

Оценка гемодинамического профиля пациентов в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы

© А.А. СЫЧЕВ, И.А. САВИН, А.И. БАРАНИЧ, Г.В. ДАНИЛОВ, Ю.В. СТРУНИНА, А.В. ОШОРОВ, А.А. ПОЛУПАН

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Артериальная гипотензия в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы (ЧМТ) приводит к снижению уровня церебрального перфузионного давления, что повышает риск формирования ишемических очагов в головном мозге.

Цель исследования. Выполнить анализ гемодинамического профиля у пациентов в остром периоде ЧМТ с применением методики транспульмональной термодилуции (PiCCO).

Материал и методы. Проведено проспективное наблюдательное исследование, в которое включены 54 пациента с тяжелой ЧМТ, поступившие в отделение реанимации и интенсивной терапии в 1—5-е сутки с момента травмы.

Результаты. В большинстве наблюдений наиболее высокие цифры индекса системного сосудистого сопротивления отмечали в 1-е сутки мониторинга, в том числе в связи с выраженной гиповолемией вследствие дегидратации. У большинства пациентов удавалось достигать уровня систолического артериального давления ≥ 100 мм рт.ст., но для более физиологичного состояния системной гемодинамики и микроциркуляции ориентировались на вариабельность ударного объема. При этом удалось снизить дозы симпатомиметиков за счет повышения темпа и объема инфузионной терапии, на фоне чего индекс экстраваскулярной легочной жидкости мог превышать 7 мл на 1 кг массы тела.

Заключение. Коррекцию артериальной гипотензии у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой следует проводить на основании оценки всех составляющих гемодинамики, учитывая индивидуальную вариабельность изменений на том или ином этапе заболевания.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, ЧМТ, гемодинамика, транспульмональная термодилуция, PiCCO, вазопресоры, артериальное давление.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сычев А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-0038-1005>

Савин И.А. — <https://orcid.org/0000-0003-3874-4147>

Баранич А.И. — <https://orcid.org/0000-0002-1167-0742>

Данилов Г.В. — <https://orcid.org/0000-0003-1442-5993>

Струнина Ю.В. — <https://orcid.org/0000-0001-5010-6661>

Ошоров А.В. — <https://orcid.org/0000-0002-3674-252X>

Полупан А.А. — <https://orcid.org/0000-0001-9258-3917>

Автор, ответственный за переписку: Баранич А.И. — e-mail: anastasia.baranich@gmail.com

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Сычев А.А., Савин И.А., Баранич А.И., Данилов Г.В., Струнина Ю.В., Ошоров А.В., Полупан А.А. Оценка гемодинамического профиля пациентов в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы. *Анестезиология и реаниматология*. 2023;3:32–36. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202303132>

Hemodynamic profile in acute period of severe traumatic brain injury

© А.А. SYCHEV, I.A. SAVIN, A.I. BARANICH, G.V. DANILOV, YU.V. STRUNINA, A.V. OSHOROV, A.A. POLUPAN

Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

Arterial hypotension in acute period of severe traumatic brain injury (TBI) reduces cerebral perfusion pressure and increases the risk of ischemic brain damage.

Objective. To analyze hemodynamic profile of patients in acute period of TBI using transpulmonary thermodilution (PiCCO).

Material and methods. A prospective observational study included 54 patients with severe TBI who admitted to intensive care unit in 1—5 days after injury.

Results. In most cases, the highest systemic vascular resistance index was observed on the 1st day of monitoring including due to severe hypovolemia following dehydration. In most patients, we achieved systolic blood pressure ≥ 100 mm Hg. However, we considered stroke volume variability for more physiological state of systemic hemodynamics and microcirculation. It was possible to reduce the doses of sympathomimetics due to higher rate and volume of infusion therapy. Under these conditions, extravascular lung fluid index could exceed 7 ml/kg.

К статье А.А. Сычева и соавт. «Оценка гемодинамического профиля пациентов в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы»

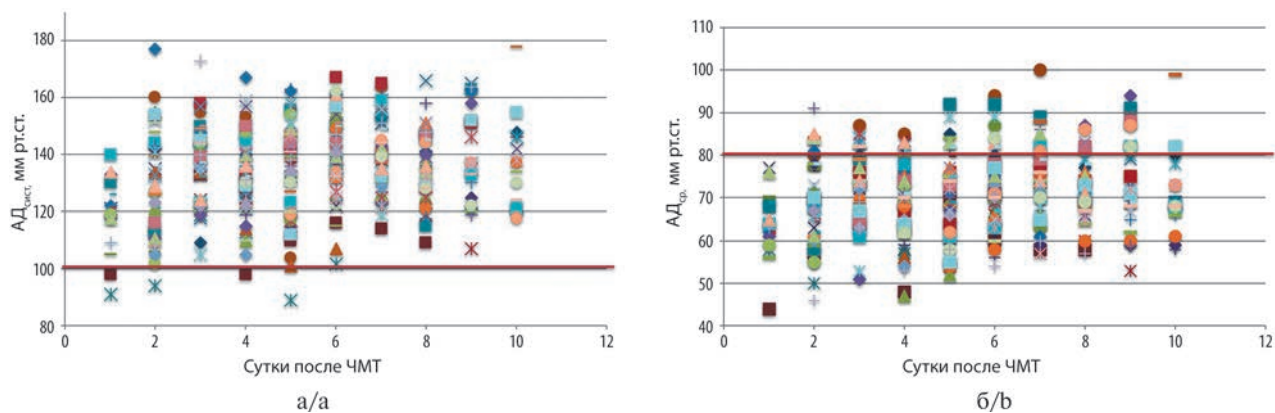


Рис. 1. Динамика уровней артериального давления: а — систолического ($АД_{сисст.}$); б — среднего ($АД_{ср.}$). Нижняя граница параметра отмечена красной линией (согласно рекомендациям [3]).

Fig. 1. Dynamics of blood pressure: a — systolic; b — mean. The lower limit of parameter is marked with a red line (according to the recommendations [3]).

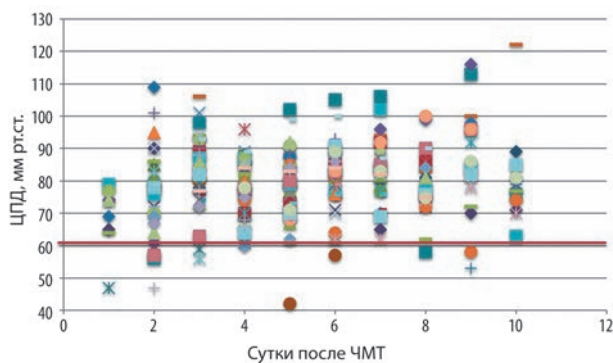


Рис. 2. Динамика уровня церебрального перфузионного давления (ЦПД). Нижняя граница параметра отмечена красной линией (согласно рекомендациям [3]).

Fig. 2. Dynamics of cerebral perfusion pressure. The lower limit of the parameter is marked with a red line (according to the recommendations [3]).

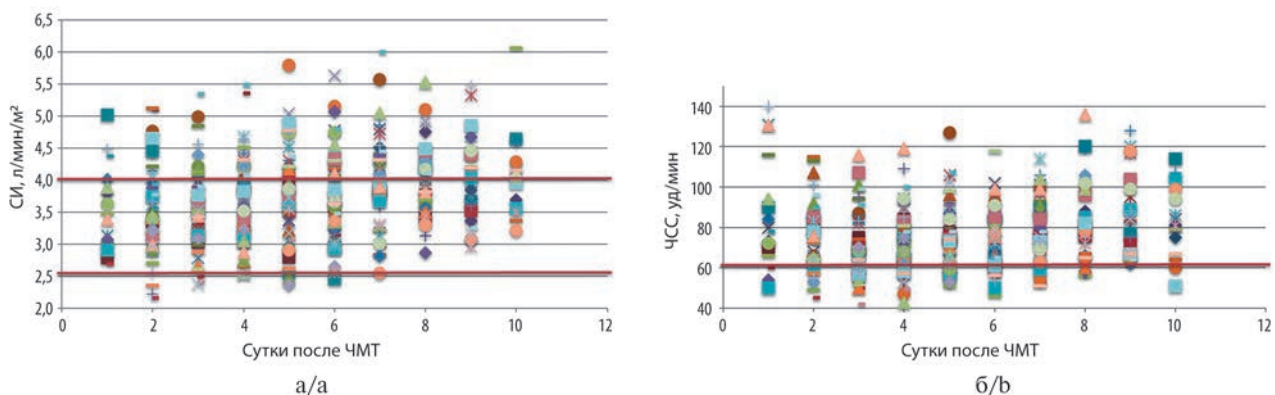


Рис. 3. Динамика сердечного индекса (а) и частоты сердечных сокращений (б). Нижняя граница параметра отмечена красной линией (согласно рекомендациям [3]). СИ — сердечный индекс; ЧСС — частота сердечных сокращений.

Fig. 3. Dynamics of heart index (a) and heart rate (b). The lower limit of the parameter is marked with a red line (according to the recommendations [3]).



К статье А.А. Сычева и соавт. «Оценка гемодинамического профиля пациентов в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы»

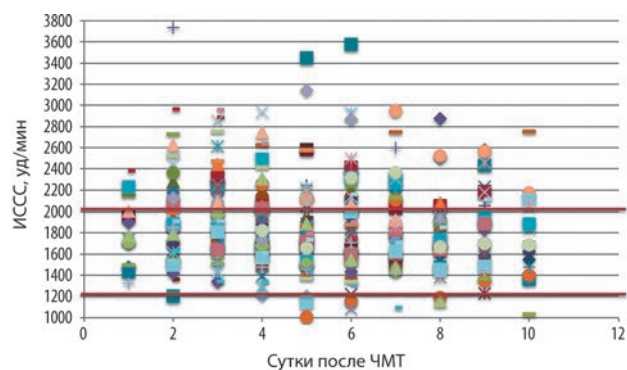


Рис. 4. Динамика индекса системного сосудистого сопротивления (ИССС). Границы параметра отмечены красной линией.

Fig. 4. Dynamics of systemic vascular resistance index. The limits of the parameter are marked with a red line.

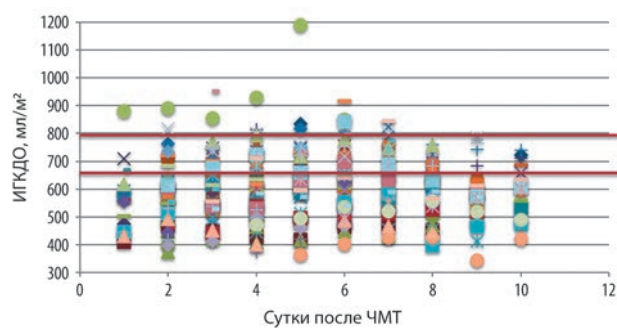


Рис. 6. Динамика индекса глобального конечно-диастолического объема сердца (ИГКДО). Границы параметра отмечены красной линией.

Fig. 6. Dynamics of indexed global end-diastolic volume. The limits of the parameter are marked with a red line.

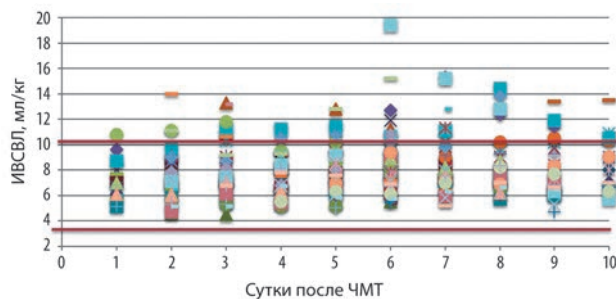


Рис. 7. Динамика индекса внесудистой воды легких (ИВСВЛ). Границы параметра отмечены красной линией.

Fig. 7. Dynamics of extravascular lung water index. The limits of the parameter are marked with a red line.

Conclusion. Correction of arterial hypotension in patients with severe TBI should be based on assessment of all hemodynamic parameters and individual variability of changes at a particular stage of disease.

Keywords: traumatic brain injury, TBI, hemodynamics, transpulmonary thermodilution, PiCCO, vasopressors, blood pressure.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Sychev A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-0038-1005>

Savin I.A. — <https://orcid.org/0000-0003-3874-4147>

Baranich A.I. — <https://orcid.org/0000-0002-1167-0742>

Danilov G.V. — <https://orcid.org/0000-0003-1442-5993>

Strunina Yu.V. — <https://orcid.org/0000-0001-5010-6661>

Oshorov A.V. — <https://orcid.org/0000-0002-3674-252X>

Polupan A.A. — <https://orcid.org/0000-0001-9258-3917>

Corresponding author: Baranich A.I. — e-mail: anastasia.baranich@gmail.com

TO CITE THIS ARTICLE:

Sychev AA, Savin IA, Baranich AI, Danilov GV, Strunina YuV, Oshorov AV, Polupan AA. Hemodynamic profile in acute period of severe traumatic brain injury. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology = Anesteziologiya i Reanimatologiya*. 2023;3:32–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202303132>

Введение

Артериальная гипотензия в остром периоде черепно-мозговой травмы (ЧМТ) может приводить к ухудшению перфузии головного мозга [1], что повышает риск формирования вторичных ишемических повреждений [2]. В рекомендациях по ведению пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой (Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury) отмечено, что уменьшение уровня систолического артериального давления ($AD_{\text{сист}}$) ниже 100 мм рт.ст. является прогностически неблагоприятным фактором [3]. Некоторые авторы считают необходимым поддерживать уровень среднего АД ($AD_{\text{ср}}$) не ниже 80 мм рт.ст. С целью обеспечения целевых значений уровня АД применяют различные инфузионные среды, вазопрессорные и инотропные средства или их сочетание. При этом нерациональное использование вазопрессорных препаратов может привести к повреждениям, связанным с вазоконстрикцией и нарушением микроциркуляции, а излишние объемы инфузионной терапии — к отеку легких, кишечника и т.д.

Мониторинг системной гемодинамики с помощью методики транспульмональной термодилуции (PiCCO) дает информацию обо всех составляющих системной гемодинамики (преднагрузке, постнагрузке и сократительной способности миокарда) и может существенно помочь в принятии клинических решений у пациентов с нестабильной гемодинамикой [4, 5]. Однако проведены только единичные исследования, посвященные инвазивному мониторингу системной гемодинамики у пациентов в остром периоде ЧМТ [6–8].

Цель исследования — выполнить анализ гемодинамического профиля у пациентов в остром периоде ЧМТ с применением методики PiCCO.

Материал и методы

Выполнено проспективное наблюдательное исследование, в которое включены 54 пациента (из них 39 мужчин) с тяжелой (оценка по шкале комы Глазго <9 баллов) ЧМТ, поступившие в отделение реанимации и интенсивной те-

рапии (ОРИТ) в 1–5-е сутки с момента травмы. Средний возраст пациентов 32 ± 16 лет. Летальный исход зарегистрирован у 7 пациентов (в результате некупируемой внутричерепной гипертензии).

Во всех наблюдениях объем интенсивной терапии соответствовал российским и международным рекомендациям терапии острого периода тяжелой ЧМТ [3, 9]. Всем пациентам установлены датчики уровня внутричерепного давления (ВЧД), осуществлялся мониторинг показателей ВЧД и церебрального перфузионного давления (ЦПД). Наблюдение проводили с помощью мониторов Philips IntelliVue MP30/MP40/MP60 (Philips Medizin Systeme Böblingen GmbH, Германия), в которые интегрированы блоки и программы для мониторинга гемодинамики методом PiCCO.

При поступлении пациента в ОРИТ катетеризировали центральную вену (как правило, подключичную), в бедренную артерию устанавливали катетер PiCCO, 5 Fr (PULSION Medical Systems AG, Германия).

Калибровку проводили каждые 6–8 ч введением натрия хлорида изотонического раствора 20 мл, охлажденного до 8°C. Сразу после начала мониторинга и соответствующей калибровки выполняли первую точку оценки показателей работы сердца — фиксировали ударный объем (УО), сердечный выброс (СВ), сердечный индекс (СИ), глобальную фракцию изгнания (ГФИ); постнагрузка — индекс системного сосудистого сопротивления (ИССС); волюметрические показатели — индекс глобального конечно-диастолического объема сердца (ИГКДО), индекс внутригрудного объема крови (ИВГОК), индекс внесосудистой воды легких (ИВСВЛ), индекс проницаемости легочных сосудов (ИПЛС), а также вариабельность ударного объема (ВУО) как динамический показатель эффективности инфузионной терапии.

Средняя продолжительность мониторинга PiCCO составляла 7 [5; 10] сут. Показаниями к прекращению мониторинга PiCCO были: стабилизация гемодинамики, отсутствие дегидратации, необходимости в вазопрессорной или инотропной поддержке, а также признаков гиповолемии.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью пакета программ Statistica 7 (StatSoft Inc., США). При статистической обработке данных нормальность распределения определяли по критерию Колмогорова—Смирнова. Для сравнения групп, выделенных

в результате исследования системной гемодинамики, и анализа применяемых симпатомиметиков использовали критерий Манна—Уитни, при этом различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

При анализе динамики $AD_{сисст}$ выявлено, что за время мониторинга $PiCCO$ этот показатель у большинства (96,3%) пациентов превышал 100 мм рт.ст. (рис. 1 на цв. вклейке), что соответствует рекомендациям специалистов Brain Trauma Foundation [3]. У 2 пациентов выявлено снижение уровня $AD_{сисст} < 100$ мм рт.ст.: у 1 из них при этом уровни ВЧД и ЦПД оставались в пределах нормальных значений; еще 1 пациент поступил в ОРИТ в крайне тяжелом состоянии, с нестабильной гемодинамикой (в связи с чем потребовалось введение комбинации допамина в дозе 22,8 мкг на 1 кг массы тела в 1 мин и фенилэфрина в дозе 1 мкг на 1 кг массы тела в 1 мин) и выраженной внутричерепной гипертензией с развитием клиники дислокации стволых структур и последующим летальным исходом.

Анализируя динамику ЦПД, мы выяснили, что у большинства (89%) пациентов данный показатель оставался в пределах целевых значений за все время мониторинга (рис. 2 на цв. вклейке). Только у 6 пациентов с летальным исходом выявлено снижение уровня ЦПД ниже 60 мм рт.ст.

При этом анализ динамики уровня $AD_{ср}$ показал, что в остром периоде ЧМТ данный показатель не достигал рекомендованных 80 мм рт.ст. у большинства пациентов (см. рис. 1 на цв. вклейке).

При анализе динамики СИ (рис. 3 на цв. вклейке) выявлено, что в 1-е сутки мониторинга у 22% пациентов нарушалась насосная функция сердца, при этом у большинства пациентов СИ не уменьшался ниже 3,00 л/мин/м². Нормальные показатели СИ в 78% случаев можно объяснить сохранной сократительной функцией миокарда у пациентов с тяжелой ЧМТ, адекватно отвечающих на интенсивную терапию. Те же случаи, в которых СИ определялся ниже 3,00 л/мин/м², можно большей частью объяснить развивавшейся у ряда пациентов тенденцией к брадикардии.

Сократительная способность миокарда, оцениваемая по величине ГФИ, в большинстве случаев находилась ближе к верхней границе нормы, при этом только в небольшом количестве наблюдений уменьшалась ниже 25%. Это объясняется адекватной реакцией миокарда на стресс, проводимую интенсивную инфузионную терапию (согласно закону Франка—Старлинга), а также инотропную поддержку.

Показатель постнагрузки ИССС в большинстве случаев находился в пределах физиологической нормы (рис. 4 на цв. вклейке). Преимущественно наиболее высокие цифры ИССС отмечали в 1-е сутки от начала мониторинга, независимо от сроков после травмы. Это явление можно объяснить, во-первых, реакцией на стресс в виде вазоконстрикции сосудистого русла и перераспределительного шока в первые часы после травмы, во-вторых, выраженной гиповолемией вследствие дегидратации, чрезмерного использования маннитола в стационарах первичного звена, в которых не проводился мониторинг гемодинамики и уровня ВЧД и, как следствие, предпринималась тактика «ограничения жидкости», приводящая к централизации кровообращения.

Ориентиром для проведения инфузионной терапии и ее объемов были показатели преднагрузки (ИГКДО, ИВГОК),

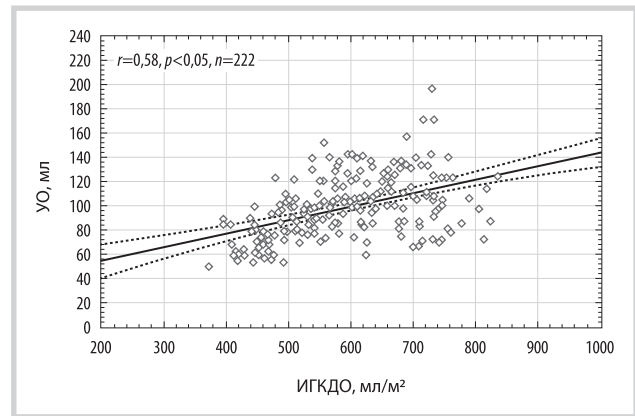


Рис. 5. Корреляция ударного объема (УО) с индексом глобально-конечно-диастолического объема сердца (ИГКДО).

Fig. 5. Correlation of stroke volume with indexed global end-diastolic volume.

ИВСВЛ, а также ВУО. Мы также сравнивали корреляцию УО с ИГКДО и УО с уровнем центрального венозного давления (ЦВД). В первом случае получили достоверную корреляцию ($p=0,0006$) (рис. 5), во втором случае статистически значимой корреляции не было ($p=0,16$).

Как известно, на ЦВД влияют многие факторы, не связанные с фактическим волевым статусом (венозный тонус, внутригрудное давление и комплаенс левого и правого желудочков). В масштабном метаанализе, выполненном P. Marik и соавт., продемонстрирована очень слабая корреляция между ЦВД и объемом циркулирующей крови, а также показана неспособность ЦВД предсказать гемодинамический ответ на введение инфузии. Авторы пришли к выводу, что ЦВД не следует использовать для принятия клинических решений об объеме инфузионной терапии [10].

На протяжении первых 10 сут терапии у большинства наблюдаемых нами пациентов ИГКДО был ниже рекомендованных в литературе границ нормы 680—800 мл/м² (рис. 6 на цв. вклейке). Однозначную оценку этому явлению дать сложно, хотя можно предположить ряд факторов: гиповолемия у пациентов; не всегда достоверно определенная масса тела и т.д. Как следствие, мы не ориентировались на абсолютные цифры ИГКДО, больше принимая во внимание динамику изменения этого показателя.

В качестве показателя безопасности увеличения объемов инфузионной терапии мы использовали ИВСВЛ. В наших исследованиях данный показатель часто был выше рекомендованного уровня 3—7 мл на 1 кг массы тела (рис. 7 на цв. вклейке). Целесообразность использования более высокого уровня данного показателя подчеркивают и другие авторы [11]. В нашей работе критическим для принятия решения об ограничении объемов инфузионной терапии был уровень 10 мл на 1 кг массы тела, хотя клинические признаки отека легких отсутствовали и при ИВСВЛ 15,7 мл на 1 кг массы тела.

Объем инфузионной терапии увеличивали, если отмечался эффект от увеличения преднагрузки; это было безопасно для пациента (ИВСВЛ и его динамика); сохранялась потребность в симпатомиметиках. Положительный эффект от увеличения объема инфузии оценивали по динамическому (функциональному) показателю ВУО. Мы прогнозировали повышение СВ в ответ на нагрузку жидкостью при значении ВУО $> 9,5\%$. Изменения ВУО у каждого

Таблица 1. Показатели инфузионной терапии и применения симпатомиметиков
Table 1. Indicators of infusion therapy and sympathomimetics

Показатель	Сутки после ЧМТ									
	1-е	2-е	3-и	4-е	5-е	6-е	7-е	8-е	9-е	10-е
Инфузионная терапия, мл/кг	17,0 (4,6–35,3)	35,6 (6,0–87,3)	38,9 (5,3–96,7)	45,9 (5,4–100,0)	52,3 (15,6–114,4)	53,2 (15,6–132,5)	50,3 (14,5–116,0)	44,7 (17,4–90,0)	54,8 (16,9–98,0)	55,8 (30,0–114,6)
Норэпинефрин, мкг/кг/мин	0,1 (0–0,4)	0,1 (0–0,8)	0,05 (0–0,3)	0,06 (0–0,3)	0,07 (0–0,6)	0,1 (0–0,9)	0,06 (0–0,3)	0,07 (0–0,5)	0,04 (0–0,3)	0,1 (0–0,3)
Фенилэфрин, мкг/кг/мин	0,3 (0–1,1)	0,7 (0–4,0)	0,5 (0–3,8)	0,6 (0–3,8)	0,6 (0–4,7)	0,7 (0–7,1)	0,5 (0–3,8)	0,7 (0–6,0)	0,4 (0–3,0)	0,4 (0–1,4)
Допамин, мкг/кг/мин	0,8 (0–6,6)	1,6 (0–13,3)	1,1 (0–22,8)	1,3 (0–11,4)	1,8 (0–13,3)	2,0 (0–35)	1,4 (0–13,3)	1,4 (0–11,6)	2,1 (0–13,3)	2,5 (0–12)

Примечание. ЧМТ — черепно-мозговая травма.

Таблица 2. Гемодинамический профиль пациентов в остром периоде черепно-мозговой травмы

Table 2. Hemodynamic profile of patients in acute period of traumatic brain injury

Сутки после ЧМТ	СИ, ГФИ	ИССС	ИГКДО	ИВСВЛ	ИПЛС
1–2-е	↓ или N	↑	↓	↓	↓
3–4-е	↑	↓	N	↑	↑
5–7-е	N или ↑	N	N	N или ↑	N или ↑

Примечание. ЧМТ — черепно-мозговая травма; СИ — сердечный индекс; ГФИ — глобальная фракция изгнания; ИССС — индекс системного сосудистого сопротивления; ИГКДО — индекс глобального конечно-диастолического объема сердца; ИВСВЛ — индекс внесосудистой воды легких; ИПЛС — индекс проницаемости легочных сосудов.

пациента в отдельности, как и все другие показатели гемодинамики, были индивидуальными, хотя средние значения не имели статистически значимых различий ($p > 0,05$). Указанные выше изменения насосной функции и постнагрузки происходили на фоне применения инотропов и вазопрессоров (табл. 1).

В тех случаях, когда у пациентов наблюдали снижение уровня АД, сопровождавшееся тенденцией к снижению ИССС на фоне высокой частоты сердечных сокращений, коррекции гиповолемии и дегидратации, мы отдавали предпочтение препарату, оказывающему в основном α -адренергическое действие, и использовали норэпинефрин. Данное наблюдение составляло 49% от всех случаев вазопрессорной поддержки уровня АД.

Когда было желательным β -адренергическое действие, т.е. при снижении насосной функции сердца, зачастую сопровождавшемся брадикардией, применяли допамин (13% случаев). При этом, несмотря на наличие индивидуальных особенностей гемодинамического профиля каждого пациента, в целом гемодинамические изменения в остром периоде ЧМТ характеризовались некоторыми общими чертами (табл. 2).

Заключение

Коррекцию артериальной гипотензии у пациентов с тяжелой ЧМТ следует проводить на основании оценки всех составляющих гемодинамики, учитывая индивидуальную вариабельность изменений на том или ином этапе заболевания.

У большинства обследованных пациентов удавалось достигать уровня АД_{снет} ≥ 100 мм рт.ст., но для более физиологического состояния системной гемодинамики и микроциркуляции мы ориентировались на динамические параметры ВУО. При этом удалось снизить дозы симпатомиметиков за счет повышения темпа и объема инфузионной терапии, на фоне чего ИВСВЛ мог превышать 7 мл на 1 кг массы тела. В большинстве наблюдений наиболее высокие цифры ИССС отмечены в 1-е сутки от начала мониторинга, независимо от промежутка времени после ЧМТ, в том числе в связи с выраженной гиповолемией вследствие дегидратации. На фоне адекватной инфузионной терапии, восполнения сосудистого русла наблюдалась тенденция к снижению ИССС.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — Сычев А.А., Савин И.А.
Сбор и обработка материала — Сычев А.А., Баранич А.И., Ошоров А.В., Полупан А.А.
Статистический анализ данных — Сычев А.А., Данилов Г.В., Струнина Ю.В.

Написание текста — Сычев А.А., Савин И.А., Баранич А.И.
Редактирование — Сычев А.А., Савин И.А., Баранич А.И.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Kinoshita K. Traumatic brain injury: pathophysiology for neurocritical care. *Journal of Intensive Care*. 2016;4:29. <https://doi.org/10.1186/s40560-016-0138-3>
- Shibahashi K, Sugiyama K, Okura Y, Tomio J, Hoda H, Hamabe Y. Defining Hypotension in Patients with Severe Traumatic Brain Injury. *World Neurosurgery*. 2018;120:667-674. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.142>
- Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GW, Bell MJ, Bratton SL, Chesnut R, Harris OA, Kisson N, Rubiano AM, Shutter L, Tasker RC, Vavilala MS, Wilberger J, Wright DW, Ghajar J. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*. 2017;80(1):6-15. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001432>
- Лекманов А.У., Азовский Д.К., Пономарева Н.А. Мифы и реальность транспульмональной термодилуции у детей. *Анестезиология и реаниматология*. 2021;1:60-64. <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology202101160>
- Самохвалов И.М., Гаврилин С.В., Мешаков Д.П., Недомолкин С.В., Бадалов В.И., Суворов В.В., Супрун Т.Ю., Сохранов М.В., Смирнов С.А. Особенности мониторинга гемодинамики у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2015;12(3):34-40. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2015-12-3-34-40>
- Schulte Esch J, Murday H, Pfeifer G. Haemodynamic changes in patients with severe head injury. *Acta Neurochirurgica*. 1980;54(3-4):243-250. <https://doi.org/10.1007/BF01407091>
- Tamaki T, Isayama K, Yamamoto Y, Teramoto A. Cardiopulmonary haemodynamic changes after severe head injury. *British Journal of Neurosurgery*. 2004;18(2):158-163. <https://doi.org/10.1080/02688690410001681019>
- Yamada R, Katsurada K, Sugimoto T. Haemodynamic defect in patients with severe head injury. *Injury*. 1975;6(4):351-357. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(75\)90192-8](https://doi.org/10.1016/0020-1383(75)90192-8)
- Потапов А.А., Крылов В.В., Гаврилов А.Г., Кравчук А.Д., Лихтерман Л.Б., Петриков С.С., Талыпов А.Э., Захарова Н.Е., Ошоров А.В., Сычев А.А., Александрова Е.В., Солодов А.А. Рекомендации по диагностике и лечению тяжелой черепно-мозговой травмы. Часть 2. Интенсивная терапия и нейромониторинг. *Журнал Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016;80(1):98-106. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(75\)90192-8](https://doi.org/10.1016/0020-1383(75)90192-8)
- Potapov AA, Krylov VV, Gavrilov AG, Kravchuk AD, Likhberman LB, Petrikov SS, Talypov AE, Zakharova NE, Oshorov AV, Sychev AA, Alexandrova EV, Solodov AA. Recommendations for the diagnosis and treatment of severe traumatic brain injury. Part 2. Intensive care and neuromonitoring. *Zhurnal Voprosy neirokhirurgii im. N.N. Burdenko*. 2016;80(1):98-106. (In Russ.)
- Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest*. 2008;134(1):172-178. <https://doi.org/10.1378/chest.07-2331>
- Кузьков В.В., Киров М.Ю. *Инвазивный мониторинг гемодинамики в интенсивной терапии и анестезиологии: монография*. Архангельск: Северный государственный медицинский университет; 2015. <https://doi.org/10.1378/chest.07-2331>

Поступила 26.04.2022
Received 26.04.2022
Принята к печати 23.01.2023
Accepted 23.01.2023