

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОПАСНОСТИ РАННЕГО ОСТЕОСИНТЕЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ ПРИ ПОЛИТРАВМЕ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ГРУДИ

Ю.Г. Шапкин, П.А. Селиверстов*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Российская Федерация

* Контактная информация: Селиверстов Павел Андреевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России. E-mail: seliverstov.pl@yandex.ru

РЕЗЮМЕ

В обзоре представлены результаты экспериментальных и клинических исследований влияния раннего остеосинтеза при переломе бедренной кости на развитие системных осложнений и исхода политравмы с повреждениями груди. Рассмотрена роль сочетания торакальных повреждений с переломом бедренной кости, а также ее интрамедуллярного остеосинтеза в механизмах формирования местной и системной воспалительной реакции, коагулопатии, жировой и тромбоэмболии в легких, дыхательной недостаточности. Изложены концепции «немедленной тотальной помощи», «контроля ортопедических повреждений» применительно к переломам бедренной кости, сочетанных с травмой груди. Приведены критерии относительной безопасности выполнения окончательного остеосинтеза бедренной кости при политравме с торакальными повреждениями.

Ключевые слова:

политравма, перелом бедренной кости, повреждения груди, легочные осложнения, «второй удар», воспалительный ответ, коагулопатия, контроль скелетных повреждений, интрамедуллярный остеосинтез

Ссылка для цитирования

Шапкин Ю.Г., Селиверстов П.А. Преимущества и опасности раннего остеосинтеза бедренной кости при политравме с повреждениями груди. Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. 2017; 6(3): 238–245. DOI: 10.23934/2223-9022-2017-6-3-238–245

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Благодарности

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота
ИВЛ — искусственная вентиляция легких
ОРДС — острый респираторный дистресс-синдром
ПОН — полиорганная недостаточность
СВР — системная воспалительная реакция
ТЭЛА — тромбоэмболия легочной артерии

Шкала AIS — *Abbreviated Injury Scale*
Шкала ISS — *Injury Severity Scale*
CARS — компенсаторный противовоспалительный ответ
DCO — контроль скелетных повреждений
ETC — немедленная тотальная помощь
SIRS — системный воспалительный ответ

При политравме, определяемой как сочетанная травма с тяжестью повреждений по шкале ISS (*Injury Severity Scale*), составляющей 16 баллов и более [1], переломы бедренной кости встречаются в 11–26% случаев и у подавляющего большинства пациентов требуют хирургического лечения [2, 3]. Ранние операции остеосинтеза бедренной кости являются дополнительной травмой и оказывают существенное влияние на развитие и выраженность воспалительного ответа, коагулопатии, гипоксии, а также связанного с ними вторичного повреждения внутренних органов. Согласно концепции «двойного удара», патологические процессы, развивающиеся вследствие хирургического лечения повреждений, сходны с реакцией на исходную травму («первый удар») и названы «вторым ударом» (*“second hit”*) [1]. Легкие наиболее подвержены вторичному поражению и легочные осложнения развиваются у 20–40% пострадавших с политравмой, являясь причиной смерти в 16–29% случаев ее смертельных исходов [2, 4, 5]. Травму груди выявляют у 10% пострадавших с политравмой, она относится к факторам риска легочных осложнений [3, 6]. При этом значение повреждений легких, переломов костей и операций

остеосинтеза для развития системных осложнений и исхода политравмы до конца не выяснено. Изучение патофизиологических взаимодействий скелетной и торакальной травмы, механизмов поражения легких при феномене «второго удара» может стать основой для разработки и оптимизации концепций лечения переломов костей при политравме с повреждением груди, прогнозирования и профилактики послеоперационных осложнений.

Цель обзора литературы — рассмотреть проблему выбора оптимальных сроков и объема оперативного лечения перелома бедренной кости, сочетанного с травмой груди, на основе современных данных о патофизиологии взаимного отягощения скелетных и торакальных повреждений и влияния раннего остеосинтеза на развитие системных осложнений и исход политравмы.

Проведен поиск литературных источников в базах данных *Medline* и *Elibrary* без ограничений языка, опубликованных в период с 1997 по 2017 г. Основным критерием отбора клинических исследований являлось наличие у пациентов политравмы с тяжестью по шкале ISS, составляющей 16 баллов и более, и включающей в

свой состав переломы бедренной кости и повреждения груди с тяжестью по шкале *AIS* (*Abbreviated Injury Scale*), составляющей 2 балла и более. Из осложнений политравмы основное внимание при отборе источников уделялось острому респираторному дистресс-синдрому (ОРДС), пневмонии, тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА), жировой эмболии, сепсису и полиорганной недостаточности (ПОН); из методов оперативного лечения бедренной кости — интрамедуллярному остеосинтезу и аппаратной внешней фиксации. Также отобраны статьи, содержащие результаты экспериментальных исследований влияния остеосинтеза бедренной кости на показатели воспалительного ответа, коагулопатии и развитие жировой эмболии в моделях сочетанной травмы у животных.

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ ВЗАИМНОГО ОТЯГОЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ И ТОРАКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПРИ ПОЛИТРАВМЕ

Повреждения груди с тяжестью по шкале *AIS*, составляющей 2 балла и более, и переломы бедренной кости имеют значение в формировании при политравме феномена взаимного отягощения повреждений. При этом патологические факторы не просто суммируются, а формируют усугубляющий эффект, проявляющийся в более тяжелом течении каждого повреждения в отдельности, с большим риском развития осложнений и смертельного исхода, чем при изолированной травме [2].

Сочетание перелома бедренной кости, в особенности билатерального, с множественными переломами ребер и повреждениями внутренних органов груди с гемо- и пневмотораксом существенно увеличивает кровопотерю и шокогенность политравмы, повышает вероятность раннего смертельного исхода [7–9].

Перелом бедренной кости, особенно при сочетании с множественными переломами костей таза и голени, служит фактором риска жировой эмболии и ТЭЛА [10]. Жировая эмболия и тромбоэмболия в ветвях легочной артерии ведут к гипертензии в малом круге кровообращения и дыхательной недостаточности, что отягощает травму груди. Жировая эмболия при политравме с переломами костей развивается чаще, чем диагностируется. При сочетанной тяжелой скелетной травме жировая эмболия выявляется у 2–7% выживших [11] и у 57% умерших пациентов, у которых в большинстве случаев сочетается с отеком легких и пневмонией [12].

При политравме легкие наиболее уязвимы для вторичного поражения, в патогенезе которого наибольшее значение придается шоку, иммунным воспалительным реакциям и коагулопатии [13]. Множественные повреждения тканей и шок индуцируют высвобождение про- и противовоспалительных медиаторов, определяющих развитие и дисбаланс иммунных реакций: системного воспалительного ответа (*SIRS*) и компенсаторного противовоспалительного ответа (*CARS*). Повреждение медиаторами воспаления альвеоцитов и эндотелия легочных сосудов, капиллярный тромбоз приводят к нарушению проницаемости альвеолярно-капиллярного барьера, отеку легких, дыхательной недостаточности и инфекционным осложнениям [1]. Тяжелые повреждения груди с оценкой по шкале *AIS*, равной 2 баллам или более, при политравме с переломами бедренной кости являются фактором риска развития ОРДС, пневмонии [14–16], сепсиса [17], ПОН [18] и смертельного исхода [19]. При этом ушиб легких в большей степени влияет на течение иммунных реакций и риск системных осложнений политравмы

[20]. Сочетанная травма груди с ушибом легких у 20–22% пострадавших осложняется ОРДС [13, 21]. Шок и коагулопатия значимо повышают вероятность развития ОРДС и летальность при политравме с ушибом легких [22].

Роль переломов костей в механизме вторичного повреждения легких мало изучена. Клинические и экспериментальные исследования показывают, что переломы костей и повреждения мягких тканей при политравме приобретают роль значимых очагов местной воспалительной реакции. Нейтрофилы и макрофаги составляют наиболее многочисленную популяцию клеток иммунной системы в гематоме в области перелома кости. Продукция активированными в очаге повреждения эффекторными иммунными клетками провоспалительных цитокинов (*IL-6*, *IL-8*, амфотерина *HMGB1*) приводит к усилению локального и системного воспалительного эффекта, вызывающего повреждение легких [23, 24]. В эксперименте на модели сочетания двустороннего ушиба легкого с переломом бедренной кости и повреждением мягких тканей контралатерального бедра отмечена более ранняя и выраженная системная воспалительная реакция (СВР) с высоким уровнем активности миелопероксидазы и апоптоза альвеоцитов, чем при изолированных травмах. При этом уровень узловых молекул адгезии-1 (*JAM-1*) значительно возрастал в плазме и снижался в легочной ткани, что свидетельствовало о дисфункции альвеолярно-капиллярного барьера [25].

Одним из механизмов развития ОРДС при политравме служит поступление в системный кровоток из поврежденной кости и мягких тканей митохондриальных молекулярных структур, ассоциированных с повреждениями (*mtDAMPs*), которые активируют иммунные клетки через *Toll-like* рецепторы (*TLR*) и вызывают воспалительную реакцию в легких [26, 27]. С высвобождением из сломанной кости митохондриальной дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и пептидов также связывают подавление антимикробной функции легких, способствующее развитию нозокомиальной пневмонии при сочетанной травме груди. В эксперименте воспроизведение модели перелома кости у крыс с ушибом легкого приводило к подавлению миграции нейтрофилов в легочную ткань и снижению способности легких очиститься от золотистого стафилококка, введенного в трахею [28].

С СВР связано формирование окислительного стресса, индуцирующего необратимые нарушения метаболизма, гибель клеток и ПОН при политравме. В эксперименте доказано, что множественные переломы костей конечностей вызывают окислительный стресс, оказывающий цитотоксический эффект на легкие и сердце [29].

Таким образом, факторами взаимного отягощения скелетных и торакальных повреждений являются их шокогенность, увеличение кровопотери, усиление СВР и коагулопатии, что приводит к вторичному повреждению легких, повышает частоту эмболических, легочных осложнений и ПОН. Переломы костей и повреждения мягких тканей при политравме становятся значимыми источниками факторов системного воспалительного ответа и окислительного стресса, которые модулируют иммунные реакции и оказывают цитотоксическое действие в легких, усугубляя тяжесть политравмы. Ушиб легких играет одну из ведущих ролей в развитии иммунных реакций и системных осложнений при политравме.

РАННИЙ ОСТЕОСИНТЕЗ И ФЕНОМЕН «ВТОРОГО УДАРА»

Многие исследования свидетельствуют о том, что ранний, в первые 24 ч после получения политравмы, окончательный остеосинтез бедренной кости оказывает протившоковый эффект, позволяет в короткие сроки активизировать пострадавших и уменьшить частоту системных осложнений: синдрома жировой эмболии [11], ОРДС, пневмонии [15], сепсиса, ТЭЛА и ПОН [16, 30–32]. Кроме того, сокращаются продолжительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ), пребывания пациента в отделении интенсивной терапии и общий срок стационарного лечения, существенно улучшаются анатомо-функциональные результаты лечения [32, 33].

Направленность на максимально ранний остеосинтез именно бедренной кости обусловлена тем, что ее не фиксированный перелом в большей степени снижает мобильность больного и увеличивает вероятность гипостатических осложнений. Скелетное вытяжение не обеспечивает стабильности отломков бедренной кости, а их подвижность приводит к дальнейшему повреждению тканей, что способствует прогрессированию СВР, развитию ОРДС, жировой и тромбоэмболии в легких.

У больных с повреждениями груди ранний остеосинтез при переломе бедренной кости особенно необходим, так как снижает риск уже спровоцированных травмой легочных осложнений, частота которых значительно увеличивается при задержке операции более 24 ч [16]. При отсрочке остеосинтеза бедренной кости более 48 ч после получения политравмы повышается летальность, в особенности среди пожилых пациентов [34]. Операции остеосинтеза бедренной кости у пациентов с травмой груди на 3-й–5-е сут, на которые приходится пик развития СВР и метаболических нарушений, создают наибольшую угрозу проявления феномена «второго удара» и развития послеоперационных осложнений [35].

Концепция «немедленной тотальной помощи» (*Early Total Care — ETC*) при сочетанной травме подразумевает окончательную хирургическую фиксацию всех переломов в первые 24–48 ч после получения травмы. Однако ранняя травматичная и продолжительная операция окончательного внутреннего остеосинтеза бедренной кости при политравме усиливает воспалительную реакцию, вызванную первичными повреждениями, приводит к послеоперационной иммунной супрессии и коагулопатии, то есть может вызвать эффект «второго удара». Нарастание провоспалительной иммунной реакции на фоне нарушений микроциркуляции и интерстициального отека в легких способствуют проявлению легочных осложнений [1, 36]. Тяжелая травма груди при политравме с оценкой по шкале AIS равная 2 баллам и более, значительно увеличивает риск развития ОРДС, пневмонии, сепсиса и ПОН после окончательной фиксации переломов бедренной кости [17].

В итоге возникает противоречие между необходимостью максимально ранней стабильной фиксации перелома бедренной кости при политравме с повреждениями груди и опасностью значительного ухудшения состояния и даже смерти больных от такой операции. Необоснованное стремление к окончательной фиксации перелома увеличивает операционную травму и индуцирует эффект «второго удара» с формированием тяжелых системных осложнений, которые нивелируют положительные моменты раннего остеосинтеза.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ОПАСНОСТИ РАННЕГО ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

Закрытый блокируемый интрамедуллярный остеосинтез признан «золотым» стандартом лечения диафизарных переломов длинных костей при политравме. Остеосинтез бедренной кости пластинами травматичен, сопровождается значительной кровопотерей и, следовательно, не оправдан в раннем периоде политравмы. Напротив, интрамедуллярный остеосинтез ввиду малой травматичности и незначительной интраоперационной кровопотери рекомендуют выполнять в первые сутки после травмы, не дожидаясь окончательной стабилизации состояния пострадавшего. У пациентов с политравмой, которым выполнен первичный интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости, не обнаружено значимого дополнительного повышения в крови уровня маркеров активации нейтрофилов (*FcγRII — CD32* и *MAC-1*) [37], *TNF-α*, *IL-6*, *IL-10*, признаков активации коагуляции и фибринолиза, ухудшения кардиореспираторных параметров [38]. СВР определялась «первым ударом» и не была связана с выполнением операции. Но в эксперименте установлено, что после раннего интрамедуллярного остеосинтеза бедренной кости увеличивается выброс в кровь митохондриальной ДНК, уровень которой коррелирует с уровнями цитокинов (*TNF-α* и *IL-10*) в сыворотке крови и выраженностью патогистологических изменений в легких [39].

При раннем интрамедуллярном остеосинтезе бедренной кости при политравме рекомендуется воздерживаться от рассверливания костномозговой полости. Установлена связь между фактом рассверливания канала и повышением в первые сутки после операции уровня маркеров воспаления (*IL-6*, *IL-10*) в крови [40], увеличением количества жировых эмболов в правом предсердии по данным трансэзофагеальной эхокардиографии [41]. Но жировая эмболия, вызванная в эксперименте повышением давления в костномозговом канале бедренной кости его рассверливанием и заполнением костным цементом, не активировала воспалительную реакцию в легких. Только при жировой эмболии на фоне геморрагического шока отмечалось значимое повышение инфильтрации альвеол нейтрофилами и экспрессии ими воспалительных цитокинов (*IL-8* и моноцитарного хемотаксического белка-1 — *MCP-1*) [42]. В другом эксперименте интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости с рассверливанием костномозговой полости у овец приводил к активации лейкоцитов в легочной ткани, но не влиял на показатели газообмена, системы свертывания крови, альвеолярную проницаемость и не вызывал легочную недостаточность [43]. В нескольких экспериментальных исследованиях установлено, что повышение давления в костномозговом канале при рассверливании и введении штифта в бедренную кость вызывает признаки гиперкоагуляции. Изменения параметров коагуляции коррелировали с повышением уровня *IL-6* в крови и выраженностью тромбоэмболии сосудов легких, но опять-таки не вызывали значимых отклонений легочных и гемодинамических функциональных показателей [40, 44, 45].

Однако пациенты с сочетанной травмой груди при интрамедуллярном остеосинтезе с рассверливанием костномозговой полости бедренной кости подвергаются большему риску легочной дисфункции вследствие усугубления операцией коагулопатии, местной воспалительной реакции и жировой эмболии в легких. В эксперименте интрамедуллярный остеосинтез

перелома бедренной кости у мышей с ушибом легкого вызывал более высокий уровень продукции клетками Купфера и альвеолярными макрофагами цитокинов *IL-6*, *TNF-α*, *CCL2*, *CCL3*, *CCL4*, *CCL5* и *CCL7* с большей лейкоцитарной инфильтрацией легких, чем у животных без травмы груди [46]. Введение штифта в костномозговой канал неповрежденной бедренной кости, как с рассверливанием, так и без рассверливания канала, у овец с ушибом легких вызывало более выраженные нарушения в системе свертывания крови, чем у животных без ушиба легких [45]. Между тем, у пациентов жировая эмболия легких, возникающая после интрамедуллярного остеосинтеза бедренной кости, при сочетанной травме груди не приводила к клинически значимым отклонениям в показателях легочной гемодинамики и газообмена в легких. Легочная дисфункция не усугублялась операцией, ее степень определялась ушибом легкого [47–49].

Многие клинические исследования и их мета-анализ показали, что ранний (в течение первых 24 ч) интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости, как с рассверливанием, так и без рассверливания костномозгового канала, у пациентов с тяжелой травмой груди (*AIS* ≥ 2 баллов) не приводит к увеличению продолжительности искусственной вентиляции легких (ИВЛ), частоты ОРДС, пневмонии, синдрома жировой эмболии, ПОН и не приводит к повышению летальности [6, 47, 48, 50, 51]. Частота легочных осложнений, ПОН и летальность у пациентов с политравмой с повреждениями груди значимо не различались независимо от того, применялся ли ранний интрамедуллярный остеосинтез с рассверливанием канала бедренной кости или ее остеосинтез пластинами [52, 53]. В результате был сделан вывод о том, что развитие дыхательной недостаточности, легочных осложнений и летальность связаны не с ранним остеосинтезом и методом хирургической стабилизации переломов бедренной кости, а с тяжестью политравмы и ушиба легкого.

Несмотря на противоречивость экспериментальных и клинических данных, очевидно, что интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости при политравме с повреждениями груди может оказывать существенное влияние на формирование иммунных нарушений, коагулопатии и легочных осложнений. Факторы риска и механизмы «второго удара» после интрамедуллярного остеосинтеза до конца не изучены, но, видимо, связаны с тяжестью политравмы и компенсаторными возможностями организма.

СТРАТЕГИЯ «БЕЗОПАСНОГО ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА» ПРИ ПОЛИТРАВМЕ

Вероятность проявления феномена «второго удара» при политравме существенно увеличивается при выполнении ранней длительной и травматичной операции внутреннего остеосинтеза. В связи с этим для лечения переломов длинных трубчатых костей и нестабильных переломов таза при политравме предложена концепция «контроля скелетных повреждений» (*Damage Control Orthopedics — DCO*), сутью которой является их программное этапное хирургическое лечение. В рамках данной концепции на первом этапе производят малотравматичный быстро выполнимый чрескостный остеосинтез аппаратами внешней фиксации как составную часть противошоковых мероприятий и профилактики осложнений. На втором этапе, в сроки от 5 до 15 сут, после стабилизации состояния пациента, аппараты демонтируют, и осуществляется внутренний стабильно-функциональ-

ный остеосинтез. Применение тактики *DCO* позволяет выполнить окончательный остеосинтез в безопасные сроки, минимизировать явления «второго удара» и тем самым уменьшить частоту послеоперационных осложнений и летальность при политравме [36, 54]. Между тем, до сих пор нет общепринятых четких показаний к применению концепции *DCO* при политравме с повреждениями груди, не определены оптимальные сроки для выполнения этапов хирургического лечения. Недостатками тактики *DCO* являются необходимость повторных операций и более длительного реанимационного этапа лечения, повышенная частота инфекционных осложнений и нарушение процессов консолидации перелома [54, 55].

Для объединения преимуществ концепций *DCO* и *ETC* при политравме R. Pfeifer и H.-C. Pape (2016) предложили стратегию «безопасной окончательной операции» (*Safe Definitive Surgery*), основанную на динамической оценке состояния пациента и адаптации к нему тактики лечения. На основании показателей ацидоза, коагулопатии, гипотермии («триады смерти»), шока и тяжести повреждения тканей (груди, живота, таза, покровных тканей) выделили четыре степени тяжести состояния пострадавших с политравмой: стабильное, пограничное, нестабильное и критическое. При стабильном состоянии возможно применение тактики *ETC* и первичный внутренний остеосинтез. Состояние пограничных и нестабильных пациентов повторно оценивается через 1 ч после интенсивной терапии и если пациент стабилизируется, то допускается окончательный остеосинтез. В противном случае следуют концепции этапного лечения. При критическом состоянии выполняют реанимационные мероприятия и операции только по жизненным показаниям [1].

Если для пострадавших в стабильном и критическом состоянии лечебная тактика достаточно четко определена, то в отношении пациентов в «пограничном» состоянии существуют разногласия в выборе объема операций. К «пограничным» пациентам относят тех, у кого имеются в наличии три и более из следующих критериев: политравма с тяжестью повреждений по шкале *ISS* более 40 баллов или по шкале *ISS* более 20 баллов в сочетании с тяжелой травмой груди (*AIS* более 2 баллов), наличие повреждений живота или таза с геморрагическим шоком (систолическое артериальное давление менее 90 мм рт.ст.), двустороннего перелома бедренной кости, рентгенографические признаки ушиба легкого, гипотермия менее 35°C [1].

Двусторонний ушиб легких значимо увеличивает риск смертельного исхода при политравме [7]. При двустороннем ушибе легкого [54], а также при одностороннем ушибе легкого с повреждением более 25% его объема, по данным компьютерной томографии или магнитно-резонансной томографии, рекомендуют следовать тактике *DCO* [51]. Но в эксперименте у крыс с двусторонним ушибом легких смена даже на 4-е сут внешней аппаратной фиксации перелома бедренной кости на интрамедуллярный остеосинтез значимо в большей степени усиливала СВР, чем у животных без ушиба легких [55].

У пациентов с билатеральным переломом бедренной кости отмечена более высокая тяжесть политравмы по шкале *ISS* [14, 56] и летальность [57], имеет место повышенный риск ОРДС, жировой и ТЭЛА, в особенности при наличии повреждений груди [14]. Сочетание травмы груди с двусторонним переломом бедренной кости значимо увеличивает летальность [19]. Поэтому при такой комбинации повреждений рекомендуется

придерживаться тактики DCO. Экспериментальные исследования на модели двустороннего перелома бедренной кости с шоком показали, что уровень IL-6, IL-10 и TNF- α крови, выраженность патогистологических изменений, жировой эмболии в легких значительно меньше после внешней аппаратной фиксации, чем после интрамедуллярного остеосинтеза [58, 59]. Однако при сравнении летальности в группах больных, сопоставимых по тяжести политравмы по шкале ISS, не выявлено преимуществ тактики DCO перед ETC в лечении билатеральных переломов бедренной кости [60]. Но все же при тяжести политравмы по шкале NISS более 40 баллов следование тактике DCO в лечении билатеральных переломов бедренной кости сопровождалось наименьшей летальностью [9].

Следовательно, при выборе концепции лечения необходимо ориентироваться не только на тяжесть повреждений, но учитывать и физиологические параметры, характеризующие ответ функциональных систем организма на полученные повреждения.

В качестве критериев стабильного состояния и относительной безопасности выполнения окончательного остеосинтеза переломов бедренной кости при политравме предлагаются показатели гемодинамики [8] и спирометрии [61], ацидоза [62, 63], воспалительной реакции [64] и окислительного стресса [65]. Так, повышение уровня сывороточного лактата при политравме коррелирует с длительностью ИВЛ и частотой легочных осложнений после раннего интрамедуллярного остеосинтеза бедренной кости [62]. У пациентов с политравмой с дефицитом оснований менее -5 ммоль/л интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости с рассверливанием костномозговой полости приводил к 12-кратному увеличению риска легочной дисфункции [63]. Уровень лактата крови менее 4,0 ммоль/л, pH крови, равной или более 7,25, или избыток оснований, равный или более +5,5 ммоль/л, определены критериями минимального риска системных осложнений (ОРДС, пневмонии, эмболии легочной артерии, сепсиса), ПОН и смертельного исхода после ранней, в первые 36 ч, окончательной фиксации переломов бедренной кости. Более того, этапное выполнение операций у таких больных повышало частоту осложнений, длительность интенсивной терапии и срок стационарного лечения [66].

Таким образом, выбор тактики DCO или ETC, прежде всего, определяется тяжестью состояния пострадавшего и эффективностью проводимых реанимационных мероприятий. Наличие при политравме повреждений груди, ушиба легкого, билатеральных переломов бедренной кости — еще не повод к отказу от ее раннего окончательного остеосинтеза при стабильном состоянии пациента и реагировании организма на интенсивную терапию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pfeifer R., Pape H.C. Diagnostics and treatment strategies for multiple trauma patients. *Chirurg.* 2016; 87(2): 165–175. PMID: 26830303. DOI: 10.1007/s00104-015-0139-0.
2. Соколов В.А. Множественные и сочетанные травмы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. 512 с.
3. Бондаренко А.В., Герасимова О.А., Лукьянов В.В., и др. Состав, структура повреждений, летальность и особенности оказания помощи у пострадавших на этапах лечения политравмы. *Политравма.* 2014; (1): 15–28.
4. Самохвалов И.М., Рудь А.А., Петров А.Н., и др. Инфекционные осложнения у пострадавших с политравмой. *Здоровье. Медицинская экология.* Наука. 2012; 47–48(1–2): 98–99.
5. Агаджанян В.В., Кравцов С.А., Шаталин А.В., Левченко Т.В. Госпитальная летальность при политравме и основные направления ее снижения. *Политравма.* 2015; (1): 6–15.
6. Liu X., Jiang M., Yi C.L., et al. Early intramedullary nailing for femoral fractures in patients with severe thoracic trauma: A systemic review and meta-analysis. *Chin. J. Traumatol.* 2016; 19(3): 160–163. PMID: 27321297.
7. Huber S., Biberthaler P., Delhey P., et al. Predictors of poor outcomes after significant chest trauma in multiply injured patients: a retrospective analysis from the German Trauma Registry (Trauma Register DGU®). *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2014; 22: 52 PMID: 25204466. DOI: 10.1186/s13049-014-0052-4.
8. Песчанский Р.Е., Танцюра В.П., Дудин А.М., Ярошак В.В. Принципы хирургического лечения пострадавших с сочетанной травмой груди и конечностей. *Вестник неотложной и восстановительной медицины.* 2012; 13(3): 384–386.
9. Willett K., Al-Khateeb H., Kotnis R., et al. Risk of mortality: the relationship with associated injuries and fracture treatment methods

ВЫВОДЫ

Результаты экспериментальных и клинических исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. При политравме факторами взаимного отягощения скелетных и торакальных повреждений служат их шокогенность, увеличение кровопотери, усиление системной воспалительной реакции и вероятности развития эмболических и легочных осложнений, а также полиорганной недостаточности.

2. Ранняя окончательная хирургическая фиксация перелома бедренной кости при политравме с повреждениями груди позволяет уменьшить частоту осложнений (острый респираторный дистресс-синдром, пневмонии, тромбоэмболии легочной артерии, синдрома жировой эмболии, сепсиса и полиорганной недостаточности), снизить летальность и улучшить анатомо-функциональные результаты лечения. Но длительная и травматичная операция может наоборот провоцировать развитие опасных системных осложнений, то есть вызвать эффект «второго удара».

3. Ранний интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости у пострадавших с сочетанной травмой груди может индуцировать и усиливать воспалительную реакцию и жировую эмболию в легких, усугублять коагулопатию и гипоксию. На риск развития дыхательной недостаточности, легочных осложнений и летальность при политравме с повреждениями груди в большей степени влияет не ранний интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости, а тяжесть повреждений и состояния пострадавшего.

4. Стабильность состояния пациента и безопасность выполнения окончательного остеосинтеза бедренной кости у пациентов с травмой груди определяются показателями гемодинамики, гипоксемии, ацидоза, коагулопатии, гипотермии и тяжестью повреждения легких по данным компьютерной томографии.

5. Тактика этапного лечения *Damage Control Orthopedics* позволяет минимизировать риск «второго удара» у нестабильных и «пограничных» пациентов с тяжелыми повреждениями груди.

Перспективными направлениями оптимизации и стандартизации тактики раннего хирургического лечения перелома бедренной кости при политравме с повреждениями груди могут быть:

— дальнейшее изучение иммунных воспалительных реакций на молекулярном и клеточном уровне при сочетании скелетных и торакальных повреждений и феномене «второго удара» после операций остеосинтеза;

— совершенствование систем объективной оценки тяжести политравмы;

— уточнение клинических критериев выбора сроков окончательного остеосинтеза и показаний к применению стратегии *Damage Control Orthopedics*.

- in patients with unilateral or bilateral femoral shaft fractures. *J. Trauma*. 2010; 69(2): 405–410. PMID: 20699750. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181e6138a.
10. Godzik J, McAndrew C.M., Morshed S., et al. Multiple lower-extremity and pelvic fractures increase pulmonary embolus risk. *Orthopedics*. 2014; 37(6): e517–524. PMID: 24972431. DOI: 10.3928/01477447-20140528-50.
 11. Радевская Н.С., Овчинников Л.В. Профилактика синдрома жировой эмболии при тяжелых сочетанных травмах. *Евразийский Союз Ученых*. 2015; (11–1): 159–162.
 12. Панков И.О. Анализ причин летальных исходов пострадавших с тяжелой скелетной политравмой. *Практическая медицина*. 2015; 1(4): 157–160.
 13. Самохвалов И.М., Гаврилин С.В., Супрун А.Ю., и др. Роль ушиба лёгких в патогенезе дыхательных расстройств при тяжёлой сочетанной травме груди. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2011; 8(5): 11–16.
 14. Lane M.K., Nahm N.J., Vallier H.A. Morbidity and mortality of bilateral femur fractures. *Orthopedics*. 2015; 38(7): e588–592. PMID: 26186320. DOI: 10.3928/01477447-20150701-56.
 15. Vallier H.A., Wang X., Moore T.A., et al. Timing of orthopaedic surgery in multiple trauma patients: development of a protocol for early appropriate care. *J. Orthop. Trauma*. 2013; 27(10): 543–551. PMID: 23760182. DOI: 10.1097/BOT.0b013e31829efda1.
 16. Nahm N.J., Como J.J., Wilber J.H., Vallier H.A. Early appropriate care: definitive stabilization of femoral fractures within 24 hours of injury is safe in most patients with multiple injuries. *J. Trauma*. 2011; 71(1): 175–185. PMID: 21336198. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181fc93a2.
 17. Dienstkecht T., Rixen D., Giannoudis P., Pape H.C. Do parameters used to clear noncritically injured polytrauma patients for extremity surgery predict complications? *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013; 471(9): 2878–2884. PMID: 23512748. DOI: 10.1007/s11999-013-2924-8.
 18. Fröhlich M., Lefering R., Probst C., et al. Epidemiology and risk factors of multiple-organ failure after multiple trauma: an analysis of 31,154 patients from the Trauma Register DGU. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(4): 921–928. PMID: 24662853. DOI: 10.1097/TA.0000000000000199.
 19. Cannada L.K., Taghizadeh S., Murali J., et al. Retrograde intramedullary nailing in treatment of bilateral femur fractures. *J. Orthop. Trauma*. 2008; 22(8): 530–534. PMID: 18758283. DOI: 10.1097/BOT.0b013e318183eb48.
 20. Seitz D.H., Perl M., Liener U.C., et al. Inflammatory alterations in a novel combination model of blunt chest trauma and hemorrhagic shock. *J. Trauma*. 2011; 70(1): 189–196. PMID: 20495485. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181d7693c.
 21. Mommsen P., Zeckey C., Andruszkow H., et al. Comparison of different thoracic trauma scoring systems in regards to prediction of post-traumatic complications and outcome in blunt chest trauma. *J. Surg. Res.* 2012; 176(1): 239–247. PMID: 22099585. DOI: 10.1016/j.jss.2011.09.018.
 22. Jin H., Tang L.Q., Pan Z.G., et al. Ten-year retrospective analysis of multiple trauma complicated by pulmonary contusion. *Mil. Med. Res.* 2014; 1: 7. PMID: 25722865. DOI: 10.1186/2054-9369-1-7.
 23. Horst K., Eschbach D., Pfeifer R., et al. Local inflammation in fracture hematoma: results from a combined trauma model in pigs. *Mediators Inflamm.* 2015; 2015: 126060. PMID: 25694748. DOI: 10.1155/2015/126060.
 24. Pfeifer R., Darwiche S., Kohut L., et al. Cumulative effects of bone and soft tissue injury on systemic inflammation: a pilot study. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013; 471 (9): 2815–2821. PMID: 23479238. DOI: 10.1007/s11999-013-2908-8.
 25. Denk S., Wiegner R., Hönes F.M., et al. Early detection of junctional adhesion molecule-1 (JAM-1) in the circulation after experimental and clinical polytrauma. *Mediators Inflamm.* 2015; 2015: 463950. PMID: 26556956. DOI: 10.1155/2015/463950.
 26. Dai H., Xu L., Tang Y., et al. Treatment with a neutralising anti-rat interleukin-17 antibody after multiple-trauma reduces lung inflammation. *Injury* 2015; 46(8): 1465–1470. PMID: 26100210. DOI: 10.1016/j.injury.2015.05.016.
 27. Gan L., Chen X., Sun T., et al. Significance of serum mtDNA concentration in lung injury induced by hip fracture. *Shock*. 2015; 44(1): 52–57. PMID: 25705859. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000366.
 28. Li H., Itagaki K., Sandler N., et al. Mitochondrial damage-associated molecular patterns from fractures suppress pulmonary immune responses via formyl peptide receptors 1 and 2. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2015; 78(2): 272–281. PMID: 25757111. DOI: 10.1097/TA.0000000000000509.
 29. Бочаров С.Н., Кулинский В.И., Лебедь М.Л., и др. Состояние системы глутатиона внутренних органов в условиях множественной скелетной травмы в эксперименте. *Фундаментальные исследования*. 2014; (10-1): 32–36.
 30. Gandhi R.R., Overton T.L., Haut E.R., et al. Optimal timing of femur fracture stabilization in polytrauma patients: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014; 77(5): 787–795. PMID: 25494434. DOI: 10.1097/TA.0000000000000434.
 31. Vallier H.A., Super D.M., Moore T.A., Wilber J.H. Do patients with multiple system injury benefit from early fixation of unstable axial fractures? The effects of timing of surgery on initial hospital course. *J. Orthop. Trauma*. 2013; 27(7): 405–412. PMID: 23287766. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182820eba.
 32. Harvin J.A., Harvin W.H., Camp E., et al. Early femur fracture fixation is associated with a reduction in pulmonary complications and hospital charges: a decade of experience with 1,376 diaphyseal femur fractures. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2012; 73(6): 1442–1449. PMID: 23188236. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182782696.
 33. Шабанова А.Ю. Тактика лечения пострадавших с политравмой в остром периоде травматической болезни. *Пермский медицинский журнал*. 2015; 32(3): 22–28.
 34. Cantu R.V., Graves S.C., Spratt K.F. In-hospital mortality from femoral shaft fracture depends on the initial delay to fracture fixation and Injury Severity Score: a retrospective cohort study from the NTDB 2002–2006. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(6): 1433–1440. PMID: 24854312. DOI: 10.1097/TA.0000000000000230.
 35. Morshed S., Mikhail C., Miclau Iii T. Timing of femoral shaft fracture fixation affects length of hospital stay in patients with multiple injuries. *Open Orthop. J.* 2015; 9: 324–331. PMID: 26312117. DOI: 10.2174/1874325001509010324.
 36. Nicola R. Early total care versus damage control: current concepts in the orthopedic care of polytrauma patients. *ISRN Orthop.* 2013; 2013: 329452. PMID: 24959356. DOI: 10.1155/2013/329452.
 37. Hietbrink F., Koenderman L., Leenen L.P. Intramedullary nailing of the femur and the systemic activation of monocytes and neutrophils. *World J. Emerg. Surg.* 2011; 6: 34. PMID: 22040874. DOI: 10.1186/1749-7922-6-34.
 38. Husebye E.E., Lyberg T., Opdahl H., et al. Intramedullary nailing of femoral shaft fractures in polytraumatized patients. a longitudinal, prospective and observational study of the procedure-related impact on cardiopulmonary- and inflammatory responses. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2012; 20: 2. PMID: 22221511. DOI: 10.1186/1757-7241-20-2.
 39. Gan L., Zhong J., Zhang R., et al. The immediate intramedullary nailing surgery increased the mitochondrial DNA release that aggravated systemic inflammatory response and lung injury induced by elderly hip fracture. *Mediators Inflamm.* 2015; 2015: 587378. PMID: 26273137. DOI: 10.1155/2015/587378.
 40. Husebye E.E., Lyberg T., Opdahl H., Røise O. Intravasation of bone marrow content. Can its magnitude and effects be modulated by low pressurereaming in a porcine model? *Injury*. 2010; 41 (Suppl. 2): S9–15. PMID: 21144936. DOI: 10.1016/S0020-1383(10)70003-6.
 41. Volgas D.A., Burch T., Stannard J.P., et al. Fat embolus in femur fractures: a comparison of two reaming systems. *Injury*. 2010; 41 (Suppl 2): S90–93. PMID: 21144937. DOI: 10.1016/S0020-1383(10)70017-6.
 42. Blankstein M., Byrick R.J., Nakane M., et al. Amplified inflammatory response to sequential hemorrhage, resuscitation, and pulmonary fat embolism: an animal study. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2010; 92(1): 149–161. PMID: 20048107. DOI: 10.2106/JBJS.H.01141.
 43. Aoki S., Yokoyama K., Itoman M. Effects of reamed or unreamed intramedullary nailing under non-damaged conditions on pulmonary function in sheep. *J. Trauma*. 2005; 59(3): 647–658. PMID: 16361908.
 44. Blankstein M., Byrick R.J., Nakane M., et al. A preliminary study of platelet activation after embolization of marrow contents. *J. Orthop. Trauma*. 2012; 26(11): e214–220. PMID: 22473062. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182410560.
 45. Giannoudis P.V., van Griensven M., Hildebrand F., et al. Femoral nailing-related coagulopathy determined by first-hit magnitude: an animal study. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2008; 466(2): 473–480. PMID: 18196434. DOI: 10.1007/s11999-007-0066-6.
 46. Neunaber C., Oestern S., Andruszkow H., et al. Cytokine productive capacity of alveolar macrophages and Kupffer cells after femoral fracture and blunt chest trauma in a murine trauma model. *Immunol. Lett.* 2013; 152(2): 159–166. PMID: 23735227. DOI: 10.1016/j.imlet.2013.05.012.
 47. Handolin L., Pajarinen J., Lassus J., Tulikoura I. Early intramedullary nailing of lower extremity fracture and respiratory function in polytraumatized patients with a chest injury: a retrospective study of 61 patients. *Acta Orthop. Scand.* 2004; 75(4): 477–480. PMID: 15370594.
 48. Anwar I.A., Battistella F.D., Neiman R., et al. Femur fractures and lung complications: a prospective randomized study of reaming. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2004; (422): 71–76. PMID: 15187836.
 49. Weresh M.J., Stover M.D., Bosse M.J., et al. Pulmonary gas exchange during intramedullary fixation of femoral shaft fractures. *J. Trauma*. 1999; 46(5): 863–868. PMID: 10338404.
 50. Jiang M., Li C., Yi C., Tang S. Early intramedullary nailing of femoral shaft fracture on outcomes in patients with severe chest injury: A meta-analysis. *Sci Rep.* 2016; 6: 30566. PMID: 27457468. DOI: 10.1038/srep30566.
 51. Bone L.B., Giannoudis P. Femoral shaft fracture fixation and chest injury after polytrauma. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2011; 93(3): 311–317. PMID: 21266645. DOI: 10.2106/JBJS.J.00334.
 52. Bone L.B., Anders M.J., Rohrbacher B.J. Treatment of femoral fractures in the multiply injured patient with thoracic injury. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1998; (347): 57–61. PMID: 9520875.
 53. Aufmkolk M., Neudeck F., Voggenreiter G., et al. Effect of primary femoral plate osteosynthesis on the course of polytrauma patients with or without thoracic trauma. *Unfallchirurg.* 1998; 101(6): 433–439. PMID: 9677841.

54. Šir M., Pleva L., Procházka V. Multiple trauma — treatment of skeletal injuries with damage control orthopaedics. *Rozhl Chir.* 2014; 93(5): 287–291. PMID: 24891247.
55. Recknagel S., Bindl R., Wehner T., et al. Conversion from external fixator to intramedullary nail causes a second hit and impairs fracture healing in a severe trauma model. *J. Orthop. Res.* 2013; 31(3): 465–471. PMID: 23070742. DOI: 10.1002/jor.22242.
56. Kobbe P., Micansky F., Lichte P., et al. Increased morbidity and mortality after bilateral femoral shaft fractures: myth or reality in the era of damage control? *Injury* 2013; 44(2): 221–225. PMID: 23040674. DOI: 10.1016/j.injury.2012.09.011.
57. O'Toole R.V., Lindbloom B.J., Hui E., et al. Are bilateral femoral fractures no longer a marker for death? *J. Orthop. Trauma.* 2014; 28(2): 77–82. PMID: 23981901. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182a83fdf.
58. Tiansheng S., Xiaobin C., Zhi L., et al. Is damage control orthopedics essential for the management of bilateral femoral fractures associated or complicated with shock? An animal study. *J. Trauma.* 2009; 67(6): 1402–1411. PMID: 20009694. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a7462d.
59. Gray A.C., White T.O., Clutton E., et al. The stress response to bilateral femoral fractures: a comparison of primary intramedullary nailing and external fixation. *J. Orthop. Trauma.* 2009; 23(2): 90–99. PMID: 9169099. DOI: 10.1097/BOT.0b013e31819194c6.
60. Steinhilber E., Lefering R., Tjardes T., et al. A risk-adapted approach is beneficial in the management of bilateral femoral shaft fractures in multiple trauma patients: an analysis based on the trauma registry of the German Trauma Society. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(5): 1288–1293. PMID: 24747462. DOI: 10.1097/TA.0000000000000167.
61. Хмара А.Д., Норкин И.А., Хмара Т.Г. Выбор лечебной тактики у пациентов с сочетанными повреждениями груди и сегментов конечностей. *Фундаментальные исследования.* 2013; (12–1): 89–92.
62. Richards J.E., Matuszewski P.E., Griffin S.M., et al. The role of elevated lactate as a risk factor for pulmonary morbidity after early fixation of femoral shaft fractures. *J. Orthop. Trauma.* 2016; 30(6): 312–318. PMID: 27206261. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000528.
63. Morshed S., Corrales L.A., Lin K., Mclau T. Femoral nailing during serum bicarbonate-defined hypo-perfusion predicts pulmonary organ dysfunction in multi-system trauma patients. *Injury.* 2011 Jul; 42(7): 643–649. PMID: 20678765. DOI: 10.1016/j.injury.2010.07.244.
64. Easton R., Balogh Z.J. Peri-operative changes in serum immune markers after trauma: a systematic review. *Injury.* 2014; 45(6): 934–941. PMID: 24388280. DOI: 10.1016/j.injury.2013.12.002.
65. Lumsdaine W., Easton R.M., Lott N.J., et al. Neutrophil oxidative burst capacity for peri-operative immune monitoring in trauma patients. *Injury.* 2014; 45(8): 1144–1148. PMID: 24815374. DOI: 10.1016/j.injury.2014.04.019.
66. Childs B.R., Nahm N.J., Moore T.A., Vallier H.A. Multiple procedures in the initial surgical setting: when do the benefits outweigh the risks in patients with multiple system trauma? *J. Orthop. Trauma.* 2016; 30(8): 420–425. PMID: 27441760. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000556.
67. patients from the Trauma Register DGU. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(4): 921–928. PMID: 24662853. DOI: 10.1097/TA.0000000000000199.
68. Cannada L.K., Taghizadeh S., Murali J., et al. Retrograde intramedullary nailing in treatment of bilateral femur fractures. *J Orthop Trauma.* 2008; 22(8): 530–534. PMID: 18758283. DOI: 10.1097/BOT.0b013e318183eb48.
69. Seitz D.H., Perl M., Liener U.C., et al. Inflammatory alterations in a novel combination model of blunt chest trauma and hemorrhagic shock. *J Trauma.* 2011; 70(1): 189–196. PMID: 20495485. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181d7693c.
70. Mommsen P., Zeckey C., Andruszkow H., et al. Comparison of different thoracic trauma scoring systems in regards to prediction of post-traumatic complications and outcome in blunt chest trauma. *J Surg Res.* 2012; 176(1): 239–247. PMID: 22099585. DOI: 10.1016/j.jss.2011.09.018.
71. Jin H., Tang L.Q., Pan Z.G., et al. Ten-year retrospective analysis of multiple trauma complicated by pulmonary contusion. *Mil Med Res.* 2014; 1: 7. PMID: 25722865. DOI: 10.1186/2054-9369-1-7.
72. Horst K., Eschbach D., Pfeifer R., et al. Local inflammation in fracture hematoma: results from a combined trauma model in pigs. *Mediators Inflamm.* 2015; 2015: 126060. PMID: 25694748. DOI: 10.1155/2015/126060.
73. Pfeifer R., Darwiche S., Kohut L., et al. Cumulative effects of bone and soft tissue injury on systemic inflammation: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res.* 2013; 471(9): 2815–2821. PMID: 23479238. DOI: 10.1007/s11999-013-2908-8.
74. Denk S., Wiegner R., Hönes F.M., et al. Early detection of junctional adhesion molecule-1 (JAM-1) in the circulation after experimental and clinical polytrauma. *Mediators Inflamm.* 2015; 2015: 463950. PMID: 26556956. DOI: 10.1155/2015/463950.
75. Dai H., Xu L., Tang Y., et al. Treatment with a neutralising anti-rat interleukin-17 antibody after multiple-trauma reduces lung inflammation. *Injury.* 2015; 46(8): 1465–1470. PMID: 26100210. DOI: 10.1016/j.injury.2015.05.016.
76. Gan L., Chen X., Sun T., et al. Significance of serum mtDNA concentration in lung injury induced by hip fracture. *Shock.* 2015; 44(1): 52–57. PMID: 25705859. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000366.
77. Li H., Itagaki K., Sandler N., et al. Mitochondrial damage-associated molecular patterns from fractures suppress pulmonary immune responses via formyl peptide receptors 1 and 2. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015; 78(2): 272–281. PMID: 25757111. DOI: 10.1097/TA.0000000000000509.
78. Bocharov S.N., Kulinskiy V.I., Lebed' M.L. et al. Glutathione system of internal organs in the presence of multiple skeletal trauma in experiment. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2014; (10-1): 32–36. (In Russian).
79. Gandhi R.R., Overton T.L., Haut E.R. et al. Optimal timing of femur fracture stabilization in polytrauma patients: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 77(5): 787–795. PMID: 25494434. DOI: 10.1097/TA.0000000000000434.
80. Vallier H.A., Super D.M., Moore T.A., Wilber J.H. Do patients with multiple system injury benefit from early fixation of unstable axial fractures? The effects of timing of surgery on initial hospital course. *J Orthop Trauma.* 2013; 27(7): 405–412. PMID: 23287766. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182820eba.
81. Harvin J.A., Harvin W.H., Camp E. et al. Early femur fracture fixation is associated with a reduction in pulmonary complications and hospital charges: a decade of experience with 1,376 diaphyseal femur fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012; 73(6): 1442–1449. PMID: 23188236. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182782696.
82. Shabanova A. Yu. Management tactics for sufferers with polytrauma in acute period of traumatic disease. *Permskiy meditsinskiy zhurnal.* 2015; 32(3): 22–28. (In Russian).
83. Pfeifer R., Pape H.C. Diagnostics and treatment strategies for multiple trauma patients. *Chirurg.* 2016; 87(2): 165–175. PMID: 26830303. DOI: 10.1007/s00104-015-0139-0.
84. Sokolov V.A. *Multiple and associated injuries.* Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2006. 512 p. (In Russian).
85. Bondarenko A.V., Gerasimova O.A., Luk'yanov V.V., et al. Composition, structure of injuries, mortality and features of rendering assistance for patients during treatment of polytrauma. *Politrazma.* 2014; (1): 15–28. (In Russian).
86. Samokhvalov I.M., Rud' A.A., Petrov A.N., et al. Infectious complications in patients with multiple injuries. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka.* 2012; 47–48(1–2): 98–99. (In Russian).
87. Agadzhanian V.V., Kravtsov S.A., Shatalin A.V., Levchenko T.V. Hospital mortality in polytrauma and main directions for its decrease. *Politrazma.* 2015; (1): 6–15. (In Russian).
88. Liu X., Jiang M., Yi C.L., et al. Early intramedullary nailing for femoral fractures in patients with severe thoracic trauma: A systemic review and meta-analysis. *Chin J Traumatol.* 2016; 19(3): 160–163. PMID: 27321297.
89. Huber S., Biberthaler P., Delhey P. et al. Predictors of poor outcomes after significant chest trauma in multiply injured patients: a retrospective analysis from the German Trauma Registry (Trauma Register DGU®). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2014; 22: 52. PMID: 25204466. DOI: 10.1186/s13049-014-0052-4.
90. Peschanskiy R.E., Tantsyura V.P., Dudin A.M., Yaroshchak V.V. Principles of surgical treatment of patients with combined trauma of chest and extremities. *Vestnik neotlozhnoy i vosstanovitel'noy meditsiny.* 2012; 13(3): 384–386. (In Russian).
91. Willett K., Al-Khatieb H., Kotnis R., et al. Risk of mortality: the relationship with associated injuries and fracture treatment methods in patients with unilateral or bilateral femoral shaft fractures. *J Trauma.* 2010; 69(2): 405–410. PMID: 20699750. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181e6138a.
92. Godzik J., McAndrew C.M., Morshed S. et al. Multiple lower-extremity and pelvic fractures increase pulmonary embolus risk. *Orthopedics.* 2014; 37(6): e517–524. PMID: 24972431. DOI: 10.3928/01477447-20140528-50.
93. Radevskaya N.S., Ovchinnikov L.V. Prevention of fat embolism syndrome with severe concomitant injuries. *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh.* 2015; (11–1): 159–162. (In Russian).
94. Pankov I.O. Analysis of the causes of deaths of patients with severe skeletal polytrauma. *Prakticheskaya meditsina.* 2015; 1(4): 157–160. (In Russian).
95. Samokhvalov I.M., Gavrilin S.V., Suprun A.Yu., et al. Implication of pulmonary contusion in the pathogenesis of respiratory disorders in severe concomitant chest trauma. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii.* 2011; 8(5): 11–16. (In Russian).
96. Lane M.K., Nahm N.J., Vallier H.A. Morbidity and mortality of bilateral femur fractures. *Orthopedics.* 2015; 38(7): e588–592. PMID: 26186320. DOI: 10.3928/01477447-20150701-56.
97. Vallier H.A., Wang X., Moore T.A., et al. Timing of orthopaedic surgery in multiple trauma patients: development of a protocol for early appropriate care. *J Orthop Trauma.* 2013; 27(10): 543–551. PMID: 23760182. DOI: 10.1097/BOT.0b013e31829efda1.
98. Nahm N.J., Como J.J., Wilber J.H., Vallier H.A. Early appropriate care: definitive stabilization of femoral fractures within 24 hours of injury is safe in most patients with multiple injuries. *J Trauma.* 2011; 71(1): 175–185. PMID: 21336198. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181fc93a2.
99. Dienstknacht T., Rixen D., Giannoudis P., Pape H.C. Do parameters used to clear noncritically injured polytrauma patients for extremity surgery predict complications? *Clin Orthop Relat Res.* 2013; 471(9): 2878–2884. PMID: 23512748. DOI: 10.1007/s11999-013-2924-8.
100. Fröhlich M., Lefering R., Probst C., et al. Epidemiology and risk factors of multiple-organ failure after multiple trauma: an analysis of 31,154

34. Cantu R.V., Graves S.C., Spratt K.F. In-hospital mortality from femoral shaft fracture depends on the initial delay to fracture fixation and Injury Severity Score: a retrospective cohort study from the NTDB 2002-2006. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(6): 1433–1440. PMID: 24854312. DOI: 10.1097/TA.0000000000000230.
35. Morshed S., Mikhail C., Miclau Iii T. Timing of femoral shaft fracture fixation affects length of hospital stay in patients with multiple injuries. *Open Orthop J.* 2015; 9: 324–331. PMID: 26312117. DOI: 10.2174/187432501509010324.
36. Nicola R. Early total care versus damage control: current concepts in the orthopedic care of polytrauma patients. *ISRN Orthop.* 2013; 2013: 329452. PMID: 24959356. DOI: 10.1155/2013/329452.
37. Hietbrink F., Koenderman L., Leenen L.P. Intramedullary nailing of the femur and the systemic activation of monocytes and neutrophils. *World J Emerg Surg.* 2011; 6: 34. PMID: 22040874. DOI: 10.1186/1749-7922-6-34.
38. Husebye E.E., Lyberg T., Opdahl H., et al. Intramedullary nailing of femoral shaft fractures in polytraumatized patients. a longitudinal, prospective and observational study of the procedure-related impact on cardiopulmonary- and inflammatory responses. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2012; 20: 2. PMID: 22221511. DOI: 10.1186/1757-7241-20-2.
39. Gan L., Zhong J., Zhang R., et al. The immediate intramedullary nailing surgery increased the mitochondrial DNA release that aggravated systemic inflammatory response and lung injury induced by elderly hip fracture. *Mediators Inflamm.* 2015; 2015: 587378. PMID: 26273137. DOI: 10.1155/2015/587378.
40. Husebye E.E., Lyberg T., Opdahl H., Roise O. Intravasation of bone marrow content. Can its magnitude and effects be modulated by low pressurereaming in a porcine model? *Injury.* 2010; 41 (Suppl 2): S9–15. PMID: 21144936. DOI: 10.1016/S0020-1383(10)70003-6.
41. Volgas D.A., Burch T., Stannard J.P., et al. Fat embolus in femur fractures: a comparison of two reaming systems. *Injury.* 2010; 41 (Suppl 2): S90–93. PMID: 21144937. DOI: 10.1016/S0020-1383(10)70017-6.
42. Blankstein M., Byrick R.J., Nakane M., et al. Amplified inflammatory response to sequential hemorrhage, resuscitation, and pulmonary fat embolism: an animal study. *J Bone Joint Surg. Am.* 2010; 92(1): 149–161. PMID: 20048107. DOI: 10.2106/JBJS.H.01141.
43. Aoki S., Yokoyama K., Itoman M. Effects of reamed or unreamed intramedullary nailing under non-damaged conditions on pulmonary function in sheep. *J Trauma.* 2005; 59(3): 647–658. PMID: 16361908.
44. Blankstein M., Byrick R.J., Nakane M., et al. A preliminary study of platelet activation after embolization of marrow contents. *J Orthop Trauma.* 2012; 26(11): e214–220. PMID: 22473062. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182410560.
45. Giannoudis P.V., van Griensven M., Hildebrand F., et al. Femoral nailing-related coagulopathy determined by first-hit magnitude: an animal study. *Clin Orthop Relat Res.* 2008; 466(2): 473–480. PMID: 18196434. DOI: 10.1007/s11999-007-0066-6.
46. Neunaber C., Oestern S., Andruszkow H., et al. Cytokine productive capacity of alveolar macrophages and Kupffer cells after femoral fracture and blunt chest trauma in a murine trauma model. *Immunol Lett.* 2013; 152(2): 159–166. PMID: 23735227. DOI: 10.1016/j.imlet.2013.05.012.
47. Handolin L., Pajarinen J., Lassus J., Tulikoura I. Early intramedullary nailing of lower extremity fracture and respiratory function in polytraumatized patients with a chest injury: a retrospective study of 61 patients. *Acta Orthop Scand.* 2004; 75(4): 477–480. PMID: 15370594.
48. Anwar I.A., Battistella F.D., Neiman R., et al. Femur fractures and lung complications: a prospective randomized study of reaming. *Clin Orthop Relat Res.* 2004; 422(2): 71–76. PMID: 15187836.
49. Weresh M.J., Stover M.D., Bosse M.J., et al. Pulmonary gas exchange during intramedullary fixation of femoral shaft fractures. *J Trauma.* 1999; 46(5): 863–868. PMID: 10338404.
50. Jiang M., Li C., Yi C., Tang S. Early intramedullary nailing of femoral shaft fracture on outcomes in patients with severe chest injury: A meta-analysis. *Sci Rep.* 2016; 6: 30566. PMID: 27457468. DOI: 10.1038/srep30566.
51. Bone L.B., Giannoudis P. Femoral shaft fracture fixation and chest injury after polytrauma. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93(3): 311–317. PMID: 21266645. DOI: 10.2106/JBJS.J.00334.
52. Bone L.B., Anders M.J., Rohrbacher B.J. Treatment of femoral fractures in the multiply injured patient with thoracic injury. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; 347: 57–61. PMID: 9520875.
53. Aufmkolk M., Neudeck F., Voggenreiter G., et al. Effect of primary femoral plate osteosynthesis on the course of polytrauma patients with or without thoracic trauma. *Unfallchirurg.* 1998; 101(6): 433–439. PMID: 9677841.
54. Sir M., Pleva L., Procházka V. Multiple trauma – treatment of skeletal injuries with damage control orthopaedics. *Rozhl Chir.* 2014; 93(5): 287–291. PMID: 24891247.
55. Recknagel S., Bindl R., Wehner T., et al. Conversion from external fixator to intramedullary nail causes a second hit and impairs fracture healing in a severe trauma model. *J Orthop Res.* 2013; 31(3): 465–471. PMID: 23070742. DOI: 10.1002/jor.22242.
56. Kobbe P., Micansky F., Lichte P., et al. Increased morbidity and mortality after bilateral femoral shaft fractures: myth or reality in the era of damage control? *Injury.* 2013; 44(2): 221–225. PMID: 23040674. DOI: 10.1016/j.injury.2012.09.011.
57. O'Toole R.V., Lindbloom B.J., Hui E., et al. Are bilateral femoral fractures no longer a marker for death? *J Orthop Trauma.* 2014; 28(2): 77–82. PMID: 23981901. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182a83fd.
58. Tiansheng S., Xiaobin C., Zhi L., et al. Is damage control orthopedics essential for the management of bilateral femoral fractures associated or complicated with shock? An animal study. *J Trauma.* 2009; 67(6): 1402–1411. PMID: 20009694. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a7462d.
59. Gray A.C., White T.O., Clutton E. et al. The stress response to bilateral femoral fractures: a comparison of primary intramedullary nailing and external fixation. *J Orthop Trauma.* 2009; 23(2): 90–99. PMID: 9169099. DOI: 10.1097/BOT.0b013e31819194c6.
60. Steinhilber E., Lefering R., Tjardes T., et al. A risk-adapted approach is beneficial in the management of bilateral femoral shaft fractures in multiple trauma patients: an analysis based on the trauma registry of the German Trauma Society. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 76(5): 1288–1293. PMID: 24747462. DOI: 10.1097/TA.0000000000000167.
61. Khmara A.D., Norkin I.A., Khmara T.G. Select treatment policy in patients with combined chest injuries and limb segments. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2013; (12–1): 89–92. (In Russian).
62. Richards J.E., Matuszewski P.E., Griffin S.M., et al. The role of elevated lactate as a risk factor for pulmonary morbidity after early fixation of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma.* 2016; 30(6): 312–318. PMID: 27206261. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000528.
63. Morshed S., Corrales L.A., Lin K., Miclau T. Femoral nailing during serum bicarbonate-defined hypo-perfusion predicts pulmonary organ dysfunction in multi-system trauma patients. *Injury.* 2011 Jul; 42(7): 643–649. PMID: 20678765. DOI: 10.1016/j.injury.2010.07.244.
64. Easton R., Balogh Z.J. Peri-operative changes in serum immune markers after trauma: a systematic review. *Injury.* 2014; 45(6): 934–941. PMID: 24388280. DOI: 10.1016/j.injury.2013.12.002.
65. Lumsdaine W., Easton R.M., Lott N.J. et al. Neutrophil oxidative burst capacity for peri-operative immune monitoring in trauma patients. *Injury.* 2014; 45(8): 1144–1148. PMID: 24815374. DOI: 10.1016/j.injury.2014.04.019.
66. Childs B.R., Nahm N.J., Moore T.A., Vallier H.A. Multiple procedures in the initial surgical setting: when do the benefits outweigh the risks in patients with multiple system trauma? *J Orthop Trauma.* 2016; 30(8): 420–425. PMID: 27441760. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000556.

Received on 03.05.2017

Поступила 03.05.2017

ADVANTAGES AND DANGERS OF EARLY OSTEOSYNTHESIS OF FEMUR IN POLYTRAUMA WITH CHEST INJURY

Y.G. Shapkin, P.A. Seliverstov*

«Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky», Ministry of Health Care, Russian Federation, Saratov, Russian Federation

* **Contacts:** Pavel Andreevich Seliverstov, Cand. Med. Sci., Assistant of General Surgery Department, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky. E-mail: seliverstov.pl@yandex.ru

ABSTRACT The review presents the results of experimental and clinical studies of the effect of early osteosynthesis in the femoral fracture on the development of systemic complications and the outcome of polytrauma with chest injuries. We explored the role of combination of thoracic injuries with a fracture of the femur, as well as its intramedullary osteosynthesis in the mechanisms of local and systemic inflammatory reaction formation, coagulopathy, fatty embolism and pulmonary embolism, respiratory failure. The concepts of "immediate total care" and "orthopedic damage control" are described with reference to fractures of the femur, combined with a chest trauma. The criteria for the relative safety of osteosynthesis of the femur in polytrauma with thoracic injuries are given.

Keywords: polytrauma, femoral fracture, chest injuries, pulmonary complications, «second hit», inflammatory response, coagulopathy, orthopedic damage control, intramedullary osteosynthesis

For citation Shapkin Y.G., Seliverstov P.A. Advantages and dangers of early osteosynthesis of femur in polytrauma with chest injury. *Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2017; 6(3): 238–245. DOI: 10.23934/2223-9022-2017-6-2-238-245 (In Russian)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments The study had no sponsorship