

ЗНАЧЕНИЕ НЕИНВАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НАРУШЕНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ У БОЛЬНЫХ С ЗАКРЫТЫМИ ВНУТРИСУСТАВНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ

Кулик Н.Г.¹, Хомянец В.В.¹, Остапченко А.А.², Китачёв К.В.¹, Козлов М.А.¹

¹ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия» имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, e-mail: 11078n@mail.ru;

²ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, Санкт-Петербург

Проведен аналитический обзор научной литературы по проблеме обследования больных с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости на фоне хронического нарушения кровообращения нижних конечностей. Поиск и отбор публикаций проведен в поисковых системах: GoogleScholar, JSTOR Search, PubMed, а также отечественных электронных библиотек научных публикаций eLIBRARY и «Киберленинка». Целью нашего сообщения являлось сравнение различных неинвазивных диагностических методик оценки нарушения периферического кровообращения нижних конечностей, с учётом возможности их применения для определения тактики лечения пострадавших с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости на фоне хронического нарушения кровоснабжения нижних конечностей. Стремление хирургов к оперативному лечению больных с внутрисуставными переломами пяточной кости без учёта особенностей кровоснабжения нижних конечностей закономерно ведет к развитию осложнений в раннем послеоперационном периоде. Алгоритм инструментального обследования таких пациентов при данной патологии не сформулирован. Выполнение таких исследований как дистанционная инфракрасная полипозиционная термометрия с выявлением термоасимметрии может информировать хирургов при планировании операции о потенциале репаративных процессов, а сегментарная манометрия с определением лодыжечно-плечевого индекса способна обеспечить данными о заболеваниях периферических сосудов, в том числе на доклинической стадии, и оказать помощь в прогнозе заживления послеоперационных ран. Использование транскутанной оксиметрии позволяет нам оценить степень нарушения доставки кислорода к тканям в микроциркуляторном русле, что может судить о прогнозе эффективности проводимого лечения.

Ключевые слова: переломы пяточной кости, хроническое нарушение кровообращения нижних конечностей, транскутанная оксиметрия, лодыжечно-плечевой индекс.

THE VALUE OF NON-INVASIVE INSTRUMENTAL METHODS OF THE RESEARCH OF PERIPHERAL CIRCULATION IN PATIENTS WITH CLOSED INTRA-ARTICULAR HEEL BONE FRACTURES

Kulik N.G.¹, Khominets V.V.¹, Ostapchenko A.A.², Kitachev K.V.¹, Kozlov M.A.¹

¹Kirov Military medical Academy, St. Petersburg, e-mail: 011078n@mail.ru;

²Federal State University of G.A. Albrecht of Department of Labor of Russia, St. Petersburg

An analytic survey of scientific literature have been realized to reveal the point of treating patients with closed intra-articular fractures of heel bone against the background of chronic abnormality of blood circulation of lower extremities. Research and selection of publications was conducted in such searching systems as Google Scholar, JSTOR Search, PubMed, and national digital libraries of scientific publications "eLIBRARY" and "Cyberleninka". The aim of our report is to compare different noninvasive diagnostic tests to assess circulatory disorders of the lower extremities, considering the possibility of application them to determine the optimal tactics of treatment of patients with closed intra-articular fractures of heel bone on the background of chronic abnormality of blood circulation of lower extremities. The urge of surgeons to operative treatment of patients with intra-articular fractures of heel bone non-registering the peculiarities of blood supply of the lower extremities, naturally leads to the complications in the early postoperative period. The sequence of the instrumental examination of these patients has not been formulated. The achievement of the distant infrared multiplanar thermometry with the detection of thermal asymmetry can inform surgeons about the potential of reparative processes, and segmental manometry with determination of ankle-brachial index is able to provide the doctor with data on peripheric vessel diseases, including the pre-clinical stage, and to help in the prediction of healing of postoperative wounds. Using the transcutaneous oximetry allows to appraise the degree of impairment of oxygen delivery to the tissues in the microcirculatory canal, as well as evaluating the prognosis of effectiveness of treatment.

Keywords: heel bone fractures, chronic abnormality of circulation of the lower extremities, transcutaneous oximetry, ankle -brachial index.

Пяточная кость является самой большой из всех костей стопы, на её долю приходится примерно 5 % от всех переломов костей скелета человека и до 60 % всех переломов костей предплюсны [11, 20, 21, 42], до 92 % из них являются внутрисуставными переломами пяточной кости [4, 40, 46].

В настоящее время в литературе описано около 70 различных способов лечения переломов пяточной кости [10, 41, 46], что свидетельствует об отсутствии единого подхода.

Оперативное лечение больных при переломах пяточной кости, не учитывающее особенности кровоснабжения нижних конечностей и имеющуюся сопутствующую патологию у этих пострадавших почти в 30 % случаев, приводит к осложнениям в раннем послеоперационном периоде. Как известно, диапазон осложнений велик: от расхождения краёв послеоперационной раны до нагноения глубоких тканей. При этом в 21 % случаев эти обстоятельства заставляют хирургов прибегать к необходимости выполнять ревизионные оперативные вмешательства, а в 3 % случаев, несмотря на проводимые мероприятия, – развивается хронический остеомиелит и инвалидизация больного [13, 34, 35, 45, 46, 50].

Использование в хирургии переломов пяточной кости бокового расширенного доступа для открытой репозиции является широко используемым методом, который позволяет достичь анатомичной репозиции отломков суставных поверхностей пяточной кости и в последующем выполнить внутреннюю фиксацию специальной пластиной [42].

Выявление у пострадавших с переломами пяточной кости заболеваний и факторов риска, таких как хронические облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей (ХОЗАНК) и табакокурение, приводящих к нарушению в системе микроциркуляции дистальных отделов нижних конечностей, в том числе в зоне планируемого хирургического доступа – предполагало консервативное лечение [46], обрекая тем самым пострадавших на деформацию стопы и неизбежное раннее артродезирование в подтаранном суставе [43, 45].

Лантух с соавт. (2014) занимались оценкой риска развития хирургических осложнений при оперативном лечении внутрисуставных переломов пяточной кости [13], но авторы не сформулировали целесообразность и объём инструментального исследования больных с переломами пяточной кости на фоне нарушения периферического кровообращения.

К ХОЗАНК относятся такие нозологические формы, как облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей, облитерирующий тромбангиит, неспецифический аортоартериит и другие менее распространённые заболевания. Все вышеупомянутые заболевания имеют некоторые различия в этиопатогенезе, однако все они обуславливают сужение и облитерацию просвета магистральных артерий [29].

По мнению Белоусова Е.Ю. с соавт. (2014), а также «Национальных рекомендаций по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей» (2013) – ХОЗАНК, приводящими к нарушениям в микроциркуляторном русле (МЦР), по данным различных источников, в Российской Федерации страдает 3 % трудоспособного населения, а с учётом «доклинической» формы, численность их больше в четыре раза [2, 16]. Табакокурение среди трудоспособного населения Российской Федерации зарегистрировано у мужчин в 60,2 %, у женщин в 21,7 % случаев [5, 14]. В абсолютных числах данное процентное выражение на 2015 год составляет: курящие мужчины трудоспособного возраста – около 24184173 человек; курящих женщин трудоспособного возраста – примерно 10096970 человек [5, 27].

Целью нашего сообщения являлось сравнение различных неинвазивных диагностических методик оценки нарушения периферического кровообращения нижних конечностей, с учётом возможности их применения для определения тактики лечения пострадавших с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости на фоне хронического нарушения кровоснабжения нижних конечностей.

Важнейшим клиническим аспектом в выборе тактики лечения пациентов с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости является состояние мягких тканей, окружающих пяточную кость. Исследования оценки состояния периферического кровообращения свидетельствуют о том, что степень нарушения регионарного кровотока коррелирует с тяжестью травмы и способом лечения [6, 12, 25].

В 2008 г. Поленов С. А. отмечал, что «...в тех тканях, в которых главной функцией кровоснабжения является поддержание метаболизма, кровоток тесно коррелирует с потреблением кислорода и метаболические факторы обеспечивают в полной мере механизм обратной связи, приводящий в соответствие кровоток и интенсивность обмена, что определяет локальную концентрацию кислорода, нутриентов и побочных продуктов обмена...» [18]. Поэтому Поленов С. А (2008) и Тихомирова И. А. (2009) с соавт. считают, что контролю регуляции тканевой перфузии должно уделяться особое значение при нарушении тонуса сосудов и ишемии кровоснабжаемых ими тканей [18, 23].

Ардашев И. П. с соавт. (2010) указывали на то, что анализ мониторинга периферического кровообращения способен отразить регенерацию повреждённых тканей и помочь спрогнозировать восстановительные процессы в области перелома [6].

При подозрении у пациентов с переломами пяточной кости на ХОЗАНК в дополнение к проведению лучевой диагностики (рентгенография, КТ) необходимо выполнить дополнительные инструментальные методы исследования нарушения кровотока нижних конечностей.

Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) – «операторзависимый» метод [17], интерпретация данных которого иногда вызывает затруднения. Ангиография является «золотым стандартом» в изучении степени выраженности нарушений в сосудистом русле нижних конечностей [16]. Однако этот метод является малым оперативным вмешательством и имеет известную долю осложнений. Организовать использование этого метода в травматологическом стационаре практически невозможно. Кроме того ангиография требует специальной подготовки персонала и дорогостоящего технического обслуживания [32].

Ступин В. А. с соавт. (2010) подчёркивали, что среди практикующих врачей начинают набирать популярность методы диагностики нарушений в МЦР, которые являются неинвазивными, в то же время обладают высокой точностью, специфичностью и чувствительностью [22].

Определение температуры тела – один из важнейших параметров состояния биологической системы организма [15, 24, 26]. В 2012 г. Мекшиной Л. А. с соавт. было подчёркнуто, что «...температура кожи – это интегральный показатель, в формировании которого участвуют такие факторы как теплопроводность кожи, степень развитости сосудистой сети, а также уровень метаболизма в органах и организме в целом...» [15].

По данным исследований Абаева Ю. К. (2006), неоднородность кровоснабжения тканей различных сегментов тела показывает градиент температуры, который составляет до 3,4 °С между лицом и стопой [1]. По мнению Ударцева Е. Ю. (2004) и Мекшиной Л. А. с соавт. (2012), разницу в результатах исследования периферического кровообращения объясняют существованием физиологической термоасимметрии, отличающейся от её же патологического состояния уровнем перепада температуры в каждой части тела, которая является количественной величиной термоасимметрии [15, 25].

При различных патологических состояниях возникает температурный градиент между зоной пониженного теплового излучения и симметричным участком тела. По динамике изменения термоасимметрии возможно судить о происходящих репаративных процессах в тканях. Этому факту придаётся важное диагностическое значение [7, 15, 25].

В связи с этим, объективно интерпретировать данные о состоянии системы МЦР только лишь на основании измерения дистанционной инфракрасной полипозиционной термометрии (ДИПТ) кожи нижних конечностей затруднительно, если не учитывать влияние таких факторов, как работа вегетативной нервной системы, наличие внешних излучающих предметов [15, 25].

Следующим неинвазивным методом исследования периферического кровообращения является посегментарная манометрия с определением лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ). Впервые предложил её к применению Т. Winsor в 1950 г. [19]. Он выражается в отношении

систолического давления, измеренного в проекции задней большеберцовой и тыльной артерии стопы, к систолическому давлению на плечевой артерии [29, 36]. Пределами нормы считаются значения ЛПИ от 0,9 до 1.25-1.35. Снижение ЛПИ в покое < 0.9 – считается признаком субклинического течения заболеваний периферических артерий, а снижение < 0.8 – как правило, сопровождается наличием клинической картины ХОЗАНК. Значение ЛПИ > 1.35 расценивается как отклонение от границ нормы, связанное с нарушением «сжимаемости» периферических сосудов [16, 19].

Вычисление ЛПИ при подозрении на ХОЗАНК обеспечивает хирурга данными, которые помогают при постановке диагноза на доклинической стадии заболевания и способствуют улучшению прогноза заживления послеоперационных ран у пациентов с заболеваниями периферических сосудов [17, 31, 36]. Кроме того, ЛПИ существенно помогает врачу оценивать эффективность проводимого лечения [33, 37].

Однако определение ЛПИ имеет ряд недостатков. Так, Л. А. Бокерия с соавт. (2013) указывают на то, что определение ЛПИ не всегда обеспечивает исследователя достоверными данными для выявления ХОЗАНК [16]. Прежде всего, это невозможность выявления точной локализации стеноза сосуда нижней конечности [16, 19].

Т. Holland (2002) установил, что при обследовании пациентов с табакокурением, снижение точности ЛПИ достигает 10 % [36]. По данным Шулутко А. М. с соавт. (2010) и С. Lalithambika et al. – точность данного исследования значительно снижается, вплоть до абсолютно некорректной интерпретации этих данных при заболеваниях, влияющих на ригидность сосудистой стенки [29, 32].

Ещё одним неинвазивным диагностическим методом, который основан на принципе полярографического обнаружения кислорода в поверхностных слоях кожи, является определение транскутанного напряжения кислорода ($tcpO_2$) [3, 22, 30].

К. Н. Tonnesen (1978) отмечал корреляционную зависимость между тяжестью хронической артериальной недостаточности нижних конечностей у пациентов с ХОЗАНК и показателями транскутанной оксиметрии (ТрОк) [48].

Обмен веществ, в том числе и кислорода между циркулирующей кровью и тканями совершается во всех элементах МЦР, поэтому проявление ХОЗАНК в системе МЦР происходит на ранних стадиях [18]. Е. Н. Serné et al. (2007) считают, что нарушения микроциркуляции могут быть не только вторичными, но и являться первопричиной заболеваний, влияющей на исход лечения [39].

Среди инструментальных неинвазивных методик оценки нарушения доставки кислорода к тканям в МЦР определение транскутанного напряжения кислорода ($tcpO_2$),

зачастую рассматривается предсказателем заживления послеоперационных ран [22, 44, 47, 49].

В. И. Шевцов с соавт. (1999), Ю. А. Корабельников с соавт. (2011), Y. Liu et al (1995) утверждали, что по разнице в значениях $tcpO_2$, до и после проводимого лечения можно судить о его эффективности [9, 28, 38].

По данным Y. Liu et al (1995), взаимосвязь непосредственно ЛПИ и $tcpO_2$, носит гиперболический характер. При достаточном регионарном кровообращении – значение $tcpO_2$ остаётся относительно постоянным, небольшое изменение значений ЛПИ сопровождается значимыми изменениями показателей $tcpO_2$ [38]. С другой стороны, В. И. Шевцов (1999) с соавт. описали взаимосвязь между значениями $tcpO_2$ и ЛПИ уравнением линейной регрессии с наличием прямой зависимости между ЛПИ и $tcpO_2$ в коже стопы [28].

В. И. Шевцов (1999) с соавт., В. А. Ступин (2010) с соавт., Е. Н. Щурова с соавт. (2015), С. Е. Fife et al (2009) отмечают, что значения TrO_2 для различных сегментов конечностей и частей тела существенно отличаются. Так, значение $tcpO_2$ на груди в норме составляет 64.0 ± 1.5 мм рт. ст., в то время как на стопе этот показатель по данным их уже – от 52 ± 1.5 мм рт. ст. до 40 ± 3.5 мм рт. ст. [22, 28, 30, 49].

В. А. Ступин (2010) с соавт., значение $tcpO_2$ 30 ± 10 мм рт. ст. – трактуют как «пограничное» [22]. В то же время Е. И. Игнатьев (2004) и С. Е. Fife et al (2009) отмечают, что снижение показателя $tcpO_2$ ниже 20 мм рт. ст., является показанием для реконструктивных операций по восстановлению артериального кровообращения. Консервативная терапия бесперспективна, послеоперационные раны не заживают, а данное состояние можно трактовать как декомпенсацию тканевого метаболизма [8, 49].

Тем не менее, метод TrO_2 не лишен недостатков. В связи с зависимостью от сердечного выброса информативность его может значимо снижаться при заболеваниях сердца, легких или анемии [17]. С. Е. Fife et al (2009) отмечают возможную погрешность при проведении исследований на участках кожного покрова с гиперемией и выраженным отёком мягких тканей [49]. Е. Н. Щурова с соавт. (2015) в своём исследовании подчёркивают, что курение способно оказывать негативное влияние на показатели $tcpO_2$.

Заключение

Несмотря на прогресс в изучении кровообращения в дистальных отделах конечностей, достигнутый в смежных специальностях (сердечно-сосудистой хирургии, гнойной хирургии, хирургии диабетической стопы), многие травматологи-ортопеды продолжают руководствоваться устоявшимися стандартами при определении показаний и противопоказаний для оперативного лечения закрытых внутрисуставных переломов пяточной кости на фоне сопутствующей сосудистой патологии нижних конечностей.

Кроме стандартной лучевой диагностики и комплекса лабораторных исследований пациенты с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости нуждаются в дополнительном обследовании периферического кровообращения. Особенно актуальным это становится, если в анамнезе есть заболевания, влияющие на кровообращение в дистальных отделах нижних конечностей.

В предоперационном планировании травматологам-ортопедам следует учитывать значение таких методик оценки периферического кровообращения как дистанционная инфракрасная полипозиционная термометрия, проведение посегментарной манометрии с вычислением ЛПИ, а также транскутанной оксиметрии.

Таким образом, на наш взгляд, представленный обзор литературы однозначно свидетельствует о необходимости формирования научно обоснованной и практически применимой программы обследования больных с ХОЗАНК и табакокурением. Она должна включать в себя осмотр сосудистого хирурга, определение доступными способами степени нарушения периферического кровообращения, назначение соответствующей терапии, предоперационное планирование.

Список литературы

1. Абаев Ю.К. Справочник хирурга. Раны и раневая инфекция / Ю.К. Абаев. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 427 с.
2. Белоусов Е.Ю. Опыт использования ангиогенной терапии в лечении больных с хронической ишемией нижних конечностей / Е.Ю. Белоусов, В.В. Сорока, С.П. Нохрин, А.Н. Рязанов // Трудный пациент. – 2014. – Т.12. – № 10. – С. 40-43.
3. Беневоленский Д.С. Транскутанная оксиметрия, как метод оценки местного кровоснабжения / Д.С. Беневоленский // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. – 2007. – Т.6. – № 1 (21). – С. 30-31.
4. Витько Н.К. Компьютерная томография в диагностике повреждений стопы и голеностопного сустава / Н.К. Витько, А.Б. Багиров, Ю.В. Буковская, С.В. Зинин // Лечащий врач. – 2000. – № 2. – С. 61-64.
5. Глобальный опрос взрослого населения о потреблении табака. Российская Федерация, 2009: Страновой отчет. – Б.м., 2010. – 171 с.
6. Диагностика сосудистых нарушений при переломах костей стопы / И.П. Ардашев, Е.А. Афонин, И.В. Власова и др. // Вестн. нов. мед. технологий. – 2010. – Т.17. – № 1. – С. 159-162.
7. Иваницкий Г.Р. Анализ теплового рельефа на теле человека / Г.Р. Иваницкий, А.А.

Деев, Е.П. Хижняк, Л.Н. Хижняк // Технологии живых систем. – 2007. – Т.4. – № 5/6. – С. 43-50.

8. Игнатъев Е.И. Хроническая артериальная ишемия конечностей / Е.И. Игнатъев. – СПб.: Белл, 2004. – 276 с.

9. Корабельников Ю.А. Исследование динамики чрезкожного напряжения кислорода и углекислого газа при применении повторных туннелизаций у больных с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей / Ю.А. Корабельников, Е.Н. Щурова, М.Ю. Речкин // Гений ортопедии. – 2011. – № 3. – С. 112-116.

10. Коробушкин Г.В. Оптимизация лечения больных с повреждениями костей стопы: дис. ... д-ра мед. наук / Г.В. Коробушкин. – М., 2015. – 369 с.

11. Корышков Н.А. Травма стопы / Н.А. Корышков. – Ярославль; Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2006. – 208 с.

12. Крупаткин А.И. Функциональные исследования периферического кровообращения и микроциркуляции тканей в травматологии и ортопедии: возможности и перспективы / А.И. Крупаткин // Вестн. травматологии и ортопедии. – 2000. – № 1. – С. 66-71.

13. Лантух Т.А. Показания и противопоказания к хирургическому лечению внутрисуставных переломов пяточной кости: дис. ... канд. мед. наук / Т.А. Лантух. – М., 2014. – 126 с.

14. Масленникова Г.Я. Профилактика и снижение курения табака в практическом здравоохранении / Г.Я. Масленникова, Р.Г. Оганов // Профилактич. медицина. – 2010. – Т.13. – № 6. – С. 12-16.

15. Мекшина Л.А. Применение тепловидения в диагностике облитерирующий заболеваний артерий нижних конечностей / Л.А. Мекшина, В.А. Усынин, В.В. Столяров, А.Ф. Усынин // Сиб. мед. журн. – 2012. – Т. 27. – № 2. – С. 15-22.

16. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей. Российский согласительный документ // Ангиология и сосуд. хирургия. – 2013. – Прил.: – Т. 19. – № 2. – 70 с.

17. Оболенский В.Н. Хронические облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей – диагностика и тактика лечения / В.Н. Оболенский, Д.В. Яшин, Г.А. Исаев, А.А. Плотников // Рус. мед. журн. – 2010. – № 17. – С. 1049-1050.

18. Поленов С.А. Основы микроциркуляции / С.А. Поленов // Регионар. кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – Т. 7. – № 1 (25). – С. 5-19.

19. Рогоза А.Н. Роль и возможности лодыжечно-плечевого индекса систолического давления при профилактических обследованиях / А.Н. Рогоза // Рус. мед. журн. «Кардиология». – 2011. – № 4. – С. 173-180.

20. Симон Р.Р. Неотложная ортопедия конечности: пер. с англ. / Р.Р. Симон, С.Д. Кенигсхехт. – М.: Медицина, 1998. – 624 с.
21. Современные аспекты лечения последствий переломов костей заднего отдела стопы / Р.М. Тихилов, Н.Ф. Фомин, Н.А. Корышков и др. // Травматология и ортопедия России. – 2009. – Т. 2. – № 52. – С. 144-149.
22. Ступин В.А. Транскутанная оксиметрия в клинической практике: метод. рекомендации / В.А. Ступин, А.И. Аникин, С.Р. Алиев. – М., 2010. – 57 с.
23. Тихомирова И.А. Механизмы регуляции микроциркуляции и реологические свойства крови при нарушениях кровообращения / И.А. Тихомирова, А.В. Муравьев, Е.П. Петроченко, С.Г. Михайлова // Журн. ГрГМУ. – 2009. – № 2 (26). – С. 112-113.
24. Ткаченко Ю.А. Клиническая термография (обзор основных возможностей) / Ю.А. Ткаченко, М.В. Голованова, А.М. Овечкин. – Н. Новгород: Союз Восточной и Западной Медицины, 1999. – 270 с.
25. Ударцев Е.Ю. Оптимизация методов диагностики, консервативного и хирургического лечения закрытых повреждений голеностопного сустава: дис. ... канд. мед. наук / Е.Ю. Ударцев. – Барнаул, 2004. – 130 с.
26. Хижняк Е.П. Анализ термоструктур биологических систем методом матричной инфракрасной термографии: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук / Е.П. Хижняк. – Пушкино, 2009. – 26 с.
27. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2015 года: (Стат. бюл.). – М.: Росстат, 2015. – 341 с.
28. Шевцов В.И. Чрезкожное определение напряжения кислорода и углекислого газа у больных с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей / В.И. Шевцов, Е.Н. Щурова, В.А. Щуров // Вестн. хирургии. – 1999. – Т. 158. – № 3. – С. 30-33.
29. Шулутко А.М. Облитерирующие заболевания артерий нижних конечностей: методич. пособие для студентов старших курсов, интернов, ординаторов и практикующих врачей / А.М. Шулутко. – М., 2010. – 89 с.
30. Щурова Е.Н. Диагностическая значимость транскутанной полярографии при травматическом повреждении тканей / Е.Н. Щурова, Т.И. Долганова, В.А. Щуров, Е.С. Тарелкин // ЭНИ Забайкал. мед. вестн. – 2015. – № 3. – С. 115-120.
31. Aboyans V. Ankle-brachial index: an essential component for the screening, diagnosis and management of peripheral arterial disease / V. Aboyans, P. Lacroix, J. Ferrieres, M. Laskar // Arch. Mal. Coeur Vaiss. – 2004. – Vol. 97. – № 2. – P. 132-138.
32. Ankle Brachial Index and Transcutaneous Partial Pressure of Oxygen as predictors of wound healing in diabetic foot ulcers / C. Lalithambika, B. Nisha, L. Saraswathy et al. // J. Diabet.

Foot Complicat. – 2014. – Vol.6. – No. 2. – P. 54-59.

33. Bonham P.A. Get the LEAD out: noninvasive assessment for lower extremity arterial disease using ankle brachial index and toe brachial index measurements / P. Bonham // *J. Wound Ostomy Continence Nurs.* – 2006. – Vol. 33. – No. 1. – P. 30-41.

34. Coughlin M.J. Mann's Surgery of the Foot and Ankle / M.J. Coughlin, C.L. Saltzman, R.B. Anderson. – 9 ed. St.Luis: Elsevier Health Sciences, 2014. – 2304 p.

35. Folk J.W. Early wound complications of operative treatment of calcaneus fractures: analysis of 190 fractures / J.W. Folk, A.J. Starr, J.S. Early // *J. Orthop. Trauma.* – 1999. – Vol. 13. – No. 5. – P. 477-486.

36. Holland T. Utilizing the ankle brachial index in clinical practice / T. Holland // *Ostomy. Wound. Manage.* – 2002. – Vol. 48. – No. 1. – P.38-40.

37. Koski A. Postoperative soft tissue defects in the ankle area: the etiology and methods of reconstruction: dis. ... the gree of doctor of medicine / A. Koski. – Helsinki, 2010. – 56 p.

38. Liu Y. Transcutaneous oxygen tension and Doppler ankle pressure during upper and lower body exercise in patients with peripheral arterial occlusive disease / Y. Liu, J.M. Steinacker, M. Stauch // *Angiology.* – 1995. – Vol. 46. – No. 8. – P. 689-698.

39. Microvascular dysfunction: a potential pathophysiological role in the metabolic syndrome / E.H. Serné, R.T. Jongh, E.C. Eringa et al. // *Hypertension.* – 2007. – Vol. 50. – No. 1. – P. 204-211.

40. Multidetector CT evaluation of calcaneal fractures / K. Badillo, J.A. Pacheco, S.O. Padua et al. // *Radiographics.* – 2011. – Vol. 31. – № 1. – P.81-92.

41. Operative versus non-operative treatment for closed, displaced, intra-articular fractures of the calcaneus: randomised controlled trial / D. Griffin, N. Parsons, E. Shaw et al. // *BMJ.* – 2014. – Vol. 349. – g. 4483.

42. Outcome Determining Factors for displaced Intra-articular Calcaneal Fractures treated opera-tively / S.A. Nawfar, K.L. Chan, H.M. Idham et al. // *Malaysian Orthop. J.* – 2015. – Vol. 9. – No. 3. – P. 8-16.

43. Percutaneous reduction, screw fixation, and calcium sulfate cement grafting was effective for displaced intra-articular calcaneal fractures / L. Chen, G. Zhang, J. Hong, et al. // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2012. – Vol. 94-A. – No. 10. – P. 941.

44. Rich K. Transcutaneous oxygen measurements: implications for nursing / K. Rich // *J. Vasc. Nurs.* – 2001. – Vol. 19. – No. 2. – P.55-59.

45. Sanders R. Displaced intra-articular fractures of the calcaneus / R.Sanders // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2000. – Vol. 82. – No. 2. – P. 225-250.

46. Schepers T. Displaced Intra-articular Fractures of the Calcaneus: with an emphasis on minimally invasive surgery / T. Schepers. – Rotterdam: T.Schepers, 2009. – 166 p.

47. Smart D.R. Transcutaneous oximetry, problem wounds and hyperbaric oxygen / D.R. Smart, M.H. Bennett, S.J. Mitchell // *Diving Hyperb. Med.* – 2006. – Vol. 36. – No. 2. – P. 72-86.
48. Tønnesen K.H. Transcutaneous oxygen tension in imminent foot gangrene / K.H. Tønnesen // *Acta Anaesthesiol. Scand. Suppl.* – 1978. – Vol. 68. – P.107-110.
49. Transcutaneous oximetry in clinical practice: consensus statements from an expert panel based on evidence / C.E. Fife, D.R. Smart, P.J. Sheffield et al. // *Undersea Hyperb. Med.* – 2009. – Vol. 36. – No. 1. – P.43-53.
50. Wound infections following open reduction and internal fixation of calcaneal fractures with an extended lateral approach / M. Backes, T. Schepers, M.S.H. Beerekamp et al. // *Int. Orthop.* – 2014. – Vol. 38. – No. 4. – P. 767-773.