

УДК 616-08-039.35

## НЕИНВАЗИВНАЯ ОККЛЮЗИЯ БЕДРЕННЫХ АРТЕРИЙ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ

<sup>1</sup>Касаткин А.А., <sup>1,2</sup>Ураков А.Л., <sup>1</sup>Уракова Н.А.<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»,  
Ижевск, e-mail: urakoval@live.ru;<sup>2</sup>ФГБУН «Институт механики» Уральского отделения РАН, Ижевск, e-mail: demen@udman.ru.

В ходе проведенных исследований показателей гемодинамики во время сердечно-легочной реанимации (СЛР) пациентов, находящихся в состоянии клинической смерти, разработан новый способ повышения внутриаортального диастолического давления с помощью гипотермической неинвазивной окклюзии бедренных артерий (ГОБА). Механизм повышения диастолического давления обусловлен исключением из кровообращения нижних конечностей, уменьшением емкости сосудистого русла и повышением сопротивления кровотоку, изгоняемому из левого желудочка сердца при компрессии грудной клетки. На основе выявленных закономерностей разработана технология оживления, позволяющая повысить эффективность реанимации. В основе разработанного способа лежит стандартная СЛР, дополненная двухсторонней непрерывной манжеточной окклюзией бедренных артерий и охлаждением нижних конечностей вплоть до появления спонтанного кровообращения. Результаты клинического применения разработанного способа показали, что дополнение стандартной СЛР двусторонней гипотермической ишемией нижних конечностей оптимизирует восстановление спонтанного кровообращения у пациентов, находившихся в состоянии клинической смерти.

**Ключевые слова:** жизнь, температура, реанимация, окклюзия бедренных артерий

## NONINVASIVE OCCLUSION FEMORAL ARTERY AS THE METHOD OF OPTIMIZATION OF CARDIO-PULMONARY RESUSCITATION

<sup>1</sup>Kasatkin A.A., <sup>1,2</sup>Urakov A.L., <sup>1</sup>Urakova N.A.<sup>1</sup>Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, e-mail: urakoval@live.ru;<sup>2</sup>Institute of Mechanics UB RAS, Izhevsk, e-mail: demen@udman.ru

During the studies of hemodynamic parameters during cardiopulmonary resuscitation (CPR) of patients in a state of clinical death, was developed a new method of improving an intra-diastolic pressure with a hypothermic non-invasive femoral artery occlusion (HOFA). The mechanism of increase in diastolic pressure caused by an exception to the circulation of the lower limbs, decreased capacity of the vascular bed and an increase in resistance to blood flow, cast out from the left ventricle of the heart during chest compressions. On the basis of the detected laws reviving the technology that allows you to increase the efficiency of intensive care. At the heart of the developed method based on the standard CPR, augmented continuous two-way cuff occlusion of the femoral artery and cooling of the lower limbs up to the appearance of spontaneous circulation. The results of the clinical application of the developed method showed that the addition of standard CPR bilateral hypothermic ischemia of the lower limbs optimizes restoration of spontaneous circulation in patients who were in a state of clinical death.

**Keywords:** life, temperature, resuscitation, occlusion femoral artery

Применение стандартного комплекса сердечно-легочной и церебральной реанимации при клинической смерти сегодня не гарантирует восстановление спонтанного кровообращения в течение 30 минут, рекомендуемых для оживления [15]. Причиной этому является отсутствие общепринятой технологии выявления признаков обратимости гипоксических повреждений коры головного мозга в случае удлинения периода клинической смерти [17], а также низкая эффективность стандартной реанимации из-за отсутствия повышения величины коронарного перфузионного давления выше 25 мм рт. ст. в периоды компрессии-декомпрессии грудной клетки [16]. Дело в том, что коронарное диастолическое давление менее 25 мм рт. ст. не обеспечивает адекватную коронарную перфузию, поэтому завершается высокой летальностью [14].

В то же время в последние годы показано, что величина коронарного перфузионного давления зависит от показателей внутриаортального диастолического давления. На основе выявленных закономерностей были предложены инвазивные и неинвазивные способы повышения внутриаортального давления во время реанимации, например, путем создания абдоминальной компрессии [13]. Однако применение указанных способов во время проведения реанимации не исключает механических и ишемических повреждений внутренних органов брюшной полости, что снижает их безопасность [12]. Таким образом, в настоящее время отсутствуют неинвазивные способы безопасного и эффективного повышения внутриаортального диастолического давления в период проведения сердечно-легочной реанимации.

**Цель исследования** – повышение эффективности стандартной технологии сердечно-легочной реанимации.

**Материалы и методы исследования**

Клинические проспективные исследования были проведены при реанимации 14 взрослых пациентов с остановкой кровообращения, поступивших в БУЗ УР ГKB № 9 МЗ Удмуртской Республики в 2010–2013 гг. с диагнозом «сочетанная травма, геморрагический шок 3–4 ст.». Пациенты были разделены на 2 группы. В первой группе (группа СЛР) реанимация была проведена по стандартному протоколу сердечно-легочной реанимации у 6 пациентов [6]. Во второй группе одновременно со стандартной СЛР была применена двухсторонняя гипотермическая неинвазивная окклюзия бедренных артерий (группа СЛР + ГНОБА) у 8 пациентов. Искусственное охлаждение нижних конечностей до  $+21,5 \pm 2^\circ\text{C}$  обеспечивалось наружным их охлаждением. Окклюзию бедренной артерии обеспечивали созданием избыточного давления в пределах 180 мм рт. ст. с помощью пневматической манжеты [1], наложенной на верхнюю треть бедра. Оценку обратимости ишемического повреждения нижних конечностей проводили по способу А.Л. Уракова с помощью тепловизора марки ThermoTracer TH9100XX (NEC, USA) в диапазоне температур  $+25\text{--}36^\circ\text{C}$  по изменению цветного изображения дистальных отделов конечностей на экране тепловизора [9, 10]. Инвазивный гемодинамический мониторинг был проведен у всех пациентов по общепринятой методике с помощью системы Schiller ARGUS LCM plus (Швейцария). Статистическая обработка результатов проведена с помощью программы BIOSTAT.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Проведенные нами исследования показали правильность нашего предположения о том, что двухсторонняя гипотермическая неинвазивная окклюзия бедренных артерий (ГНОБА) способна повысить эффективность стандартного комплекса сердечно-легочной реанимации за счет увеличения величины диастолического внутриаортального давления у реанимируемых пациентов, уменьшения времени восстановления у них спонтанного кровообращения в условиях высокой безопасности для пациентов.

Результаты исследований в группе СЛР показали, что стандартный комплекс реанимационных мероприятий позволил восстановить спонтанное кровообращение у 4 (66%) из 6 пациентов. Причем длительность реанимации с момента диагностики клинической смерти до момента восстановления у пациентов спонтанного кровообращения составила  $17 \pm 12$  мин ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 4$ ). Проведенный гемодинамический мониторинг показал, что у 4 выживших пациентов максимальные значения внутриаортального диастолического давления на фоне компрессии грудной клетки достигали

$28 \pm 6$  мм рт. ст. ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 4$ ). У 2-х пациентов, у которых не удалось восстановить работу сердца с помощью применения СЛР в течение 30 минут, максимальные значения внутриаортального диастолического давления составляли 12 и 17 мм рт. ст. соответственно.

Одновременное проведение СЛР и двухсторонней окклюзии бедренных артерий в группе СЛР + ГНОБА привело к восстановлению кровообращения у 7 (85%) из 8 пациентов. При этом восстановление спонтанного кровообращения у выживших пациентов в группе СЛР+ГНОБА наступало раньше, чем у выживших в группе СЛР, и в среднем составило  $9 \pm 6$  минут ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 7$ ). При этом использование ГНОБА как компонента реанимации позволило повысить показатели внутриаортального диастолического давления у выживших пациентов до  $42 \pm 5$  мм рт. ст. ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 7$ ). У 1 умершего пациента из группы СЛР+ГНОБА данный показатель не превышал 23 мм рт. ст. на протяжении 35 минут реанимации.

Для защиты нижних конечностей от ишемического и гипоксического повреждения [2] в период окклюзии бедренных артерий и реанимации нами было использовано охлаждение их поверхностей до температуры  $+21,5 \pm 2,0^\circ\text{C}$ , поскольку известно, что охлаждение ишемизированного участка или органа тела человека до  $20^\circ\text{C}$  позволяет в 2–2,5 раза замедлить развитие ишемического процесса и наступление стадии необратимых ишемических повреждений [7, 8].

Проведенные ранее исследования показали, что конечности здоровых добровольцев, находившихся в помещении с температурой воздуха  $+24\text{--}25^\circ\text{C}$ , изображаются на экране тепловизора многоцветными (в красно-оранжево-желто-зелено-голубых цветах), а их температура находится в диапазоне  $+24,5\text{--}36,4^\circ\text{C}$  [11]. В то же время у пациентов, находящихся в состоянии геморрагического шока, изображение дистальных отделов конечностей на экране тепловизора выглядит моноцветно синим, а значения их температур находятся в диапазоне  $+24,0\text{--}27,5^\circ\text{C}$  [3, 5].

В связи с тем, что снижение температуры дистальных отделов конечностей ниже  $+27,5^\circ\text{C}$  регистрировались не только у пациентов в состоянии шока, но и у здоровых добровольцев, дифференцировать ишемию конечности от адаптационной реакции позволяло выполнение окклюзионного манжеточного теста [4]. Появление гипертермии конечности в постокклюзионном периоде свидетельствовало об отсутствии ишемических и гипоксических повреждений, а ее

отсутствие – о сохранении ишемии конечности.

Мониторинг инфракрасного излучения нижних конечностей, проведенный для оценки безопасности окклюзии бедренных артерий, показал, что в постреанимационном периоде у всех выживших пациентов было зарегистрировано восстановление многоцветного (в красно-желто-зеленом цветах) изображения на экране тепловизора и повышение показателей локальной температуры в дистальных отделах конечностей в среднем с  $+21,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$  до  $+30,2 \pm 4,5^\circ\text{C}$  ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 14$ ) через  $55 \pm 17$  минут ( $P \leq 0,05$ ,  $n = 7$ ) после восстановления кровообращения в конечностях. Восстановление гипертермической реакции при проведении окклюзионного манжеточного теста было зарегистрировано у всех пациентов через 24–48 часов после успешной реанимации.

Таким образом, двухсторонняя холодовая окклюзия бедренных артерий, применяемая одновременно со стандартной сердечно-легочной реанимацией, повышает ее эффективность при оживлении пациентов с сочетанной травмой и тяжелой кровопотерей.

При этом окклюзия бедренных артерий повышает величину внутриаортального диастолического давления у пациентов выше 40 мм рт. ст. и уменьшает в 2 раза сроки восстановления у них спонтанного кровообращения при стандартной сердечно-легочной реанимации. Искусственное охлаждение нижних конечностей до  $+20,5^\circ\text{C}$  у пациентов во время окклюзии бедренных артерий обеспечивает их защиту от ишемического повреждения и не ведет к возникновению простудных заболеваний.

#### Список литературы

1. Касаткин А.А., Ураков А.Л., Уракова Н.А. и др. Способ использования температуры артериальной крови и лекарств для восстановления работы сердца // Заявка на изобретение № 2013106004. 2013.
2. Касаткин А.А. Гипоксия тканей как причина развития полиорганной недостаточности при шоке // Экстренная медицина. – 2012. – № 3. – С. 98–107.
3. Повышение безопасности анестезиолого-реанимационного пособия при длительной искусственной вентиляции легких / А.А. Касаткин, В.А. Руднов, А.Л. Ураков, Н.А. Уракова // Эффективная терапия. – 2009. – Т.15, № 3–4. – С. 97–100.
4. Касаткин А.А., Ураков А.Л., Руднов В.А. и др. Способ определения микроциркуляторных повреждений при шоке и эффективности противошокового лечения: патент России на изобретение № 2480183. 2013 Бюл. № 12.
5. Вызванная постокклюзионная гиперемия рук на экране тепловизора как новый показатель эффективности противогипоксических мероприятий / А.А. Касаткин, А.Я. Мальчиков, А.Л. Ураков и др. // Биль, знеболвання і інтенсивна терапія. – 2012. – № 1-д. – С. 183–184.
6. Мороз В.В., Бобринская И.Г., Васильев В.Ю. Сердечно-легочная и церебральная реанимация. – М.: НИИ ОР РАМН, ГОУ ВПО МГМСУ, 2011. – С. 14–15.
7. Ураков А.Л. Рецепт на температуру. – Ижевск, Удмуртия, 1988. – 80 с.
8. Ураков А.Л. Холод в защиту сердца. // Наука в СССР. – 1987. – № 2. – С. 63–65.
9. Ураков А.Л., Руднов В.А., Касаткин А.А. Способ определения стадии гипоксического повреждения и вероятности оживления по А.Л.Уракову: патент России на изобретение № 2422090. 2011. Бюл. № 18.
10. Многоцветность изображения рук на экране тепловизора как показатель эффективности реанимационных мероприятий при клинической смерти / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, Т.В. Уракова, В.А. Руднов, Б.Г. Юшков, А.А. Касаткин, Т.С. Козлова // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2010. – № 1 (28). – С. 57–59.
11. Влияние кратковременной гипоксии и ишемии на температуру кистей рук и цветовую гамму их изображения на экране тепловизора / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, Т.В. Уракова, А.А. Касаткин, Т.С. Козлова // Медицинский альманах. – 2010. – № 2. – С. 299–301.
12. Babbs C.F. Interposed abdominal compression CPR: a comprehensive evidence based review // Resuscitation. – 2003. – № 59. – P. 71–82.
13. Barranco F. et al. Cardiopulmonary resuscitation with simultaneous chest and abdominal compression: comparative study in humans // Resuscitation. – 1990. – Vol. 20, № 1. – P. 67–77.
14. Delguercio L.R. et al. Comparison of blood flow during external and internal cardiac massage in man // Circulation. – 1965. – № 31(Suppl. 1). – P. 171–80.
15. Nolan J.P. et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 1. Executive summary // Resuscitation. – 2010. – № 81. – P. 1219–1276.
16. Sanders A.B. et al. Importance of the duration of inadequate coronary perfusion pressure on resuscitation from cardiac arrest // JACC. – 1985. – Vol. 6, N. 1. – P. 113–8.
17. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A. Dynamics of temperature and color in the infrared image fingertips hand as indicator of the life and death of a person // Lecture notes of the ICB seminar «Advances of infra-red thermal imaging in medicine» (Warsaw, 30 June – 3 July 2013). Edited by A.Nowakowski, J.Mercer. – Warsaw, 2013. – P. 99–101.

#### References

1. Kasatkin A.A., Urakov A.L., Urakova N.A. et al. Method the use of the temperature of drugs and arterial blood to restore the heart // Claim for a discovery no RU 2013106004. 2013.
2. Kasatkin A.A. Tissue hypoxia as a cause of multiple organ failure in shock // *Ekstremnaya medicina*. 2012, no 3. pp. 98–107.
3. Kasatkin A.A., Rudnov V.A., Urakov A.L., Urakova N.A. Improvement of anesthesia and resuscitation security under long artificial ventilation. *Efferentnaya terapiya*. 2009, T.15, no 3–4. pp. 97–100.
4. Kasatkin A.A., Urakov A.L., Rudnov V.A. Method of determining microcirculatory injuries in case of shock and efficiency of anti-shock treatment. The Patent of Russia. no. 2480183. 2013 Bull. no 12.
5. Kasatkin A.A., Malchikov A.Y., Urakov A.L., Rudnov V.A. et al. Postocclusion hyperemia by hand on the thermal screen as a new indicator of efficiency antihypoxic measures. *Bil, zabolovanie, intensivnaya terapiya*. 2012. no 1s. pp. 183–184.
6. Moroz V.V., Bobrinskaya I.G., Vasilev V.Y. Cardiopulmonary and cerebral resuscitation. M.: SRI GR RASM, 2011. pp. 14–15.

7. Urakov AL. Recipe for temperature. Izhevsk, Udmurtia, 1988. 80 p.
8. Urakov AL. Cold in the heart protection. *Science in the USSR*, 1987, no 2. pp. 63–65.
9. Urakov A.L., Rudnov V.A., Kasatkin A.A. Method of determining stage of hypoxic injury and probability of reanimation by AL Urakov. The Patent of Russia. no 2422090. 2011. Bull. no 18.
10. Urakov A.L., Urakova N.A., Urakova T.V., Rudnov V.A., Yushkov B.G., Kasatkin A.A., Kozlova T.S. Multicolored images of hands on the screen as an indicator of efficiency thermal resuscitation at clinical death. *Bull Ural Med Acad Science*. 2010, no 1 (28). pp. 57–59.
11. Urakov A.L., Urakova N.A., Urakova T.V., Kasatkin A.A., Kozlova T.S. Effect of short-term hypoxia and ischemia on the temperature of the hands and the colors of their images in your thermal. *Medical almanac*, 2010, no 2. pp. 299–301.
12. Babbs C.F. Interposed abdominal compression CPR: a comprehensive evidence based review. *Resuscitation*, 2003, no 59. pp 71–82.
13. Barranco F. et al. Cardiopulmonary resuscitation with simultaneous chest and abdominal compression: comparative study in humans. *Resuscitation*, 1990, Vol. 20, no 1. pp. 67–77.
14. Delguercio L.R. et al. Comparison of blood flow during external and internal cardiac massage in man. *Circulation*, 1965, no 31(Suppl. 1). pp. 171–80.
15. Nolan J.P. et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 1. Executive summary. *Resuscitation*, 2010, no 81. pp. 1219–1276.
16. Sanders A.B. et al. Importance of the duration of inadequate coronary perfusion pressure on resuscitation from cardiac arrest. *JACC*, 1985, Vol. 6, no 1. pp. 113–8.
17. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A. Dynamics of temperature and color in the infrared image fingertips hand as indicator of the life and death of a person // *Lecture notes of the ICB seminar «Advances of infra-red thermal imaging in medicine»* (Warsaw, 30 June – 3 July 2013). Edited by A. Nowakowski, J. Mercer. – Warsaw, 2013. pp. 99–101.

**Рецензенты:**

Белопухов В.М., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии, ГБОУ ДПО «Казанская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Казань;

Шкляев А.Е., д.м.н., доцент кафедры факультетской терапии ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия», г. Ижевск.

Работа поступила в редакцию 07.08.2013.