиц, имел красноватый цвет с разной степенью окраски. При этом величина относительной вязкости ликвора у них варьировала в диапазоне от 1,09 до 1,2 относительных величин и составляла в среднем 1,13 ± 0,04 относительных единиц ($P < 0,05$, n = 10), а величина удельного веса варьировала в диапазоне между 1,009 и 1,012 кг/л и составляла в среднем 1,010 ± 0,001 кг/л ($P < 0,05$, n = 10).

Следовательно, кровоизлияние в ликвор увеличивает его относительную вязкость и удельный вес.

Инъекционное введение в спиномозговой канал этих лиц по 10 мл 1% лидокаина гидрохлорида нормализовало исследуемые показатели, а введение им по 10 мл раствора 76% урографина нормализало вязкость ликвора, но при этом увеличивало показатели его удельного веса. Так, в 5 случаях через 5 минут после введения по 10 мл раствора 1% лидокаина гидрохлорида удельный вес ликвора снизился в среднем на 0,0014 ± 0,0002 кг/л ($P < 0,05$, n = 5), а относительная вязкость ликвора снизилась на 0,01 ± 0,001 относительных единиц ($P < 0,05$, n = 5). С другой стороны, в 5 других случаях через 5 минут после введения в спиномозговой канал по 10 мл раствора 76% урографина величина относительной вязкости ликвора снизилась на 0,009 ± 0,0001 относительных единиц ($P < 0,05$, n = 5), а величина удельного веса ликвора возросла на 0,0017 ± 0,00009 кг/л ($P < 0,05$, n = 5).

Влияние спинального введения растворов 1% лидокаина гидрохлорида и 76% урографина на показатели удельного веса и вязкости спиномозговой жидкости у лиц, умерших внезапной смертью

№ п/п	Условия эксперимента	Удельный вес (кг/л)	Вязкость (отн. единицы)
В группе лиц, умерших без кровоизлияния в ликвор			
1	Исходные значения (n = 10)	1,007 ± 0,0001	1,05 ± 0,002
2	Через 5 минут после спинального введения 10 мл 1% лидокаина гидрохлорида (n = 5)	Уменьшение на 0,0015 ± 0,0003*	Уменьшение на 0,01 ± 0,0003*
3	Через 5 минут после спинального введения 10 мл 76% урографина (n = 5)	Увеличение на 0,0017 ± 0,0004*	Уменьшение на 0,013 ± 0,0003*
В группе лиц, умерших с кровоизлиянием в ликвор			
4	Исходные значения (n = 10)	1,010 ± 0,001	1,13 ± 0,04
5	Через 5 минут после спинального введения 10 мл 1% лидокаина гидрохлорида (n = 5)	Уменьшение на 0,0014 ± 0,0002*	Уменьшение на 0,01 ± 0,001*
6	Через 5 минут после спинального введения 10 мл 76% урографина (n = 5)	Увеличение на 0,0017 ± 0,00009*	Уменьшение на 0,009 ± 0,0001*

Примечание. * – достоверно при $P < 0,05$ по сравнению с показателями соответствующей группы.

Таким образом, показатели вязкости и удельного веса спиномозговой жидкости у взрослых лиц могут варьировать в значительном диапазоне значений. Значения этих показателей качества ликвора могут быть изменены кровью, попавшей в него вследствие кровоизлияния в спиномозговую жидкость, и растворами лекарственных средств, введенными в ликвор, например при спинальных инъекциях. При этом кровоизлияние в спиномозговую жидкость увеличивает удельный вес и вязкость ликвора, поскольку кровь имеет более высокие значения удельного веса и вязкости. Инъекционное введение в спиномозговую жидкость водных растворов лекарственных средств снижает вязкость ликвора независимо от кровоизлияний в него, поскольку водные растворы лекарственных средств являются менее вязкими, чем спинномозговая жидкость и кровь.

Вслед за этим было установлено, что растворы лекарственных средств при спинномозговой инъекции способны как уменьшать, так и увеличивать значение удельного веса ликвора, поскольку плотность современных растворов лекарственных средств различна. В частности, введение в ликвор относительно легкого раствора 1% лидокаина гидрохлорида снижает удельный вес ликвора, а введение в ликвор относительно тяжелого раствора 76% урографина повышает удельный вес спинномозговой жидкости.

В результате исследований физико-химических показателей качества растворов для инъекций, применяемых в неврологической, анестезиологической, урологической, хирургической, акушерской, гинекологической, практике обнаружено, что многие физико-химические свойства лекарств выходят за пределы диапазона, гарантирующего безопасное местное взаимодействие их с живыми тканями организма. В частности, произведенные нами исследования температурных режимов растворов изучаемых лекарственных средств в отделениях и клиниках показали, что при инъекциях лекарства применяются сегодня без подогревания их до температуры тела человека. Поэтому температура растворов для инъекций всегда равна или ниже 24–26 °С. Результаты исследований показали, что растворы многих качественных лекарственных средств, инъецируемые в клинических условиях в ликвор, имеют величину pH ниже 7,4, величину осмотической активности – значительно ниже или выше диапазона 280–300 мОсмоль/л воды, удельный вес – ниже 1,052 кг/л, а показатель относительной вязкости – ниже 8 (показателей нормальной крови). Выяснено, что показатели удельного веса растворов местных анестетиков и рентгеноконтрастных средств, вводимых в спинномозговую жидкость, могут не соответствовать удельному весу ликвора, поэтому лекарства всплывают, либо тонут в нем, перемещаясь соответственно вверх, либо вниз от места пункционного введения.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что растворы местных анестетиков могут быть легче или тяжелее ликвора, поэтому при введении в спинномозговой канал они могут всплывать или тонуть в ликворе, занимая соответственно самые верхние или самые нижние отделы спиномозгового канала, что объясняет клиническую нестабильность эффективности и безопасности спиномозговой анестезии, проводимой по общепринятой технологии.

В опытах in vitro показано, что введение растворов местных анестетиков в полость, заполненную ликвором и иммитирующую спиномозговой канал, показано, что неравенство значений их удельного веса, изменение температуры и расположения полости в пространстве оказывают существенное влияние на процесс перемещения растворов лекарственных средств в ликворе. В частности, показано, что растворы 0,25–1,0% новокаина и 1% лидокаина гидрохлорида имеют меньший удельный вес, чем ликвор и кровь, поэтому всплывают в них кверху, а растворы 76% и 60% урографина являются более тяжелыми, чем кровь и спиномозговая жидкость, поэтому тонут в них и перемещаются в нижний отдел полости, заполненной этими биологическими жидкостями. Кроме этого, показано, что охлаждение растворов лекарственных средств повышает значение их удельного веса, поэтому охлаждение растворов местных анестетиков делает их более «тяжелыми» и сповышает вероятность их перемещения в нижние слои спинномозговой жидкости.

Полученные результаты легли в основу новой, более безопасной технологии спинномозговой инъекции. В основе этой технологии лежит повышение безопасности растворов местных анестетиков внутри спинномозгового канала пациента за счет учета закономерностей гравитации и гравитационного перемещения жидкостей с различным удельным весом. Предложен высокоэффективный и безопасный способ спиномозговой анестезии, основанный на обеспечении надежности перемещения раствора анестетика внутри спиномозгового канала в сторону крестца. Для этого в спиномозговой канал в сидячем положении пациента головой вверх предлагается вводить смесь, состоящую из равных объемов рас-

твора 1% местного анестетика, раствора 1,8–2% натрия хлорида и ликвора пациента, охлажденную до 18–20 °С.

Следовательно, растворы лекарственных средств, произведенные в полном соответствии с требованиями фармакопейных статей, имеют физико-химические свойства, отличающие их от аналогичных свойств ликвора. Поэтому при спиномозговой инъекции лекарства изменяют физико-химическую «атмосферу» (экологию) внутри спиномозгового канала. Чрезмерное отличие физико-химических свойств лекарств от свойств ликвора и спинного мозга способно стать причиной постинъекционных осложнений. В частности, отличие значений удельного веса растворов местных анестетиков от удельного веса ликвора предопределяет всплытие или утопление растворов местных анестетиков внутри спинномозгового канала пациентов после спиномозговой инъекции. Причем, значения удельного веса ликвора в спинномозговом канале у пациентов могут существенно повышать такие биологические жидкости, как гной (при гнойных менингитах и энцефалитах), так и кровь (при кровоизлияниях в спинной и головной мозг). При этом «кровавый» и «гнойный» ликвор становятся намного тяжелее современных растворов лекарственных средств, поэтому даже очень тяжелые лекарства становятся более легкими по сравнению с таким ликвором. В связи с этим спинномозговая анестезия, выполненная по общепринятой технологии у пациентов с кровавым и гнойным ликвором, не исключает угнетение жизненно важных центров продолговатого мозга. Дело в том, что относительно более легкие растворы вплывают в ликворе вверх. Поэтому при спинномозговой инъекции, выполненной в сидячем положении пациента головой вверх, например, при кровоизлиянии в мозг, растворы местных анестетиков перемещаются в сторону продолговатого мозга и угнетают в нем сосудодвигательный и дыхательный центры.

Таким образом, для исключения перемещения раствора местного анестетика в спинномозговом канале в верхнюю его часть предварительно следует сделать раствор более тяжелым, чем ликвор. Для этого предлагается развести равные объемы спинномозговой жидкости пациента, раствора 1% местного анестетика и раствора 1,8–2% натрия хлорида и охладить полученную смесь до + 18–20 °С.

Выражаем благодарность кандидатам медицинских наук, врачам Наталье Александровне Ураковой, Марии Юрьевне Тихомировой и Наталье Евгеньевне Любимовой за помощь в проведении научных исследований.

Список литературы

1. Коровяков А.П.. Вахрушев Я.М., Стрелков Н.С., Ураков А.Л., Уракова Н.А., Уракова Т.В., Корепанова М.В., Муравцева Т.М., Фейгин Е.В. Индивидуальные особенности управления процессом физического перемещения твердых и жидких лекарственных форм внутри желудка// Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2003. – № 1. – С. 30–32.

2. Никитюк Д.Б., Ураков А.Л., Уракова Н.А. Технология прицельной инъекции растворов болеутоляющих средств в глубокие слои мягких тканей// Российский журнал боли. – 2015. – № 1. – С. 125.

3. Стрелков Н.С., Ураков А.Л., Уракова Н.А., Коровяков А.П. Способ спиномозговой анестезии по Н.А.Ураковой. Патент России на изобретение № 2192789. 2002. Бюлл. № 32.

4. Стрелков Н.С., Стрелкова Т.Н., Ураков А.Л., Уракова Н.А., Соколова Н.В., Любимова Н.Е., Христофорова О.В., Уракова Т.В., Садилова П.Ю., Поздеев А.Р. Способ определения вероятной направленности движения порции лекарства внутри полости организма, заполненной биологической жидкостью// Проблемы экспертизы в медицине. – 2004. – № 1. – С. 42.

5. Ураков А.Л. Холод в защиту сердца // Наука в СССР. – 1987. – С. 63–65.

6. Ураков А.Л. Рецепт на температуру // Наука и жизнь. – 1989. – № 9. – С. 38–42.

7. Ураков А.Л., Стрелкова Т.Н., Любимова Н.Е., Поздеев А.Р., Уракова Н.А., Коровяков А.П., Садилова П.Ю., Уракова Т.В., Корепанова М.В. Несоответствие удельного веса биологических жидкостей и вводимых в них растворов лекарственных средств как физическое обстоятельство, способное предопределить направленность внутрижидкостной диффузии лекарств// Нижегородский медицинский журнал. – 2004. – № 2. – С. 40–42.

8. Ураков А.Л., Уракова Н.А. Использование закономерностей гравитационной внутриполостной фармакокинетики лекарственных средств для управления процессом их перемещения внутри полостей// Биомедицина. – 2006. – № 4. – С. 66–67.

9. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Решетников А.П., Камашев В.М., Шахов В.И. Способы предотвращения постинъекционных некрозов // Медицинская помощь. – 2007. – № 6. – С. 31–32.

10. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Михайлова Н.А., Решетников А.П., Шахов В.И. Местная постинъекционная агрессивность растворов лекарственных средств в инфильтрированных тканях и способы ее устранения// Медицинский альманах. – 2007. – № 1. – С. 95–97.

11. Ураков А.Л. Холод в защиту сердца // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 11. – С. 32–36.

12. Ураков А.Л., Никитюк Д.Б., Уракова Н.А., Сойхер М.И., Сойхер М.Г., Решетников А.П. Виды и динамика локальных повреждений кожи пациентов в местах, в которые производятся инъекции лекарств// Врач. – 2014. – № 7. – С. 56–60.

13. Urakov A., Urakova N. Rheology and physical-chemical characteristics of the solutions of the medicines // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – V. 602. – № 012043.