

МЕХАНИЧЕСКАЯ КОМПРЕССИЯ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЛР: ОПЫТ ИСПОЛЗОВАНИЕ АППАРАТА AUTOPULSE

Р.Э.Мамадаев

*ассистент кафедры Анестезиологии-реаниматологии и
экстренной медицинской помощи*

Андижанский государственный медицинский институт

Резюме. В статье обсуждаются вопросы использования устройств для механической сердечно-легочной реанимации (СЛР), а также опыт использования реанимационной системы для проведения механической компрессии грудной клетки аппаратом AutoPulse (Zoll) при проведении СЛР у 12 пациентов с остановкой кровообращения.

Ключевые слова: сердечно-легочная реанимация, механическая компрессия грудной клетки, остановка кровообращения.

MECHANICAL CHEST COMPRESSION DURING CPR: EXPERIENCE USING THE AUTOPULSE DEVICE

R.E.Mamadayev

*assistant at the Department of Anesthesiology Reanimatology and
emergency medical care*

Andijan State Medical Institute

Summary. The article discusses the use of devices for mechanical cardiopulmonary resuscitation (CPR), as well as the experience of using a resuscitation system to perform mechanical chest compression with the AutoPulse (Zoll) device during CPR in 12 patients with circulatory arrest.

Key words: cardiopulmonary resuscitation, mechanical chest compression, circulatory arrest.

Рождение «непрямого массажа сердца» произошло в 1960 г. с появлением классической работы американских исследователей Уильяма Коуэнховена, Джеймса Джуда и Гая Кникербокера в журнале JAMA [1], поставившей окончательную точку в формировании современного комплекса сердечнолегочной реанимации (СЛР), который был в последующем сформулирован Питером Сафаром. Для объяснения механизма, обеспечивающего кровоток при проведении компрессии грудной клетки, были предложены две теории. Наиболее ранней была теория сердечного насоса (рис. 1А), согласно которой кровоток обусловлен сжатием сердца между грудиной и позвоночником, в результате чего увеличенное внутригрудное давление выталкивает кровь из желудочков в системное и легочное русло. При этом обязательным условием является нормальное функционирование атриовентрикулярных клапанов, предотвращающих ретроградное поступление крови в предсердия. В фазу искусственной диастолы возникающее отрицательное внутригрудное и внутрисердечное давление обеспечивает венозный возврат и заполнение желудочков сердца. Однако в 1980 г. J.T. Niemann, S.F. Vabbs и соавт. открыли, что кашель, повышая внутригрудное давление, ненадолго сохраняет адекватный церебральный кровоток. Этот феномен авторы назвали кашлевой аутореанимацией [2]. Глубокий ритмический усиленный кашель частотой 30–60 в минуту способен поддерживать сознание у обученных пациентов (при катетеризации сердца) в течение первых 30–60 секунд с момента наступления остановки

кровообращения, этого времени достаточно для подключения и использования дефибриллятора. В последующем J. Ducas и соавт. показали, что положительное внутригрудное давление участвует в генерации системного артериального давления (АД). Авторы измерили прямым методом (в лучевой артерии) АД у пациента в состоянии клинической смерти с рефрактерной асистолией при проведении ИВЛ мешком Амбу без проведения компрессии грудной клетки. Было обнаружено, что пики давления на кривых обусловлены ритмичным раздуванием легких. В периоды прекращения ИВЛ фазное давление исчезало, что свидетельствовало о способности положительного внутригрудного давления участвовать в генерации системного АД [3]. Это были первые работы, позволившие обосновать теорию грудного насоса (рис. 1Б), согласно которой кровоток во время компрессии грудной клетки обусловлен увеличением внутригрудного давления, создающего градиент артерио-венозного давления, а легочные сосуды выступают в роли резервуара крови. Атриовентрикулярные клапаны в момент компрессии остаются открытыми, и сердце выступает в роли пассивного резервуара, а не насоса. Подтверждением теории грудного насоса явились данные чреспищеводной эхокардиографии, согласно которым клапаны оставались открытыми. Напротив, в других работах с применением эхокардиографии было показано, что в момент компрессионной систолы атриовентрикулярные клапаны остаются закрытыми, а в фазу искусственной диастолы открываются. Таким образом, по-видимому, оба механизма в той или иной степени участвуют в генерации кровообращения при СЛР. Концепция грудного насоса объясняет, почему компрессия грудной клетки также эффективна у собак, имеющих выраженный вендорсальный размер грудной клетки, что обуславливает большую сложность для сжатия сердца между грудиной и позвоночником. Также находит объяснение с позиции теории грудного насоса тот факт, что при множественных переломах ребер, когда потеряна упругость грудной клетки, обеспечивающая для легких фазу искусственной диастолы, компрессия значительно менее эффективна, хотя, казалось бы, сжимать сердце в этих условиях значительно легче [4]. Согласно данным N.S. Chandra [5], одновременная компрессия грудной клетки и искусственный «вдох» при проведении ИВЛ обеспечивают увеличение мозгового кровотока на 113–643 %. Фундаментальной проблемой искусственного поддержания кровообращения является очень низкий уровень (менее 30 % от нормы) сердечного выброса, создаваемого при компрессии грудной клетки. Правильно проводимая компрессия обеспечивает поддержание систолического АД на уровне 60–80 мм рт.ст., в то время как АД диастолическое редко превышает 40 мм рт.ст. и, как следствие, обуславливает низкий уровень мозгового (30–60 % от нормы) и коронарного (5–20 % от нормы) кровотока. При проведении компрессии грудной клетки коронарное перфузионное давление повышается только постепенно, и поэтому с каждой очередной паузой, необходимой для проведения дыхания «изо рта в рот», оно быстро снижается. Однако проведение нескольких дополнительных компрессий приводит к восстановлению исходного уровня мозговой и коронарной перфузии. Так, было показано, что максимально возможное артериальное давление достигается после 20 предварительных компрессий. В связи с этим отмечалось, что наиболее эффективным соотношением числа компрессий к частоте дыхания является 30 : 2, обеспечивая наиболее оптимальное соотношение между кровотоком и доставкой кислорода [6]. Учитывая вышеизложенное, в современных рекомендациях по проведению СЛР Европейского

совета по реанимации 2010 г. основной акцент поставлен на выполнение условия максимальной минимизации времени на паузы при проведении компрессии грудной клетки, поскольку непрерывность компрессии грудной клетки является основным залогом успеха СЛР. Крайне важным является обеспечение достаточной глубины компрессии грудной клетки, поскольку необходимо отметить, что зачастую реаниматоры не надавливают на грудную клетку достаточно глубоко, что снижает эффективность индуцированного компрессией кровообращения, а соответственно ухудшает исход СЛР [6]. На сегодняшний день оптимизация компрессии грудной клетки в процессе СЛР является одним из ведущих направлений научных исследований, а также стратегии обучения и тренировок медицинского персонала. Факторами эффективности индуцированных компрессиями грудной клетки кровообращения выступают: частота (не менее 100 в минуту), глубина (не менее 5 см у взрослых), отношение времени компрессии (искусственная систола) ко времени релаксации (искусственная диастола) — от 30 до 50 %, а также указанное выше соотношение числа компрессий и частоты искусственных вдохов [7]. Именно повышению эффективности компрессии грудной клетки посвящены исследования по разработке устройств для проведения механической компрессии грудной клетки. В частности был предложен принцип жилетной СЛР (Vest CPR) с использованием большой манжеты, подобной той, что используется для измерения артериального давления. Манжета обхватывала грудную клетку, после чего происходило ее циклическое раздувание и сдувание при помощи пневматической системы, обеспечивая таким образом циклическую компрессию грудной клетки [8]. Хотелось бы отметить, что исторически именно такой принцип был реализован еще в 1950-х годах В.А. Неговским и коллегами в созданном и промышленно выпускавшемся аппарате для проведения ИВЛ — «АМ-1», осуществлявшем искусственное дыхание ритмическим сдавливанием грудной клетки при помощи пневматической манжеты. В момент раздувания манжеты происходил активный «выдох», а в момент сдувания — пассивный «вдох» (рис. 2) [9]. То есть указанный принцип (Vest CPR) широко использовался в СССР еще в 1950-х годах, однако акцент тогда был поставлен на проведении ИВЛ. Первые клинические испытания механической жилетной СЛР были проведены Н.Р. Halperin с соавторами [10] в 1993 году. В результате было отмечено повышение внутриаортального давления по сравнению со стандартной СЛР с 78 до 138 мм рт.ст. и коронарного давления с 15 до 23 мм рт.ст. Жилетная СЛР основана на принципе создания максимального внутриторакального давления за счет сдавливания грудной клетки жилетом (ремнем, манжетой) по окружности (рис. 1В). Одной из таких конструктивных разработок явилась реанимационная система AutoPulse, выпускаемая фирмой Zoll, которая представляет собой модификацию жилетной СЛР с использованием распределяющего нагрузку компрессионного ремня. Необходимо подчеркнуть, что современные технические средства для проведения компрессии грудной клетки способны обеспечить увеличение коронарного и мозгового кровотока или повысить уровень кратковременного выживания, поскольку целый ряд исследований [11–13] показал, что проведение стандартной «ручной» компрессии грудной клетки часто проводится реаниматорами очень плохо. Но при этом необходимо понимать, что использование механических устройств для СЛР не исключает обучения и тренировок с целью постоянной оценки качества проводимой аппаратной компрессии грудной клетки. Система AutoPulse предназначена для реанимации взрослых людей от 18 лет и старше,

весом не более 136 кг с окружностью грудной клетки от 76 до 130 см и шириной грудной клетки от 25 до 38 см. AutoPulse обеспечивает сжатие грудной клетки на 20 % в переднезаднем направлении, а также осуществляет контроль над частотой, длительностью и давлением компрессии грудной клетки. AutoPulse представляет собой устройство, состоящее из щита, на котором располагается пациент, и охватывающего грудную клетку пациента ремня, который при закреплении на пациенте автоматически стягивается вокруг грудной клетки и проводит компрессии. Работает как в непрерывном режиме (в случае протекции дыхательных путей), так и в соотношении 30 : 2, с двумя последовательными паузами по 1,5 с для проведения искусственного дыхания у пациентов без протекции дыхательных путей. Основная часть реанимационной системы — распределяющий нагрузку компрессионный ремень (load-distributing band — LDB), который состоит из покровной пластины и двух жгутов, соединенных с компрессионной накладкой при помощи застежки, и является одноразовым.

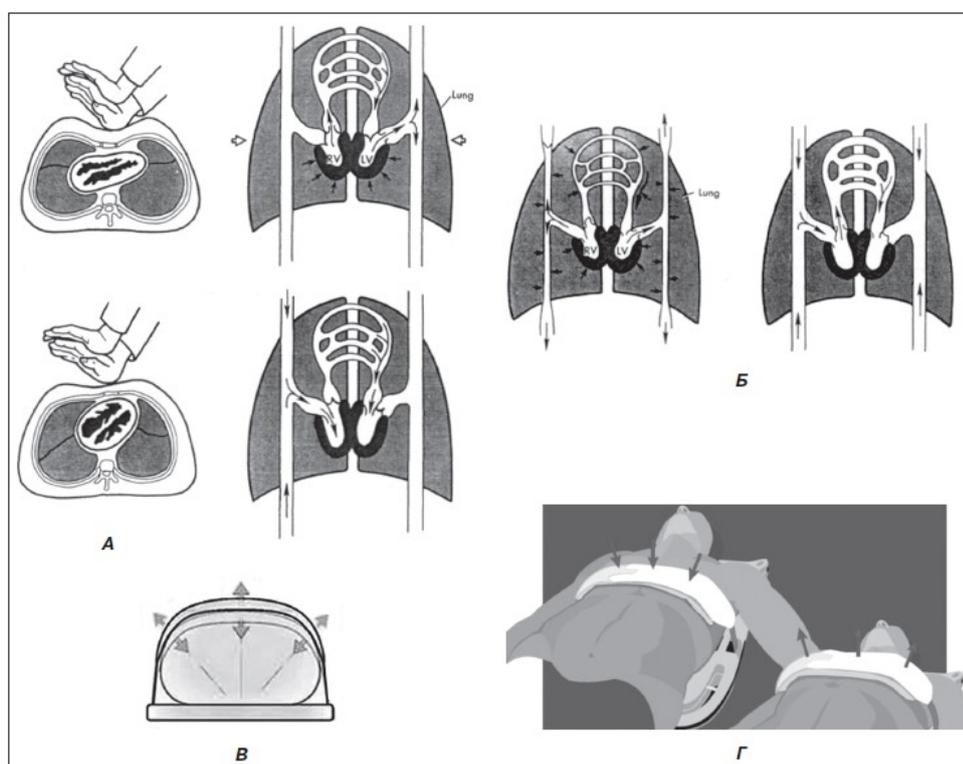


Рисунок 1. Механизм стандартной и механической компрессии грудной клетки. А. Теория сердечного насоса. Б. Теория грудного насоса. В. Механическая жилетная компрессия грудной клетки. Г. Механическая компрессия при помощи распределяющего нагрузку компрессионного ремня, реализованного в AutoPulse

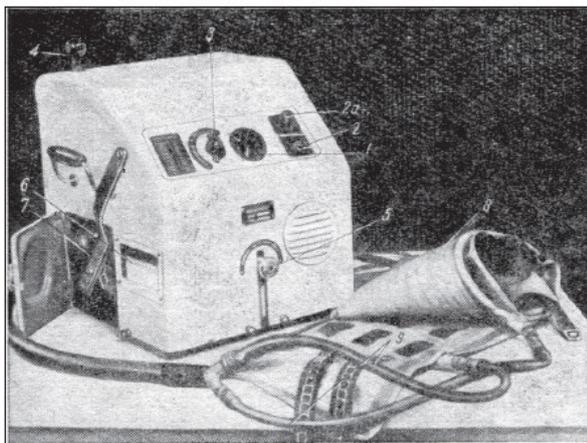


Рисунок 2. Прибор «АМ-1» состоит из аппарата и широких (пяти размеров) двустенных манжет из плотной ткани, которые надевают на грудь больного (пневматические прессы). При нагнетании в манжету воздуха происходит сжатие грудной клетки (активный выдох), а при отсасывании воздуха — ее расширение за счет ее собственных эластических свойств (пассивный вдох) (из «Описания и инструкции по эксплуатации аппарата-манжеты АМ-1». — М.: Главприбор, 1956)

Прикрепленный к платформе AutoPulse ремень автоматически подгоняется под размеры пациента и обеспечивает сжатие грудной клетки. Полукружная компрессия грудной клетки при помощи AutoPulse обеспечивает значительное уменьшение ее объема, а соответственно увеличение внутригрудного давления, без опасности травматических повреждений, поскольку исключается приложение усилия только в одной точке компрессии, как при проведении стандартной СЛР (рис. 1Г). Установка платформы осуществляется сзади в положении пациента полусидя, после чего пациента укладывают на платформу (рис. 3А). Также можно поместить AutoPulse сбоку от пациента и «перекатить» его на платформу. После закрепления ремня и нажатия кнопки «Пуск» аппарат производит автоматическую регулировку ремней под грудной клеткой пациента. В момент, когда AutoPulse анализирует размеры пациента, нельзя прикасаться к нему или к ремню. Необходимо отметить, что неправильное размещение ремней на уровне подмышек пациента может его травмировать (рис. 3Б). Показано, что AutoPulse улучшает кровообращение [14–16]. В исследованиях [17–19] было показано увеличение уровня восстановления спонтанного кровообращения и повышения выживаемости на момент выписки из больницы. При этом необходимо отметить, что мультицентровые исследования продолжаются, поскольку, согласно предыдущим исследованиям [20], не было выявлено влияния на выживаемость пациентов, что, однако, может быть обусловлено выраженной гетерогенностью исследованных групп пациентов, что и было показано в *post hoc* анализе указанного проведенного клинического испытания [21]. Таким образом, будущие исследования должны дать ответ об эффективности данного метода СЛР с позиций доказательной медицины, в связи с чем в настоящее время проводится большое мультицентровое исследование AutoPulse. Реанимационная система AutoPulse также была с успехом использована у пациентов при проведении чрескожного коронарного вмешательства [22] и компьютерной томографии [23]. А также у пациентов, которым требовалось проведение пролонгированной СЛР: с тяжелым общим переохлаждением, отравлениями, массивной тромбоэмболией легочной артерии при

проведении тромболизиса, а также при транспортировке пациентов в условиях скорой медицинской помощи — то есть в тех случаях, когда усталость реаниматора (-ов) может привести к существенному снижению качества СЛР при проведении стандартной компрессии грудной клетки [7, 8]. На догоспитальном этапе AutoPulse может играть кардиальную роль в исходе СЛР у пациентов с остановкой кровообращения, в частности в условиях неблагоприятного или ограниченного пространства (рис. 3В), при переносе пациента к машине скорой медицинской помощи и в момент транспортировки пациента в больницу (когда возможность проведения эффективной стандартной — «ручной» — компрессии грудной клетки очень ограничена), а также при передвижении пациента на каталке во внутрибольничных условиях [24, 25]. Еще одним важным преимуществом использования реанимационной системы AutoPulse является возможность проведения электрической дефибрилляции сердца (с использованием самоклеющихся электродов дефибриллятора) без прекращения проведения компрессии грудной клетки (рис. 3Г) [7]. Нами AutoPulse был использован у 12 пациентов (средний возраст $42,4 \pm 1,1$ года, соотношение мужчин и женщин 10/2) с остановкой кровообращения по механизму фибрилляции желудочков ($n = 4$), асистолии ($n = 8$). Причинами развития остановки кровообращения были: тяжелое общее переохлаждение, политравма и изолированная черепно-мозговая травма.

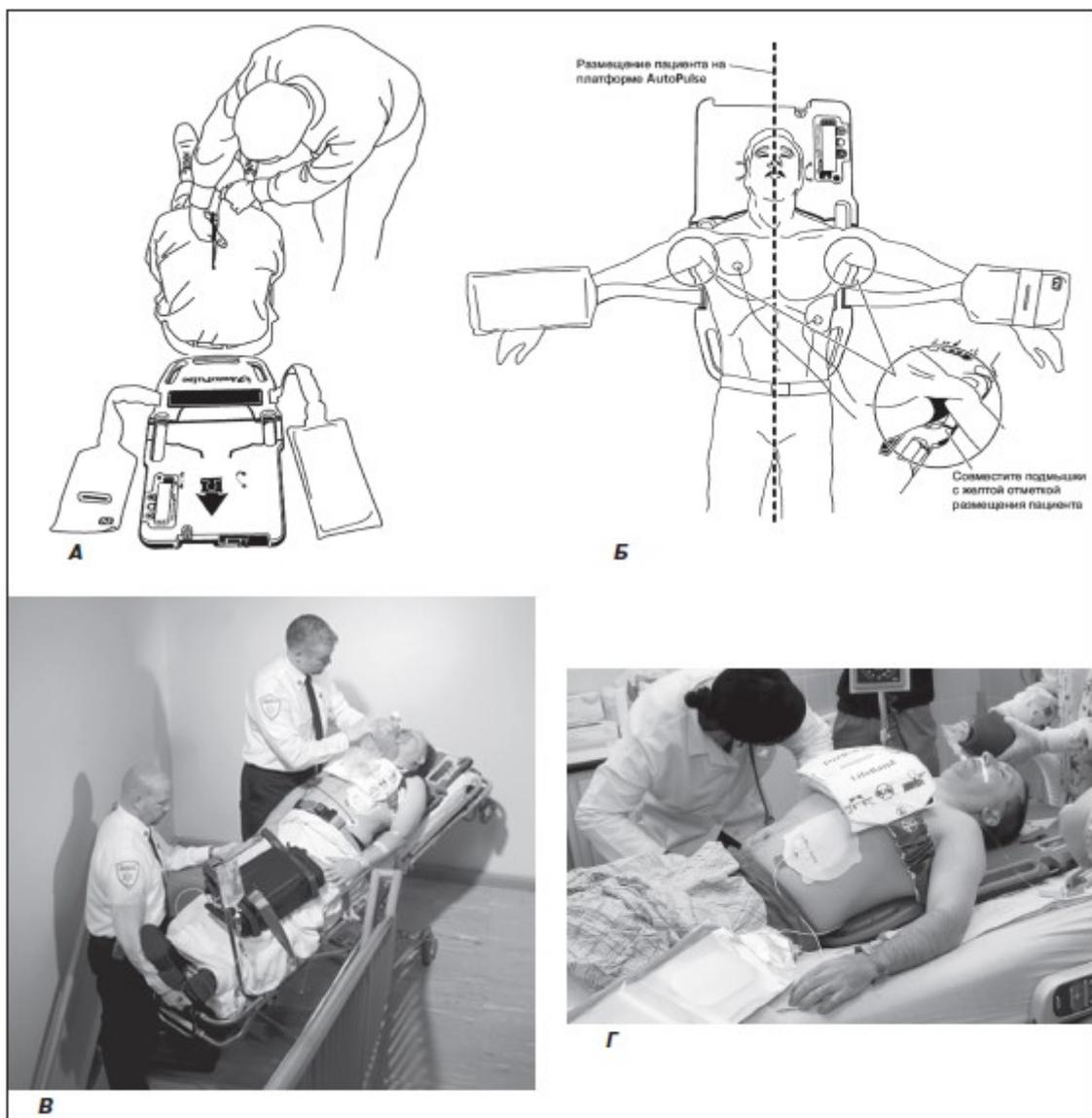


Рисунок 3. Реанимационная система AutoPulse. А. Укладка пациента на платформу. Б. Правильное размещение пациента на платформе и закрепление ремней. В. Перенос пациента. Г. Возможность проведения дефибрилляции без прерывания компрессий грудной клетки

После констатации развития у пациента клинической смерти немедленно начинался стандартный комплекс СЛР, включавший «ручную» компрессию грудной клетки. После чего устанавливали под пациента платформу AutoPulse и подключали его к работе — в среднем подключение реанимационной системы у нас занимало около 30–40 секунд. Но при этом необходимо отметить важность предварительной отработки медперсоналом навыков подключения и эксплуатации аппарата, что позволяет максимально сократить затраты времени на его подключение. Поскольку все пациенты были заинтубированы, мы использовали режим непрерывной компрессии грудной клетки на фоне проводимой ИВЛ. В процессе СЛР подключали кардиомонитор для непрерывной регистрации электрокардиограммы. Весь комплекс СЛР проводили согласно рекомендациям Европейского совета по реанимации 2010 года [6]. В результате проведенного исследования нами было достигнуто восстановление самостоятельного кровообращения у всех 12 пациентов (100 %). Каких-либо осложнений при проведении механической компрессии грудной клетки реанимационной системой AutoPulse выявлено не было. Таким образом, можно сделать следующие **выводы**:

1. Использование реанимационной системы AutoPulse (Zoll) позволяет оптимизировать компрессию грудной клетки при проведении СЛР и освободить руки медперсонала для проведения других манипуляций в процессе реанимации.
2. Использование AutoPulse позволяет повысить эффективность реанимационных мероприятий в случае необходимости их пролонгации более 30 минут.
3. Проведение механической компрессии грудной клетки при помощи системы AutoPulse является безопасным для пациентов.
4. Реанимационная система AutoPulse имеет большой потенциал при проведении СЛР в условиях неблагоприятного или ограниченного пространства, при переносе или транспортировке пациентов прежде всего на догоспитальном этапе, а также во внутрибольничных условиях.

Литература

1. Kouwenhoven W.B., Jude J.R., Knickerbocker G.G. Closet — chest cardiac massage // JAMA. — 1960. — Vol. 173. — P. 1064-1067.
2. Niemann J.T. Current concepts: cardiopulmonary resuscitation // NEJM. — 1992. — Vol. 327. — P. 1075-1080.
3. Ducas J., Roussos C., Karsadis C., Magder S. Thoracoabdominal mechanics during resuscitations maneuvers // Chest. — 1983. — Vol. 84. — P. 446-451.
4. Зильбер А.П. Этюды критической медицины. — М.: Медпресс-информ, 2006. — 568 с.
5. Chandra N.S. Mechanisms of blood flow during CPR // Ann. Emerg. Med. — 1993. — Vol. 22(2, pt.2). — P. 281-288.
6. Deakin C.D., Nolan J.P., Soar J., Sunde K., Koster R.W., Smith G.B., Perkins G.D. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 4. Adult advanced life support // Resuscitation. — 2010. — Vol. 81. — P. 1305-1352.
7. Halperin H.R., Rayburn B.K. Alternate cardiopulmonary resuscitation devices // J.P. Ornato, M.A. Peberdy. Cardiopulmonary Resuscitation. — Humana Press, 2005. — P. 177-197.
8. Halperin H.R., Carver D.J. Mechanical CPR devices // Signa Vitae. — 2010. — Vol. 5(Suppl. 1). — P. 69-73.
9. Неговский В.А. Аппараты для искусственного дыхания. — М.: Медгиз, 1959. — 79 с.
10. Halperin H.R., Tsitlik J.E., Gelfand M. et al. A preliminary study of CPR by circumferential compression of the chest with use of pneumatic vest // NEJM. — 1993. — Vol. 329. — P. 762-768.
11. Kramer-Johansen J., Myklebust H., Wik L. et al. Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study // Resuscitation. — 2006. — Vol. 71. — P. 283-292.
12. Sutton R.M., Maltese M.R., Niles D. et al. Quantitative analysis of chest compression interruptions during in-hospital resuscitation of older children and adolescents // Resuscitation. — 2009. — Vol. 80. — P. 1259-1263.