

УДК 616-009.614(617.546):612.1:711.6
DOI: 10.15587/2519-4798.2019.169496

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПОТЕНЗИИ ПРИ ПОВОРОТЕ ПАЦИЕНТА НА ЖИВОТ НА ФОНЕ СПИНАЛЬНОЙ АНЕСТЕЗИИ

Н. В. Лизогуб, М. А. Георгиянц, Е. В. Высоцкая, К. Г. Михневич, А. П. Порван, К. И. Лизогуб

При проведенні спінальної анестезії (СА) в положенні на животі може виникати артеріальна гіпотензія, що зумовлена як анестезією, так і впливом самого положення на кровообіг. Метою дослідження була розробка прогностичної моделі оцінки змін гемодинаміки при вертебрологічних операціях в положенні на животі в умовах спінальної анестезії.

Матеріал та методи дослідження. Вивчені постуральні реакції кровообігу у 144 пацієнтів ортопедичного профілю, що були оперовані в положенні на животі під спінальною анестезією: в положенні на спині, через 5 та через 20 хвилин після повороту на живіт. Попередньо (за добу до операції) досліджені ті ж самі реакції без анестезії.

Результати. 16,0±3,1 % пацієнтів під час СА була необхідна корекція гемодинаміки $\alpha 1$ -адреноміметиками після повороту на живіт. Ретроспективний аналіз змін гемодинаміки до та під час анестезії виявив у цих пацієнтів напруження компенсації кровообігу, що проявлялось при повороті на живіт без анестезії у артеріальній гіпертензії та підвищенні загального периферичного судинного опору. Під впливом СА ця компенсація пригнічувалась, що призводило до нестабільності кровообігу. Значний ризик такого ускладнення мав місце у пацієнтів молодшого віку та із підвищеним ІМТ. За результатами ретроспективного аналізу розроблена математична модель, що дозволяє розрахувати прогностичний індекс нестабільності гемодинаміки (ПНІГ) та передбачити нестабільність гемодинаміки під час СА при положенні хворого на животі. Величина ПНІГ може варіювати від нескінченно малої величини до 1.

Висновки: перед проведенням оперативних втручань в положенні на животі під СА доцільно передопераційне вивчення постуральних реакцій кровообігу з розрахунком ПНІГ. При ПНІГ $\geq 0,5$ слід відмовитись від проведення СА та обрати інший вид анестезії

Ключові слова: спінальна анестезія, гемодинаміка, положення на животі, поперековий відділ хребта

Copyright © 2019, Н. В. Лизогуб, М. А. Георгиянц, Е. В. Высоцкая, К. Г. Михневич, А. П. Порван, К. И. Лизогуб.
This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

1. Введение

Положение на животе широко используется при оперативных вмешательствах в ортопедии и травматологии, нефрологии, аноректальной и сосудистой хирургии. Положение на животе сопровождается как физиологическими изменениями, так и некоторыми специфическими осложнениями, которые должен учитывать анестезиолог для создания безопасных условий для пациента [1]. Если ранее большинство вертебрологических операций в положении на животе выполнялось только в условиях общей анестезии, сегодня широко обговаривается возможность их проведения в условиях спинальной анестезии [2].

2. Обоснование исследования

Снижение показателей артериального давления (АД) после выполнения спинальной анестезии (СА) встречается более чем в 50 % случаев [3]. Значительное снижение АД является чрезвычайно опасным из-за гипоперфузии органов и тканей. При вертебрологических операциях в положении на животе наиболее уязвимыми считаются спинной мозг и глазной нерв [4], поэтому важно прогнозировать возможность неблагоприятных изменений СА [5].

СА используют при различных операционных положениях, которые сами могут оказывать неблагоприятное воздействие на гемодинамику. Так, доказано, что в положении на животе минутный объём

кровообращения может уменьшаться на 25 % из-за снижения преднагрузки [6]. Известны и факторы риска развития артериальной гипотензии во время спинальной анестезии – возраст более 45 лет, женский пол и уровень сенсорного блока выше T7 [7]. Для прогнозирования неблагоприятных явлений во время СА используют также динамику вариабельности сердечного ритма, однако функциональные возможности этого метода ограничены [8], как и определение вегетативного индекса Кердо, используемого для прогнозирования потребности в коррекции гемодинамики при проведении регионарной анестезии [9].

Таким образом при операциях в положении на животе гемодинамика пациента находится под влиянием двух серьезных факторов – анестезии и операционного положения – и прогнозирование этих изменений одновременно мало изучено в современной литературе.

3. Цель исследования

Разработка прогностической модели изменений гемодинамики при вертебрологических операциях в положении на животе в условиях спинальной анестезии.

4. Материалы и методы

Исследование проведено в ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М. И. Си-

тенко НАМН Украины». Обследовано 144 пациента, которым выполнены плановые операции по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника. Возраст пациентов колебался от 26 до 70 лет ($46,5 \pm 9,7$), мужчин – 54 (45,4 %), женщин – 65 (54,6 %).

Исследование состоит из двух частей. В первой части исследования накануне операции изучали реакции гемодинамики на изменение положения тела на спине на положение на животе без проведения анестезии. Гемодинамические показатели фиксировали на трёх этапах:

- 1) положение на спине;
- 2) через 5 минут после поворота на живот;
- 3) через 20 минут после поворота на живот.

Во второй части исследования те же реакции на тех же этапах изучали во время оперативного вмешательства, проведённого под СА. Измеряли следующие показатели гемодинамики: систолическое артериальное давление (АДс), диастолическое артериальное давление (АДд), среднее артериальное давление (САД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), ударный индекс (УИ), удельное периферическое сосудистое сопротивление (УПСС), симпатовагальный баланс (СВБ).

Спинальную анестезию производили 3,5 мл 0,5 % гипербарического раствора бупивакаина в положении сидя. После введения местного анестетика пациент лежал на спине 5–10 мин., затем совершали поворот на живот.

АД и ЧСС измеряли с помощью монитора пациента Mediana, УИ, СИ, УПСС и СВБ определяли с помощью реографического комплекса «Реоком Професионал» (ООО «ХАИ-Медика», Украина).

САД поддерживали на уровне не менее 60 мм рт. ст., при необходимости вводили фенилэфрин в дозе от 1,6 до 13,0 мкг/кг.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ «IBM SPSS Statistics v. 19» и MS Excel 2007. Достоверность статистических различий выборок, проверялась с помощью t-критерия Стьюдента. Проверка гипотезы о нормальном распределении проводилась с применением критерия Пирсона, который не зависит ни от вида распределения случайной величины, ни от ее размерности. Различия между выборками считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Для оценки взаимосвязей между показателями использовали корреляционный анализ. Для синтеза математической модели использовался метод логистической регрессии. Проверка значимости полученных коэффициентов проводилась с использованием статистики Вальда. Оценка корректности прогнозирования полученной полезной модели была проведена с помощью коэффициента детерминации R^2 Найджелкерка.

5. Результаты исследования

5.1. Первая часть исследования

Достоверным изменениям не подверглось в процессе исследования только АДс. АДд и, следова-

тельно, САД, так же, как и УПСС, после изменения положения тела достоверно повысились и далее существенно не менялись. На этом фоне УИ и СИ после изменения положения тела достоверно понизились и также далее статистически значимо не изменялись (табл. 1). Такая динамика показателей гемодинамики при перемене положения тела, вероятно, связана с активацией симпатoadренальной системы, обусловившей повышение УПСС без достаточного для этих условий повышения СИ. Это подтверждается и направленностью изменений СВБ. Как показала вторая часть исследования, исходный тонус симпатoadренальной системы во многом определяет течение субарахноидальной анестезии при выполнении оперативных вмешательств в положении на животе.

Таблица 1

Гемодинамические показатели в зависимости от положения тела без анестезии ($M \pm \sigma$)

Показатель	Этап		
	На спине	Через 5 минут после переворачивания на живот	Через 20 минут после переворачивания на живот
АДс, мм рт. ст.	126,8±14,4	129,6±13,5	127,3±14,7
АДд, мм рт. ст.	80,4±9,1	87,1±9,3*	85,4±8,2†
САД, мм рт. ст.	95,9±10,4	101,3±10,3*	99,3±9,8†
УИ, мл/м ²	42,1±6,1	37,7±6,2*	39,1±6,1†
СИ, л/мин·м ²	3,15±0,43	3,00±0,49*	3,05±0,46†
УПСС, дин·с·м ⁻² ·см ⁻⁵	2476±325	2776±546*	2671±515*†
СВБ	2,44±0,25	2,80±1,13*	2,63±1,06

Примечание: * – $p < 0,05$ по сравнению с предыдущим этапом; † – $p < 0,05$ по сравнению с исходным уровнем

5.2. Вторая часть исследования

Во время оперативного вмешательства, выполненного под СА в положении на животе, у 23 из 144 (16,0±3,1 %) больных для стабилизации гемодинамики возникла необходимость введения α_1 адреномиметика фенилэфрина. Гемодинамические показатели этих больных, полученные в первой части исследования, были ретроспективно проанализированы. Анализ позволил выявить следующую картину.

Возраст больных, которым потребовалась гемодинамика кровообращения фенилэфрином, был достоверно ниже возраста больных, которым коррекция гемодинамики не потребовалась, а ИМТ – достоверно выше (табл. 2).

Таблица 2

Демографические и антропометрические показатели больных до операции в зависимости от последующей потребности в фенилэфрине (M±σ)

Коррекция гемодинамики	Возраст, годы	ИМТ, кг/м ²
Не проводилась	46,6±9,7	25,4±2,6
Проводилась	35,9±8,5*	31,6±1,9*

Примечание: * – p<0,05 при сравнении с пациентами, которым коррекция не проводилась

Достоверная разница в этих двух группах пациентов отмечена и со стороны исходных гемодинамических показателей (табл. 3).

АДс, АДд и САД на всех этапах исследования было достоверно выше у больных, которым во время анестезии потребовалась коррекция гемодинамики.

Достоверно различались и показатели центральной гемодинамики. УИ и СИ были на всех этапах исследования достоверно ниже, а УПСС – достоверно выше у пациентов, которым потребовалось введение α₁адреномиметиков во время СА.

Таким образом, у пациентов, нуждавшихся во время проведения СА во введении α₁адреномиметиков, в предоперационном периоде наблюдалась прессорная реакция системы кровообращения, которая могла быть обусловлена как индивидуальными нейропсихологическими, так и другими причинами, в том числе эссенциальной артериальной гипертензией. Под действием СА прессорная реакция, которая могла играть и роль компенсаторной реакции, ослаблялась, что и приводило к нестабильности гемодинамики. Если же прессорная реакция до операции не была выражена, то это может означать отсутствие каких-либо причин, обуславливающих необходимость компенсации.

На основании результатов, полученных как в предоперационном периоде, так и во время проведения СА, нами была разработана математическая модель изменения гемодинамических показателей при повороте пациентов со спины на живот [10]. При использовании этой модели рассчитывался прогностический индекс нестабильности гемодинамики (ПИНГ):

$$I_{\text{ПИНГ}} = 1 / \left(1 + e^{-2,025M_{\text{IB}} - 0,014\rho_5 + 0,008\rho_{20} + 0,16V_{\text{ST0}} - 0,386V_{\text{ST5}} + 94,456} \right),$$

где I_{пнг} – ПИНГ; M_{IB} – ИМТ; ρ₅ – УПСС через 5 минут после поворота на живот; ρ₂₀ – УПСС через 20 минут после поворота на живот; V_{ST0} – УО в положении на спине; V_{ST5} – УО через 5 минут после поворота на живот.

Оценка точности прогнозирования полученной математической модели, произведённая с помощью коэффициента детерминации R² Найджелкерка, составила 91,5 %. Достигнутый уровень значимости в результате проведения теста согласия Хосмера-Лемешова свидетельствует о соответствии полученной модели реальным данным.

Таблица 3

Гемодинамические показатели больных, оперированных в условиях СА, до операции в зависимости от последующей потребности в фенилэфрине (M±σ)

Показатель	Положение	Коррекция гемодинамики интраоперационно	M±σ
АДс, мм рт. ст.	На спине	–	124,4±12,7*
		+	138,2±16,6*
	Через 5' после поворота	–	127,1±11,2*
		+	141,9±16,7*
	Через 20' после поворота	–	124,9±12,5*
		+	138,5±19,2*
АДд, мм рт. ст.	На спине	–	79,1±8,4*
		+	86,5±10,0*
	Через 5' после поворота	–	85,5±8,5*
		+	94,6±9,1*
	Через 20' после поворота	–	84,0±7,4*
		+	91,9±8,4*
САД, мм рт. ст.	На спине	–	94,2±9,3*
		+	103,7±11,9*
	Через 5' после поворота	–	99,3±9,0*
		+	110,4±11,4*
	Через 20' после поворота	–	97,6±8,5*
		+	107,4±11,4*
УИ, мл/м ²	На спине	–	43,4±5,4*
		+	35,8±5,9*
	Через 5' после поворота	–	39,0±5,7*
		+	31,7±4,6*
	Через 20' после поворота	–	40,5±5,4*
		+	32,4±4,3*
СИ, л/мин·м ²	На спине	–	3,21±0,41*
		+	2,84±0,42*
	Через 5' после поворота	–	3,07±0,48*
		+	2,64±0,37*
	Через 20' после поворота	–	3,13±0,43*
		+	2,64±0,38*
УПСС, дин·с·м ⁻² ·см ⁵	На спине	–	2373±325*
		+	2968±494*
	Через 5' после поворота	–	2645±439*
		+	3399±581*
	Через 20' после поворота	–	2537±399*
		+	3310±534*

Примечание: * – p<0,05 при сравнении с пациентами, которым коррекция гемодинамики не проводилась

ПИНГ был рассчитан у всех обследованных пациентов, его значение колебалось от $3,4 \cdot 10^{12}$ до 1. У 25 из 144 пациентов ПИНГ был более 0,5, при этом необходимость в коррекции кровообращения возникла у 23 пациентов, у которых этот показатель был более 0,65. Для дальнейшего изучения состояния гемодинамики во время оперативных вмешательств в положении на животе, выполняемых под СА, все обследованные больные были разделены на 2 группы: 1 (n=121) – пациенты, не требовавшие коррекции кровообращения α_1 адrenomиметиками; 2 (n=23) – пациенты, которым для коррекции гемодинамики потребовалось введение α_1 адrenomиметиков.

Получены следующие результаты сравнения больных двух групп.

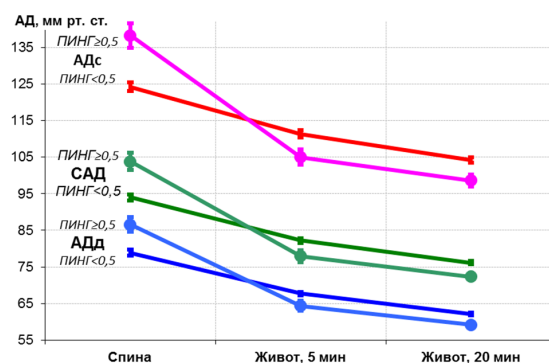
Исходные показатели АД были достоверно выше у пациентов с ПИНГ $\geq 0,5$, однако в дальнейшем несмотря на введение α_1 адrenomиметика фенилэфрина они оказались достоверно ниже (рис. 1). Исходное АДс в подгруппе с ПИНГ $< 0,5$ составило $124,5 \pm 12,7$ мм рт. ст., а в подгруппе с ПИНГ $\geq 0,5$ – $138,2 \pm 16,6$ мм рт. ст. Соответственно АДд находилось на уровне $79,1 \pm 8,4$ и $86,6 \pm 9,9$ мм рт. ст., САД – $94,2 \pm 9,4$ и $103,8 \pm 11,8$ мм рт. ст. Через 5 минут после поворота на живот АДс при ПИНГ $< 0,5$ снизилось до $111,3 \pm 10,8$ мм рт. ст., при ПИНГ $\geq 0,5$ – до $105,0 \pm 10,7$ мм рт. ст., через 20 минут – соответственно до $104,2 \pm 7,6$ и $98,6 \pm 8,2$ мм рт. ст. Динамика САД при ПИНГ $< 0,5$ была следующей: $94,0 \pm 9,2$, $82,2 \pm 7,0$ и $76,1 \pm 5,1$ мм рт. ст., а при ПИНГ $\geq 0,5$ – $103,8 \pm 11,8$, $77,9 \pm 7,8$ и $72,3 \pm 5,1$ мм рт. ст. (все различия между подгруппами достоверны, $p < 0,05$).

Достоверные различия при сравнении двух подгрупп отмечены и в отношении УИ и СИ. Исходный УИ при ПИНГ $< 0,5$ находился на уровне $43,2 \pm 5,4$ мл/м², при ПИНГ $\geq 0,5$ – $35,8 \pm 5,9$ мл/м². Через 5 минут после поворота на живот УИ достоверно снизился в обеих группах: при ПИНГ $< 0,5$ – до $41,8 \pm 5,6$ мл/м² ($p = 0,051$), при ПИНГ $\geq 0,5$ – до $34,6 \pm 5,7$ мл/м² ($p < 0,001$). Через 20 минут при ПИНГ $< 0,5$ УИ практически не изменился ($42,0 \pm 5,7$ мл/м²), как и при ПИНГ $\geq 0,5$ ($34,7 \pm 5,6$).

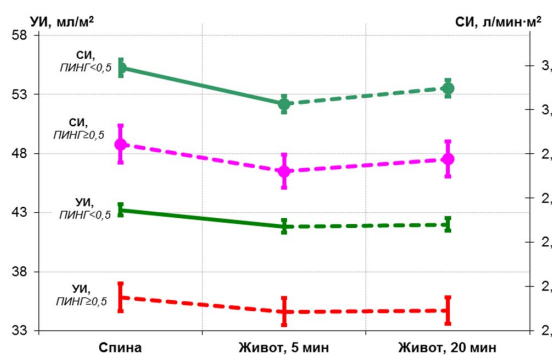
Такая же динамика отмечена при изучении СИ. Исходно при ПИНГ $< 0,5$ он находился на уровне $3,19 \pm 0,40$ л/мин·м², при ПИНГ $\geq 0,5$ – $2,84 \pm 0,42$ л/мин·м². Через 5 минут после поворота на живот при ПИНГ $< 0,5$ он достоверно ($p < 0,03$) снизился до $3,03 \pm 0,41$ л/мин·м², при ПИНГ $\geq 0,5$ – до $2,72 \pm 0,37$ л/мин·м² ($p > 0,2$). Через 20 минут в обеих подгруппах СИ недостоверно повысился соответственно до $3,10 \pm 0,40$ и $2,78 \pm 0,40$ л/мин·м². На всех этапах исследования различия между подгруппами были достоверными ($p < 0,001$).

Исходное УПСС при ПИНГ $< 0,5$ было достоверно ниже ($p < 0,001$), чем при ПИНГ $\geq 0,5$: соответственно 2386 ± 330 и 2968 ± 494 дин·с·м⁻²·см⁻⁵ (рис. 2). Через 5 минут после поворота на живот в обеих подгруппах УПСС достоверно понизилось соответственно до 2207 ± 318 и 2317 ± 304 дин·с·м⁻²·см⁻⁵, причём достоверных различий между подгруппами не за-

фиксировано, что достигнуто благодаря введению фенилэфрина пациентам с ПИНГ $\geq 0,5$. Через 20 минут достоверное снижение УПСС продолжалось в обеих подгруппах: при ПИНГ $< 0,5$ – до 1997 ± 274 , при ПИНГ $\geq 0,5$ – до 2115 ± 279 дин·с·м⁻²·см⁻⁵.



а



б



в

Рис. 1. Гемодинамические показатели во время СА в зависимости от ПИНГ: а – артериальное давление; б – ударный индекс и сердечный индекс; в – удельное периферическое сосудистое сопротивление.

Примечание: сплошные линии графиков указывают на достоверные различия между этапами исследования ($p < 0,05$), штрих-пунктирные линии – на отсутствие достоверных различий ($p > 0,05$)

Доза фенилэфрина у пациентов с ПИНГ $\geq 0,5$ составила $6,02 \pm 2,80$ мкг/кг. При изучении связи между предложенным показателем ПИНГ и необходимой для коррекции гемодинамики дозой фенилэфрина обнаружена тесная корреляционная зависимость между этими показателями, $r = 0,76 \pm 0,09$ (рис. 2).

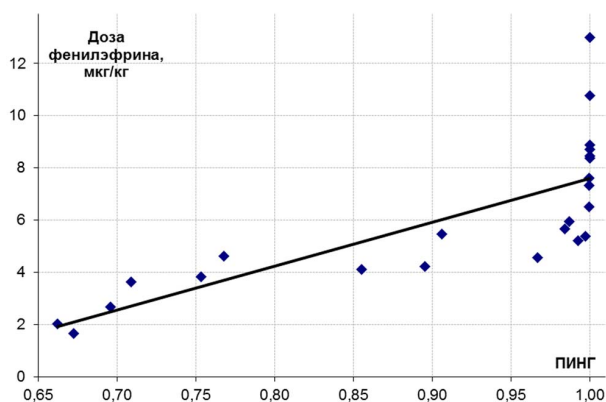


Рис. 2. Зависимость необходимой дозы фенилэфрина от ПИНГ

6. Обсуждение полученных результатов

У $16,0 \pm 3,1$ % пациентов, которым планируется оперативное вмешательство по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника в положении на животе под СА наблюдается некоторое напряжение компенсации кровообращения, проявляющееся тенденцией к артериальной гипертензии, снижением УИ и СИ и повышением УПСС. Результаты исследования не позволяют определить причину и следствие: первичным может быть как некоторое снижение сократительной способности миокарда при компенсаторном увеличении УПСС, так и повышение УПСС по различным причинам (гипертоническая болезнь, психоэмоциональное напряжение) с недостаточной компенсацией со стороны сократительной способности сердца. Большой риск такого состояния имеет место у лиц более молодого возраста с повышенным ИМТ. В любом случае можно сказать, что у таких пациентов сформировался определённый режим кровообращения, удовлетворяющий потребности тканей в кислороде. В одном из последних исследований Shimizu M. et al. [11] с использованием SPECT (single-photon emission computed tomography) на неанестезированных пациентах также показали снижение УИ на 14 % после поворота со спины на живот при отсутствии серьёзных сердечно-сосудистых заболеваний, что соответствует данным нашего исследования. Однако, в исследовании нет данных о влиянии ИМТ на данные показатели, а также не учитывалось изменение ОПСС, которое, по нашим

данным, имеет решающее значение. Исследования АД в различных положениях тела проводились и Tabara Y. et. al. [12]. Они обнаружили статистически значимое снижение АД и рост ЧСС при повороте со спины на живот. Принципиальным отличием их исследования от нашего был тот факт, что они исследовали АД через 1 минуту после поворота, в то время как наши данные отражают гемодинамику, которая уже успела перестроиться под новые условия функционирования.

По нашим данным под влиянием СА происходит снижение УПСС, повышенный уровень которого носит компенсаторный характер. При недостаточных резервах миокарда развивается артериальная гипотензия и снижение СИ, что вынуждает компенсировать снижение УПСС с помощью α_1 адреномиметиков. Однако, как показали недавние исследования [13], у пожилых пациентов снижение УПСС на фоне спинальной анестезии может играть не лидирующую роль в снижении СИ, что требует дальнейших исследований.

Проведённое нами исследование позволило впервые создать математическую модель режима кровообращения пациента, позволяющую предсказать высокий риск нестабильности гемодинамики при проведении СА в положении на животе. Предлагаемый нами показатель ПИНГ проявил тесную корреляционную зависимость от дозы α_1 адреномиметика фенилэфрина, необходимой для адекватной коррекции кровообращения при проведении СА больным, оперируемым в положении на животе. При ПИНГ, равном или превышающем 0,5, следует отказываться от проведения СА при оперативных вмешательствах в положении больного на животе.

7. Выводы

1. Перед проведением оперативных вмешательств в положении на животе под субарахноидальной анестезией целесообразно предоперационное изучение постуральных реакций кровообращения с расчётом прогностического индекса нестабильности гемодинамики (ПИНГ).

2. При ПИНГ $\geq 0,5$ следует воздерживаться от проведения субарахноидальной анестезии, поскольку в этом случае имеется высокий риск дестабилизации гемодинамики во время поворота пациента на живот.

Литература

1. Edgcombe H., Carter K., Yarrow S. Anaesthesia in the prone position // *British Journal of Anaesthesia*. 2008. Vol. 100, Issue 2. P. 165–183. doi: <http://doi.org/10.1093/bja/aem380>
2. Spinal Anesthesia in Elderly Patients Undergoing Lumbar Spine Surgery / Lessing N. L., Edwards C. C., Brown C. H., Ledford E. C., Dean C. L., Lin C., Edwards C. C. // *Orthopedics*. 2016. Vol. 40, Issue 2. P. e317–e322. doi: <http://doi.org/10.3928/01477447-20161219-01>
3. Chinachoti T., Tritrakarn T. Prospective study of hypotension and bradycardia during spinal anesthesia with bupivacaine: incidence and risk factors, part two // *Journal of the Medical Association of Thailand*. 2007. Vol. 90, Issue 3. P. 492–501.
4. Bible J. E., Mirza M., Knaub M. A. Blood-loss Management in Spine Surgery // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018. Vol. 26, Issue 2. P. 35–44. doi: <http://doi.org/10.5435/jaaos-d-16-00184>
5. Non-invasive haemodynamic measurements with Nexfin predict the risk of hypotension following spinal anaesthesia / Ławicka M., Malek A., Antczak D., Wajlonis A., Owczuk R. // *Anestezjologia Intensywna Terapia*. 2015. Vol. 47, Issue 4. P. 303–308. doi: <http://doi.org/10.5603/ait.2015.0048>

6. Does targeted pre-load optimisation by stroke volume variation attenuate a reduction in cardiac output in the prone position / Wu C.-Y., Lee T.-S., Chan K.-C., Jeng C.-S., Cheng Y.-J. // *Anaesthesia*. 2012. Vol. 67, Issue 7. P. 760–764. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2012.07116.x>

7. Predictors of early hypotension during spinal anesthesia / Filho G., Garcia J., Goldschmidt R., Mago A., Cordeiro M., Cecato F. // *Revista Brasileira de Anestesiologia*. 2001. Vol. 51, Issue 4. P. 298–304. doi: <http://doi.org/10.1590/s0034-70942001000400004>

8. Prediction of hypotension during spinal anesthesia for elective cesarean section by altered heart rate variability induced by postural change / Sakata K., Yoshimura N., Tanabe K., Kito K., Nagase K., Iida H. // *International Journal of Obstetric Anesthesia*. 2017. Vol. 29. P. 34–38. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijoa.2016.09.004>

9. Способ прогнозирования потребности коррекции гемодинамики при проведении регионарной анестезии с клофелином: Пат. № 2383298 RU. МПК: А61В 5/02, А61М 19/00, А61К31/4168, А61Р 9/02 / Бегунов А. А., Шигаев М. Ю., Шигаев Ю. Г. № 2008142334/14; заявл. 24.10.2008; опубл. 10.03.2010.

10. Спосіб прогнозування несприятливих змін гемодинаміки на фоні спінальної анестезії: Пат. № 131991 UA. МПК: А61В 5/02 / Лизогуб М. В., Георгиянц М. А., Висоцька О. В., Порван А. П., Лизогуб К. І. № u 2018 08333. заявл. 30.07.2018; опубл. 11.02.2019. Бюл. № 3.

11. Cardiac function changes with switching from the supine to prone position: Analysis by quantitative semiconductor gated single-photon emission computed tomography / Shimizu M., Fujii H., Yamawake N., Nishizaki M. // *Journal of Nuclear Cardiology*. 2015. Vol. 22, Issue 2. P. 301–307. doi: <http://doi.org/10.1007/s12350-014-0058-3>

12. Hypotension Associated with Prone Body Position: A Possible Overlooked Postural Hypotension / Tabara Y., Tachibana-Iimori R., Yamamoto M., Abe M., Kondo I., Miki T., Kohara K. // *Hypertension Research*. 2005. Vol. 28, Issue 9. P. 741–746. doi: <http://doi.org/10.1291/hypres.28.741>

13. Spinal anesthesia-induced hypotension is caused by a decrease in stroke volume in elderly patients / Hofhuizen C., Lemson J., Snoeck M., Scheffer G.-J. // *Local and Regional Anesthesia*. 2019. Vol. 12. P. 19–26. doi: <http://doi.org/10.2147/lra.s193925>

Received date 26.03.2019

Accepted date 11.04.2019

Published date 31.05.2019

Лизогуб Николай Витальевич, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий отделом, отдел анестезиологии и интенсивной терапии, ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М. И. Ситенко НАМН Украины», ул. Пушкинская, 80, г. Харьков, Украина, 61024
E-mail: nlizogub@gmail.com

Георгиянц Маринэ Акоповна, доктор медицинских наук, профессор, проректор по научной работе, кафедра детской анестезиологии и интенсивной терапии, Харьковская медицинская академия последипломного образования, ул. Амосова, 58, г. Харьков, Украина, 61176
E-mail: mgeor@i.ua

Высоцкая Елена Владимировна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра радиоэлектронных и биомедицинских компьютеризированных средств и технологий, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», ул. Чкалова, 17, г. Харьков, Украина, 61070
E-mail: evisotska@ukr.net

Михневич Константин Георгиевич, кандидат медицинских наук, доцент, кафедра медицины неотложных состояний, анестезиологии и интенсивной терапии, Харьковский национальный медицинский университет, пр. Науки, 4, г. Харьков, Украина, 61022
E-mail: kmikhnevich@yahoo.com

Порван Андрей Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры, кафедра радиоэлектронных и биомедицинских компьютеризированных средств и технологий, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», ул. Чкалова, 17, г. Харьков, Украина, 61070
E-mail: a.porvan@khai.edu.ua

Лизогуб Ксения Игоревна, кандидат медицинских наук, кафедра медицины неотложных состояний и медицины катастроф, Харьковская медицинская академия последипломного образования, ул. Амосова, 58, г. Харьков, Украина, 61176
E-mail: kslizogub@gmail.com