

Особенности регионарной гемодинамики при накостном остеосинтезе диафизарных переломов костей голени

В.В. Писарев, С.Е. Львов, И.В. Васин, Э.В. Тихомолова

Special features of regional hemodynamics during internal osteosynthesis of diaphyseal fractures of leg bones

V.V. Pisarev, S.E. L'vov, I.V. Vasin, E.V. Tikhomolova

ГБОУ ВПО «Ивановская государственная медицинская академия Минздравсоцразвития России» (ректор – д. м. н., профессор Е.В. Борзов)
ОБГУЗ «Ивановский областной госпиталь для ветеранов войн», г. Иваново (начальник госпиталя – Д.Н. Герасимов)

Обследовано 60 человек с переломами костей голени. 40 пациентам выполнялся остеосинтез пластинами, 20 составили группу контроля. Для изучения кровообращения голени и стоп применялись дуплексное сканирование сосудов и реовазографическое обследование. Исследования проводились на 5 и 10 сутки, через 1, 2, 3 и 4 месяца после операции. Установлено, что процесс регенерации тканей голени при накостном остеосинтезе протекает в условиях сниженного артериального кровотока, низкого уровня микроциркуляции и усиленного венозного оттока с их поэтапным восстановлением параллельно расширению двигательной активности конечности. Оперативное лечение переломов костей голени приводит к снижению показателей кровотока на стопе и контралатеральной голени.

Ключевые слова: голень, перелом, остеосинтез, реовазография, дуплексное сканирование, гемодинамика.

60 subjects with leg bone fractures have been examined. 40 patients underwent plate osteosynthesis, 20 were included in the control group. Duplex scanning of vessels and rheovasography examination were used in order to study leg and feet circulation. The studies were performed on Day 5 and Day 10, one, two, three and four months after surgery. The process of leg tissue regeneration for internal osteosynthesis has been established to occur under the conditions of reduced arterial blood flow, microcirculation low level and enhanced venous outflow with their staged recovery in parallel with limb motor activity expansion. Surgical treatment of leg bone fractures leads to the decrease of the blood flow parameters of the foot and contralateral leg.

Keywords: leg, fracture, osteosynthesis, rheovasography, duplex scanning, hemodynamics.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Проблема нарушения периферического кровообращения и микроциркуляции тканей – одна из базовых в травматологии и ортопедии. Процесс консолидации переломов и регенерации мягких тканей находится в прямой зависимости от состояния макро- и микрогемодинамики травмированной конечности. В связи с этим, информация о состоянии кровообращения, особенности его изменения на разных сроках лечения и связь с процессом формирования костной мозоли при различных методах лечения переломов является актуальной [5, 6, 7, 8, 10, 11, 14].

Исследование гемодинамики с помощью импедансного метода дает обобщающую оценку состояния кровотока и не позволяет изучить его в

конкретной артерии. Последнее стало возможным благодаря внедрению в практическое здравоохранение дуплексного сканирования сосудов. Неинвазивность и безопасность ультразвуковой диагностики, возможность повторных неоднократных исследований и количественной оценки параметров гемодинамики сделали этот метод приоритетным для оценки функционального состояния сосудистой системы [3, 5, 7, 9, 13].

Целью исследования явилось изучение закономерностей изменения регионарной гемодинамики у больных с диафизарными переломами костей голени при накостном остеосинтезе и их связь с течением процесса регенерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 60 человек. 40 пациентам выполнялась открытая репозиция и остеосинтез пластиной LC-DCP. Контрольная группа составила 20 здоровых людей. Группы сопоставимы по полу и возрасту. Пациентам после открытой репозиции и остеосинтеза пластинами выполнялась иммобилизация гипсовой лонгетой до верхней трети голени на 3 недели для заживления мягких тканей. Нагрузка на ногу разрешалась при наличии рентгенологической картины сращения перелома через 3 месяца.

Для изучения регионарного кровообращения го-

лени и стопы применялись дуплексное сканирование сосудов голени и реовазографическое обследование. Исследования проводились на 5 и 10 сутки, через 1, 2, 3 и 4 месяца после операции.

Реовазографическое исследование выполнялось на 6-ти канальном реографе РЕО-СПЕКТР-3 фирмы «Нейрософт» по стандартной методике.

После травматологических операций специфическим фактором, влияющим на электрическое сопротивление тканей конечности, является металлический фиксатор, присутствующий в конечности и

существенно снижающий данный показатель.

Для исключения влияния электрического импеданса конечности при венозной патологии, отёках конечностей J. Nyboeg в 1950 году была разработана формула: $Vs = \rho L^2 (\Delta R : Ro^2)$. В.И. Фишкин, С.Е. Львов, В.Е. Удальцов (1981) предложили использовать её для нивелирования влияния металлической конструкции на исследуемый показатель [14]. Исследуемым показателем был пульсовой объём крови (Vs) или объём крови, притекающий к сегменту за одну систолу, ρ – удельное сопротивление крови (150 Ом), L – расстояние между электродами (мм), ΔR – пульсовое изменение электрического сопротивления сегмента конечности, Ro – исходное сопротивление или базовое сопротивление, определяемое по прибору.

Для оценки венозного оттока исследовался временной показатель β -интервал (сек) – длительность катакроты, длительность оттока крови. Он зависит преимущественно от состояния вен – при ухудшении венозного оттока удлиняется [1, 14].

Дуплексное сканирование проводилось на ультразвуковом сканере Тошиба 660А (Япония) мультичастотным линейным датчиком с частотой 12 МГц. Исследовались задняя большеберцовая артерия (ЗБА) и передняя большеберцовая артерия (ПБА), сосуды надкостницы в зоне регенерата. Изучение проводилось в традиционном В – режиме (непосредственная визуализация сосуда в режиме реального времени) с применением ЦДК и ЭК (цветового и энергетического доплеровского картирования) и доплеровского спектрального анализа кровотока сосудов. Сосуды визуализировались на всем протяжении. Количественный анализ доплерограмм проводился в дистальных отделах ЗБА и ПБА, а также локально в зоне регенерата. Для оценки использовались максимальная систолическая скорость кровотока – V_{max} (см/с), конечная диастолическая скорость кровотока – V_{ed} (см/с), индексы пульсативности (Pi) и резистентности (Ri), они характеризуют состояние периферического сопротивления в исследуемом сосудистом бассейне [3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении реограмм больных с переломами костей голени отмечается достоверное снижение кровотока как в оперированной, так и в поврежденной конечности на 5 и 10 сутки после операции по сравнению с контрольной группой ($p < 0,01$). На 5 сутки значения Vs минимальны ($p < 0,01$) по сравнению с последующими наблюдениями (рис. 1). Это обусловлено тяжелой травмой мягких тканей при открытой репозиции и последующей иммобилизацией.

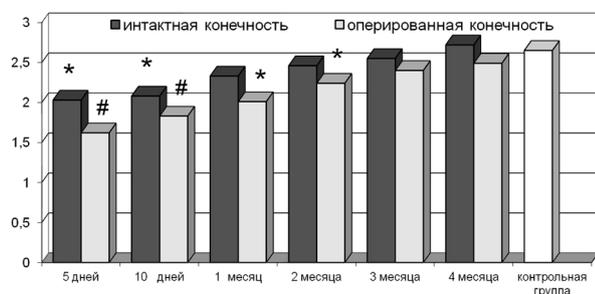


Рис. 1. Динамика регионарного кровообращения в голених при открытой репозиции и остеосинтезе пластинами (Vs мл): * – достоверность отличия от группы контроля ($p < 0,05$); # – достоверность различий с группой контроля ($p < 0,01$)

К концу 1 месяца лечения пульсовой объём на оперированной конечности увеличивается на 10 %, но сохраняет низкие значения по сравнению с контрольной группой и неповрежденной конечностью ($p < 0,05$), что связано с прекращением иммобилизации, но отсутствием осевой нагрузки. К 2 месяцам лечения артериальный приток увеличивается ещё на 10 % и продолжает сохранять достоверно низкие значения по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). К 3 месяцам наблюдения кровотоков достиг значений контрольной группы (рис. 1). Таким образом, репаративная регенерация тканей голени при открытой репозиции и остеосинтезе пластиной протекает в условиях постепенного восстановления уровня объёмного кровотока, нарушенного в

результате повреждения тканей сегмента при операции. Динамика восстановления пульсового объёма соответствует поэтапному расширению режима двигательной активности поврежденной конечности и срокам формирования костного регенерата. Т.е., снижение кровотока в первые 2 месяца лечения обусловлено отсутствием осевой нагрузки, а её начало к 3 месяцам приводит к нормализации гемодинамики.

Пульсовой объём крови на здоровой конечности находится в пределах нормальных значений на 1, 2, 3, и 4 месяцах наблюдения, что обусловлено полноценной функцией конечности на этих сроках лечения. Снижение его на 5 и 10 сутки ($p < 0,05$) связано с ограничением двигательной активности пациента в послеоперационном периоде (рис. 1). Данные изменения подтверждают мысль о том, что состояние периферического кровообращения сегмента конечности зависит от наличия нагрузки на него.

Изучались реограммы стоп поврежденной и здоровой конечностей. Изменения Vs стопы на поврежденной конечности отличалось от гемодинамики голени более ранним восстановлением объёмного кровотока. На 5 и 10 сутки изучаемый показатель снижался ($p < 0,01$), а начиная с 1 месяца его значения не отличались от контрольной группы. На неповрежденной конечности кровотоков в стопе не изменялся на всех сроках наблюдения по отношению к контрольной группе. Таким образом, гемодинамика стоп в процессе лечения переломов костей голени снижается только на поврежденной конечности и в раннем послеоперационном периоде. Такая динамика объёмного кровотока обусловлена травмой мягких тканей голени и послеоперационной иммобилизацией.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в раннем послеоперационном периоде (5 и 10 суток) объёмный кровотоков симметрично снижается на поврежденной и здоровой голених, а в стопах только на поврежденной конечности. Можно пред-

положить, что изменения гемодинамики в голени имеют нейрорефлекторный характер, а сосудистая система стопы изменяется под воздействием в основном местных (гуморальных) факторов, обладающих выраженным вазодилатирующим эффектом.

На 5, 10 сутки, 1 и 2 месяце наблюдения β -интервал на поврежденной голени и стопе был достоверно меньше значений контрольной группы ($p < 0,05$), что свидетельствует об ускоренном антеградном кровотоке в этом промежутке времени (рис. 2). В последующем изучаемый показатель имел величину, не отличающуюся от контрольной группы. Венозный отток на неповрежденной голени и стопе усиливался на 5, 10 сутки и 1 месяце исследования, в дальнейшем его значения были сопоставимы с контрольной группой.

Полученные данные свидетельствуют о том, что процесс регенерации костной ткани при накожном остеосинтезе протекает в условиях сниженного притока и усиленного оттока крови в сосудистой системе голени и стопы.

У больных в артериях неповрежденных голени доплеровский спектр кровотока был типичным трехфазным и не отличался от контрольной группы. В отличие от этого в артериях поврежденной голени после операции наблюдались выраженные изменения. Они характеризовались отсутствием волны ретроградного кровотока в период ранней диастолы. Данные изменения регистрировались до 4 месяца наблюдения в ЗББА и до 1 месяца в ПББА. По данным литературы, исчезновение компонента обратного кровотока является критерием нарушения гемодинамики и встречается в артериях поврежденного сегмента [5, 8, 12].

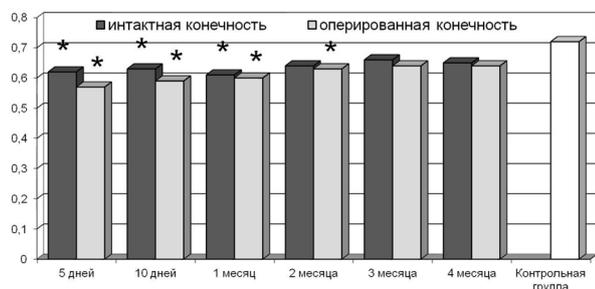


Рис. 2. Динамика венозного кровотока в голени при открытой репозиции и остеосинтезе пластинами (β -интервал, сек): * – достоверность отличия от группы контроля ($p < 0,05$)

Анализ результатов, полученных при исследовании доплерограмм сосудов надкостницы зоны перелома большеберцовой кости (рис. 3), показывает, что на 5 сутки после операции их тонус увеличивается. Это проявляется высоким значением индекса R_i и V_{max} , данные показатели имеют максимальные значения на всем последующем сроке наблюдения ($p < 0,05$). На 10 сутки в группах отмечается достоверное снижение R_i и V_{max} ($p < 0,05$) по сравнению с 5 сутками, значения изучаемых показателей в это время минимальны по отношению к последующим этапам наблюдения. Такая динамика изменения параметров свидетельствует о снижении тонуса сосудистой стенки на данном сроке наблюдения. Таким образом, спазм сосудов надкостницы, возникший в результате операционной

травмы в первые 5 суток после операции, сменяется гипотонией данных сосудов к 10 суткам лечения. Гиперкинетический тип кровотока сменяется гипокинетическим, который преобладает на всем последующем сроке лечения. В дальнейшем показатели кровотока последовательно увеличиваются к 4 месяцу наблюдения ($p < 0,05$). Это свидетельствует о постепенном восстановлении тонуса сосудов надкостницы в процессе сращения перелома.

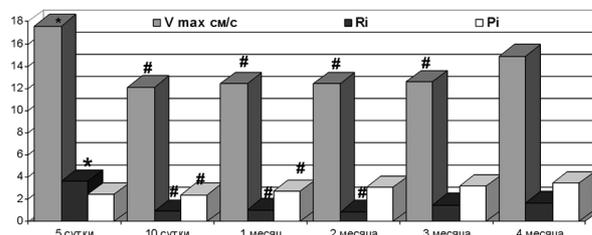


Рис. 3. Гемодинамические параметры сосудов надкостницы зоны перелома при остеосинтезе пластиной на различных сроках лечения: * – достоверность отличия от последующих наблюдений ($p < 0,05$); # – достоверность отличия от значений 4 месяца наблюдения ($p < 0,01$)

Исучая особенности гемодинамики в задней большеберцовой артерии оперированной голени, установлено, что её показатели в послеоперационном периоде снижаются по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$) и достигают их к 4 месяцу лечения (рис. 4). Низкие значения V_{max} , R_i и P_i свидетельствуют о снижении тонуса большеберцовой артерии у этих пациентов.

Таким образом, данные дуплексного сканирования подтверждают результаты реографического исследования, процесс регенерации костной ткани протекает в условиях низкого уровня кровотока и тонуса периферических сосудов. Снятие гипсовой лонгеты и возможность движений в голеностопном суставе к концу 1 месяца приводят к достоверному увеличению исследуемых индексов ($p < 0,05$), повышению уровня кровотока по отношению к 5 и 10 суткам, когда иммобилизация сохранялась. Т.о., возможность движения в голеностопном суставе значимо влияет на уровень кровотока в задней большеберцовой артерии. Аналогичные изменения кровотока, но менее выраженные, наблюдаются при начале нагрузки на конечность к 3 месяцу лечения. Величина объёмного кровотока восстанавливается раньше, чем значения показателей гемодинамики отдельных сосудов.

Кровоток в передней и задней большеберцовых артериях оперированной голени изменялся аналогично. Это проявлялось в достоверном снижении величины изучаемых показателей в послеоперационном периоде ($p < 0,05$) с постепенным их увеличением к 4 месяцу до значений группы контроля.

Между изучаемыми показателями дуплексного сканирования (V_{max} , R_i и P_i) передней и задней большеберцовых артерий и реовазографии (V_s) голени имеется прямая сильная корреляционная связь. Т.о., низкие значения V_{max} , R_i и P_i свидетельствуют о снижении объёмного кровотока в сегменте конечности. Прямая сильная корреляционная зависимость наблюдается между показателями гемодинамики в передней и задней большеберцовых артериях, что говорит об однонаправленности из-

менений при оперативном лечении переломов в разных бассейнах сосудистой системы голени.

Таким образом, процесс регенерации костной ткани при остеосинтезе пластиной происходит в условиях пониженного уровня кровотока в бассейнах передней и задней большеберцовых артерий и полностью восстанавливается к окончанию исследования.

В неповрежденных голених пациентов сохраняется прежний уровень кровотока в ПББА и ЗББА, сопоставимый с группой контроля, т.е., изменений в гемодинамике артериальной системы здоровой конечности в процессе лечения не возникало.

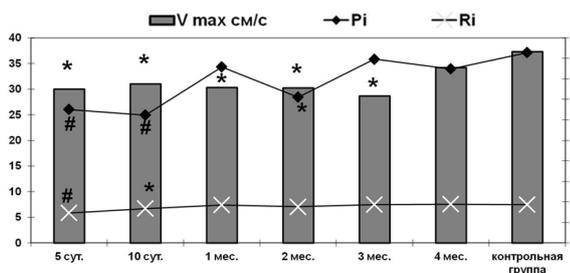


Рис. 4. Гемодинамические параметры задней большеберцовой артерии оперированной голени при остеосинтезе пластинами на различных сроках лечения. Достоверность отличия от значений группы контроля: * – $p < 0,05$; # – $0,01$

Полученные результаты говорят о том, что в оперированной конечности на 5-е сутки тонус центральных артерий голени снижен, а мелких сосудов надкостницы значительно повышен, что можно рассматривать как патологическую реакцию сосудистой системы голени на операционную травму, так как это значительно уменьшает перфузию тканей. О значительном снижении объёмного кровотока в конечности на 5-е сутки свидетельствуют и данные реограмм, их значения минимальны по сравнению с данными последующих наблюдений. В эти же сроки развивается синдром гемореологической недостаточности, проявляющийся снижением вязкости крови, уменьшением количества гемоглобина, величины гематокрита, увеличением вязкости плазмы на фоне усиления агрегации эритроцитов, снижения количества дискоцитов, уменьшения индекса доставки кислорода тканям [2]. Таким образом, первые 5 дней являются критическими с точки зрения выраженности изменений макро- и микрогемодинамики в сосудах голени, о чём свидетельствует наибольшее количество послеоперационных осложнений в этот срок (некрозы мягких тканей, нагноения раны) [4]. В последующем показатели кровотока только улучшаются.

При анализе полученного материала выявлено, что значительные изменения претерпевает конечная, диастолическая скорость кровотока (Ved см/с). Её величина при дуплексном сканировании большеберцовой и малоберцовой артерий достоверно выше

($p < 0,01$) значений контрольной группы в первые 2 месяца наблюдения (рис. 5). Такая динамика изменения Ved сопоставима с данными изменения β -интервала при РВГ, имеется обратная сильная корреляционная зависимость ($r = -0,86$; $p < 0,01$), т.е. β -интервал укорачивается, а конечная диастолическая скорость увеличивается. Учитывая, что конечная диастолическая скорость характеризует эластичность артериальной стенки, её способность сокращаться в диастолу, т.е., то, как быстро изгоняется кровь из артерии в вены [9, 12, 13]. Можно предположить, что высокие скоростные значения Ved могут возникать при сбросе крови из артерий в вены по артериовенозным анастомозам, минуя сопротивление «закрытого» микроциркуляторного русла. Это подтверждается данными реологических исследований крови при переломах костей голени, когда на фоне увеличения степени агрегации, размеров агрегатов, ускорения сборки линейных агрегатов, появления патологических агрегатов, имеющих большие размеры, происходит резкое снижение уровня микроциркуляции, уменьшение индекса доставки кислорода тканям [2]. Т.о., можно говорить о том, что в послеоперационном периоде у больных с переломами костей голени наблюдается снижение перфузии сосудов микроциркуляторного русла.

Анализируя полученные результаты исследования, можно говорить о том, что процесс регенерации тканей при накожном остеосинтезе протекает в условиях пониженного артериального кровотока, низкого уровня микроциркуляции и усиленного венозного оттока с их поэтапным восстановлением параллельно расширению двигательной активности конечности. Можно выделить этапы восстановления показателей сосудистой системы голени. Первый этап – иммобилизация конечности гипсовой повязкой до 1 месяца, характеризуется минимальными значениями показателей кровотока на всем сроке лечения. Постиммобилизационный этап продолжительностью до 3 месяцев с момента операции характеризуется усилением кровотока по сравнению с предыдущим этапом, но достоверно низкими значениями по сравнению с контрольной группой. Этап осевой нагрузки на конечность характеризуется восстановлением исходных значений гемодинамики.

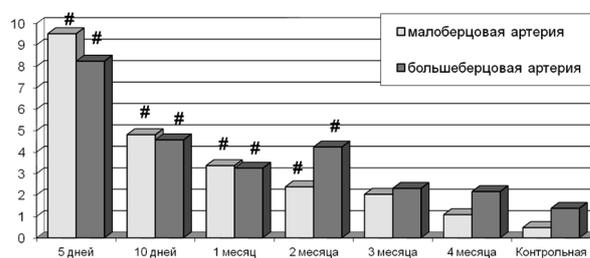


Рис. 5. Динамика изменения конечной диастолической скорости кровотока (Ved см/с): # – достоверность отличия от значений группы контроля ($p < 0,01$)

ВЫВОДЫ

1. Процесс регенерации тканей голени при накожном остеосинтезе протекает в условиях сниженного артериального кровотока, низкого уровня микроциркуляции и усиленного венозного оттока с

их поэтапным восстановлением параллельно расширению двигательной активности конечности.

2. Оперативное лечение переломов костей голени приводит к снижению показателей кровотока на

стопе и контралатеральной голени.

3. Изучаемые параметры гемодинамики по данным дуплексного сканирования (V_{max} , R_i и P_i) передней и задней большеберцовых артерий и реова-

зографии (V_s) имеют однонаправленный характер изменения. Между их значениями имеется прямая сильная корреляционная связь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биск Б. Иктивных и репаративных процессов в костной и хрящевой тканях: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2005. 37 с.
2. Инфекционные осложнения послеоперационной раны при металлоостеосинтезе закрытых переломов длинных трубчатых костей / В. В. Писарев [и др.] // Травматология и ортопедия России. 2008. № 2. С. 14–19.
3. Использование доплерографии в оценке течения репаративной регенерации диафизарных переломов костей голени / А.В. Бондаренко [и др.] // Эхокардиография. 2002. Т. 3, № 2. С. 215–219.
4. Исследование регионарной макрогемодинамики в процессе фиксации диафизарных переломов стержневыми аппаратами внешней фиксации / О.В. Бейдик [и др.] // Гений ортопедии. 2004. № 4. С. 46–48.
5. Ключкина Ю.А. Динамический сонографический контроль за репаративным процессом при переломах: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Казань, 2002. 22 с.
6. Крупаткин А.И. Функциональные исследования периферического кровообращения и микроциркуляции тканей в травматологии и ортопедии: возможности и перспективы // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2000. № 1. С. 66–69.
7. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., 2003. 322 с.
8. Лытаев С.А. Механизмы гемодинамики при повреждениях нижних конечностей различной этиологии // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 2. С. 92–99.
9. Периферическая гемодинамика у больных посттравматическим остеомиелитом голени / Т.И. Долганова [и др.] // Хирургия. 2001. № 10. С. 37–42.
10. Спиридонов А.А., Бузиашивили Ю.И., Шумилина М.В. Ультразвуковая диагностика патологии артерий нижних конечностей: учеб.-метод. рук. М., 2002. 68 с.
11. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний: рук. для врачей / под ред. В.П. Куликова. М: СТРОМ, 2007. 512 с.
12. Фишкин В.И., Львов С.Е., Удальцов В.Е. Регионарная гемодинамика при переломах костей. М: Медицина, 1981. 184 с.

Рукопись поступила 13.09.12.

Сведения об авторах:

1. Писарев Василий Владимирович – ГБОУ ВПО «Ивановская государственная медицинская академия Минздравсоцразвития России», заведующий приёмным отделением ОБГУЗ «Ивановский областной госпиталь для ветеранов войн», доцент кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ, к. м. н.; e-mail: drpisarev@mail.ru.
2. Львов Сергей Евтихиевич – ГБОУ ВПО «Ивановская государственная медицинская академия Минздравсоцразвития России», зав. кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ, д. м. н., профессор; e-mail: drlvov@mail.ru.
3. Васин Иван Владимирович – ОБГУЗ «Ивановский областной госпиталь для ветеранов войн», заместитель начальника по организационно-методической работе.
4. Тихомолова Элеонора Владимировна – ОБГУЗ «Ивановский областной госпиталь для ветеранов войн», врач ультразвуковой диагностики отделения функциональной диагностики.