

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ОБЗОРЫ



<https://doi.org/10.17238/2072-3180-2024-4-205-211>

УДК 617.379.-002.3

© Красенков Ю.В., Татьянченко В.К., Ткачев М.Н., Богданов В.Л., Павлицкая А.С., Давыденко Я.А., 2024

Обзор / Review

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ КОМПАРТМЕНТ-СИНДРОМА У ПАЦИЕНТОВ С ФЛЕГМОНОЙ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Ю.В. КРАСЕНКОВ, В.К. ТАТЬЯНЧЕНКО, М.Н. ТКАЧЕВ, В.Л. БОГДАНОВ, А.С. ПАВЛИЦКАЯ,
Я.А. ДАВЫДЕНКО

Кафедра оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, 344022, Ростов-на-Дону, Россия

Резюме

Введение. Диагностика и лечение острого тканевого гипертензионного синдрома (компаратмент-синдрома) представляет собой одну из актуальных проблем хирургии.

Цель работы. Изучить основные доступные методы контроля тканевого давления у пациентов с межмышечными флегмонами верхней конечности.

Материалы и методы. В исследование были включены: анализ доступной литературы на электронных ресурсах КиберЛенинка, Элайбери, Гугл Академия. Анализ оригинального материала по диагностике тканевой гипертензии 134 пациентов с глубокими межмышечными флегмонами верхней конечности.

Результаты и обсуждение. Клинический диагноз компартмент-синдрома не всегда очевиден. Обычно у пациента может иметь место разлитой гнойный процесс, и бывает трудно определить, какая локализация причиняет боль. Сегодня существуют два основных вида определения повышения давления внутри фасциальных футляров: это аппаратные технологии и субъективные признаки. Оба направления имеют равное количество последователей. В медицинских центрах Америки особую популярность для диагностики компартмент-синдрома получило правило «пять Пи». В Европе, Африке, Азии хирурги отдают предпочтение катетерным системам, работающим по принципу Вайтсайдеса.

Заключение. Аппаратное измерение тканевого давления является единственным адекватным методом диагностики тканевой гипертензии, обладает 100 % чувствительностью, доступно для лечебных учреждений с различным уровнем финансирования и должно быть рекомендовано к широкому внедрению в практику.

Ключевые слова: флегмона, фасциотомия, тканевая гипертензия, компартмент-синдром, гнойные процессы мягких тканей.

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Красенков Ю.В., Татьянченко В.К., Ткачев М.Н., Богданов В.Л., Павлицкая А.С., Давыденко Я.А. Аналитический обзор способов диагностики компартмент-синдрома у пациентов с флегмоной верхней конечности. *Московский хирургический журнал*, 2024. № 4. С. 205–211. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2024-4-205-211>

Вклад авторов: Красенков Ю.В., Татьянченко В.К. – концептуализация, написание текста рукописи; Красенков Ю.В., Ткачев М.Н., Богданов В.Л. – анализ и обобщение данных литературы, редактирование рукописи; Красенков Ю.В., Богданов В.Л. – обзор публикаций по теме статьи, подготовка к публикации; А.С. Павлицкая, Я.А. Давыденко – работа с графическим материалом, оформление рукописи.

ANALYTICAL REVIEW OF METHODS OF DIAGNOSTICS OF COMPARTMENT SYNDROME IN PATIENTS WITH PHLEGMON OF THE UPPER LIMB

YURI V. KRASENKOV, VLADIMIR K. TATYANCHENKO, MAXIM N. TKACHEV, VALERY L. BOGDANOV,
ANASTASIA S. PAVLITSKAYA, YANA A. DAVYDENKO

Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy and Pathological Anatomy, Rostov State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 344022, Rostov-on-Don, Russia

Abstract

Introduction. Diagnostics and treatment of acute tissue hypertension syndrome (compartment syndrome) is one of the urgent problems of surgery.

Objective. To study the main available methods of tissue pressure control in patients with intermuscular phlegmon of the upper limb.

Materials and methods of research. The study included: analysis of available literature on the electronic resources CyberLeninka, Elaibrary, Google Academy. Analysis of the original material on the diagnosis of tissue hypertension in 134 patients with deep intermuscular phlegmon of the upper limb.

Treatment results. The clinical diagnosis of compartment syndrome is not always obvious. Usually, the patient may have a diffuse purulent process and it can be difficult to determine which localization causes pain. Today, there are two main types of determining the increase in pressure inside the fascial cases, these are hardware technologies and subjective signs. Both directions have an equal number of followers. In medical centers in America, the "five Pi" rule has become especially popular for diagnosing compartment syndrome. In Europe, Africa, Asia, surgeons prefer catheter systems operating on the Whitesides principle.

Conclusion. Hardware measurement of tissue pressure is the only adequate method for diagnosing tissue hypertension, has 100 % sensitivity, is accessible to medical institutions with different levels of funding, and should be recommended for widespread implementation in practice.

Key words: phlegmon, fasciotomy, tissue hypertension, compartment syndrome, purulent processes in soft tissues.

Conflict of interests: none.

For citation: Krasenkov Yu. V., Tatyanchenko V. K., Tkachev M. N., Bogdanov V. L., Pavlitskaya A. S., Davydenko Y. A. Analytical review of methods for diagnosing compartment syndrome in patients with phlegmon of the upper limb. *Moscow Surgical Journal*, 2024, № 4, pp. 205–211. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2024-4-205-211>

Contribution of the authors: Krasenkov Yu.V., Tatyanchenko V.K. – conceptualization, writing the manuscript; Krasenkov Yu.V., Tkachev M.N., Bogdanov V.L. – analysis and generalization of literature data, editing the manuscript; Krasenkov Yu.V., Bogdanov V.L. – review of publications on the topic of the article, preparation for publication; A.S. Pavlitskaya, Y.A. Davydenko – work with graphic material, manuscript design.

Введение

Диагностика и лечение острого тканевого гипертензионного синдрома (компаратмент-синдрома) представляет собой одну из актуальных проблем хирургии [1, 2, 3]. Особенностью синдрома является его патологическое разрушительное воздействие на анатомические образования, вовлеченные в процесс (компоненты фасциального футляра) [4, 5, 6]. Своевременная установка диагноза позволит обеспечить адекватное лечение пациенту, которое сохранит функциональность пораженного сегмента конечности [7, 8]. В доступной литературе можно встретить сведения, что данное патологическое состояние часто остается без внимания, и это приводит к деструктивным последствиям, которые отражаются на трудоспособности человека и его психологическом состоянии [9]. В ходе изучения литературы было установлено, что единого стандарта для диагностики и лечения острой тканевой гипертензии у пациентов с флегмоной верхней конечности сегодня нет. В большинстве случаев лечение острого тканевого гипертензионного синдрома сводится к проведению полной фасциотомии, показанием к которой чаще всего служат субъективные признаки. Такая профилактическая фасциотомия приводит к расширению гнойного процесса и неоправданной травматизации конечности, образованию патологических рубцов и хронической тканевой гипертензии. В настоящей работе мы рассмотрим основные доступные способы диагностики компартмент-синдрома.

Цель работы. Изучить основные доступные методы измерения тканевого давления у пациентов с межмышечными флегмонами верхней конечности.

Материалы и методы

В исследование были включены:

- Анализ доступной литературы на электронных ресурсах КиберЛенинка, Элайбрани, Гугл Академия, целью которого являлось уточнение доступных способов измерения тканевого давления;
- Анализ оригинального материала по диагностике тканевой гипертензии у 134 пациентов с глубокими межмышечными флегмонами верхней конечности, проходивших лечение в условиях отделения гнойной хирургии ГБУ РО «ГБСМП в г. Ростове-на-Дону».

Клинический раздел работы представлен в виде 2 сопоставимых (по полу, возрасту, длительности заболевания, степени тяжести течения заболевания) групп больных. В I группу (сравнения) было включено 62 пациента, во II группу (исследования) вошло 72 человека. У пациентов обеих клинических групп проводили измерения тканевого давления по оригинальной технологии (Патент РФ № 2699964) [10] портативным манометром «Stryker», это позволяло достоверно определить наличие тканевой гипертензии или же компартмент-синдрома. Осуществлялся контроль субъективных признаков заболевания рассматриваемого синдрома путем заполнения карт с основными субъективными клиническими признаками, описанными в литературе в формате (+/-). Лечение пациентов осуществлялось в соответствии с Национальными клиническими рекомендациями по хирургии. Лечение пациентов второй группы было дополнено оригинальными способами, среди которых: оригинальный способ лечения компартмент-синдрома путем проведения дозированной декомпрессивной фасциотомии (патент РФ № 2755169) [11].

Статистическая обработка количественных результатов проводилась с использованием программы SPSS Statistics 10 IBM (США) с вычислением критериев Манна–Уитни, Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия показателей при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Клинический диагноз компартмент-синдрома не всегда очевиден. Обычно у пациента может иметь место разлитой гнойный процесс, и бывает трудно определить, какая локализация причиняет боль. Не редко пациент может быть заторможен или может находиться под действием седативных средств [12, 13]. Вследствие чего могут происходить задержки в постановке диагноза компартмент-синдрома.

Первым элементом клинической оценки является последовательный осмотр, ведь синдром не возникает мгновенно [14]. Выявление происходящих со временем изменений в клинической картине может стать ключом к точной и своевременной диагностике.

Исход синдрома напрямую коррелирует со скоростью установки диагноза и ранним началом лечения. Если лечение не начато в течение 12 часов с момента появления симптомов, то клинические результаты могут существенно ухудшаться [15, 16].

В медицинских центрах Америки особую популярность для диагностики компартмент-синдрома получило правило «пять Пи» [17], название правила подразумевает первые буквы симптомов на английском языке:

1. Боль некупируемая.
2. Бледность кожных покровов.
3. Парестезии.
4. Паралич.
5. Отсутствие пульса.

Для установления диагноза по данному правилу, необходимо наличие минимум 3 из 5 признаков. Хирурги, использующие правило «пять Пи» в своей практике, объясняют его своей быстротой, понятностью, доступностью, не желанием использовать инвазивные технологии. В некоторых работах описывается, что диагноз ставится хирургом на основании правила и личного опыта. Из литературных источников выявлено, что у людей юношеского и I зрелого возрастного периода компартмент-синдром встречается чаще, однако это может быть объяснено использованием автором лишь субъективных признаков, а не результатами аппаратного контроля [18].

В анатомических работах Эдилова А.В. (2019) [19] и Бяковой Е.Н. [20] (2018) было установлено на морфологическом уровне, что дегенеративные возрастные процессы фасциальных структур затрагивают такие свойства как предел прочности и модуль упругости, что на клинической практике показало корреляцию с клинической картиной, а именно, с повышением возраста снижается клиническое проявление компартмент-синдрома.

Лонг и Койфман [21] в 2019 году в своей работе отметили, ложные результаты в диагностики острого тканевого гипертензионного синдрома по субъективным признакам могут быть обусловлены объемом мышечной ткани, у пациентов до 35 этот объем больше – клинические проявления ярче, у пожилых пациентов может быть снижена мышечная масса, а также гипертония, что может увеличивать перфузионное давление и не дать яркой клинической картины.

Таким образом можно заключить, что патогномоничных признаков заболевания нет, что говорит о необходимости использования аппаратных технологий в сфере диагностики. Использование этого правила очень спорно, ведь его чувствительность низка и не может заменить аппаратные способы диагностики. Правило приводит к рутинным необоснованным фасциотомиям или, наоборот, к деструктивным последствиям синдрома, который остался не установлен.

На сегодняшний день существует несколько доступных аппаратных методик измерения тканевого давления, эти методики имеют свои особенности.

1. Манометр с иглой. Первые попытки аппаратного измерения были представлены в 1884 г. исследователем Ландерером, технология вызвала интерес и модифицировалась [22]. Вайтсайлес представил вариант в оригинальном описании, иглу 18 калибра соединяли со шприцом на 20 мл посредством трубки, заполняемой физиологическим раствором и воздухом, затем эту трубку подсоединяли к стандартному ртутному манометру. После введения иглы в фасциальный футляр (компартмент) давление воздуха в шприце повышалось до тех пор, пока наблюдалось перемещение «мениска» на границе физраствор-воздух. Затем считывали значение давления на ртутном манометре. Использование данного способа на сегодняшний день не утратило актуальности. В 2005 г. коллектив врачей травматологов из Нигерии опубликовал результаты исследования [23], целью которого было уточнение различия пределов нормы внутрифасциального давления у представителей негроидной расы и европеоидной (статистически значимых различий нет), где в качестве способа определения давления был выбран Вайтсайлес. Данный метод был успешно использован в течение 16 месяцев на 151 пациенте и был рекомендован к использованию. В 2015 г. коллектив авторов из Непала [24] опубликовал работу, которая представляла собой клиническое проспективное исследование, проводимое в течение 3 лет на базе больницы скорой помощи г. Дхаран. Авторы исследовали эффективность метода определения компартмент-синдрома используя способ Вайтсайлеса, в итоге метод был признан рабочим, доступным, и рекомендован для внедрения в клиническую практику больниц Непала.

2. Артериальный катетер. Широко распространенным способом измерения внутрифасциального давления без специальных приборов является использование артериального катетера [25, 26]. Артериальный катетер подсоединяется к любому стандартному монитору для интенсивной терапии или

монитору с датчиком давления. Затем трубку системы для внутривенного вливания соединяют с пакетом для внутривенного вливания. Трубку присоединяют к запорному клапану, далее подсоединяют к крану шприца на 10 мл, наполненный физиологическим раствором. Иглу 16 калибра присоединяют к игле клапана. Затем систему заправляют и устанавливают на «0» на уровне конечности. Сразу же после установки системы на «0» вводят иглу и впрыскивают через нее небольшое количество физраствора, при этом клапан открыт со стороны шприца. После этого клапан переключают, чтобы обеспечить свободный ток между кончиком иглы и трубкой для внутривенного вливания и датчиком.

3. Катетерная система Stic. Катетерная система Stryker Stic, производства компании Stryker, представляет собой компактное портативное устройство, которое позволяет хирургу быстро и легко измерить внутрифасциальное давление [27, 28]. Данная система имеет широкую распространенность и доступность в Мире. Способ использования довольно прост и нашел широкое применение среди специалистов хирургического профиля. Устройство работает при использовании одноразовых расходников – шприц, игла, переходник. После промывки системы некоторым количеством жидкости монитор устанавливают на 0 на уровне тестируемого компартмента и вводят иглу в фасцию. На мониторе отображаются цифры, соответствующие давлению.

Таким образом, измерение давления внутри фасциального футляра доступно для клиник с любым уровнем финансирования. В своих работах мы используем данный способ ввиду еще простоты, скорости и надежности.

4. Ультразвуковая диагностика. В 2019 г. коллектив авторов из Вены представил работу, посвященную неинвазивному способу контроля тканевого давления [29], путем использования УЗИ. Исследование проводилось на трупном материале – ампутированная голень, зоной был выбран передний компартмент, искусственно был создан компартмент-синдром путем введения физиологического раствора, определение осуществлялось на основе изменений TFA (угол большеберцовой фасции). Контроль давления фиксировали на аппарате Stryker Stic, с целью достоверности результатов. В ходе работы были установлены варианты определения компартмент-синдрома применительно к переднему компартменту голени. Метод интересен тем, что он не является инвазивным, однако работы в данном направлении еще ведутся, в клиническую практику метод пока не рекомендован. Недостатками данного метода при его доработке может служить необходимость длительной подготовки специалистов для определения анатомических вариантов всех возможных фасциальных футляров.

5. Термометрия. В 2024 году коллектив авторов из университета “Grigore T. Popa” (Румыния) [30] представили инновационный способ определения компартмент-синдрома. Была использована программируемая электронная платформа с открытым исходным кодом, который позволяет определять начальные стадии развития синдрома с помощью динамиче-

ского измерения термического градиента. Ими была выявлена корреляция температуры и давления: первоначально локальная гиперемия повышает температуру пораженного сегмента, а затем дефицит перфузии приводит к снижению температуры. В этом свете непрерывный мониторинг температуры позволяет выявить надвигающийся компартмент-синдром и представляет собой гораздо более дешевый и доступный метод. Клинические испытания проведены на 42 пациентах, способ находится на этапе разработки.

В клиническом разделе работы нами была изучена корреляция клинических проявлений синдрома по правилу «пять Пи» с результатами аппаратного мониторинга путем использования катетерной системы Stic у пациентов с межмышечными флегмонами верхней конечности (сегменты плечо и предплечье).

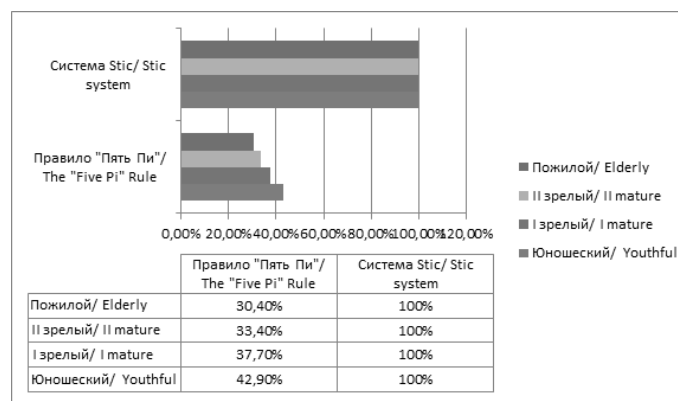


Рис. 1. Сравнительная характеристика способов диагностики компартмент-синдрома

Fig. 1. Comparative characteristics of methods for diagnosing compartment syndrome

Исходя из полученных данных можно утверждать, что способ определения синдрома по «пять пи» обладает невысокой чувствительностью, и не может быть рекомендован для использования в качестве критерия диагностики, а лишь для описания локального статуса пациента. Несмотря на то, что в юношеском возрастном периоде чувствительность составила 42,9 %, это не делает правило конкурентоспособным.

Стоит отметить, что к измерению внутрифасциального давления у пациентов с флегмонами верхней конечности следует подходить, придерживаясь определенных правил, для каждого анатомического образования имеются свои рекомендованные зоны для проведения инъекции иглы измерительного прибора, измерение должно осуществляться с контролем давления в аналогичной зоне на здоровой конечности, для уточнения порогов нормы для конкретного пациента и установления разницы (Патент РФ № 2699964). Указанный способ может быть использован с любым из описанных инвазивных способов контроля давления.

При этом, мы убеждены в том, что контроль давления должен осуществляться и в послеоперационном периоде, с целью

уточнения явления тканевой гипертензии, и при необходимости адекватной ее коррекции, путем назначения курса лекарственной терапии. Данный контроль должен осуществляться также аппаратным путем.

Лечение компартмент-синдрома позволяет сравнительно быстро добиться положительных результатов как в раннем, так и отдаленном послеоперационных периодах. Использование разработанных способов диагностики и лечения компартмент-синдрома позволило получить нам следующие результаты (рис. 2).

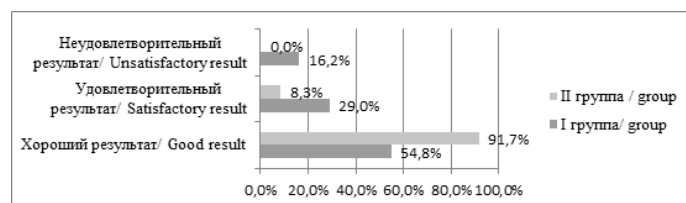


Рис. 2. Сравнительные результаты лечения пациентов обеих групп; I группа - традиционные способы диагностики и лечения, II группа - оригинальные технологии диагностики и лечения
Fig. 2. Comparative results of treatment of patients of both groups; Group I - traditional methods of diagnosis and treatment, Group II - original technologies of diagnosis and treatment

Особый подход к диагностике, а именно контроль давления после операции, позволил установить тканевую гипертензию, при этом у пациентов контрольной группы она сохранялась даже в отдаленном послеоперационном периоде, что проявлялось симптоматически – боли тянущего и пекущего характера при физической нагрузке, иногда – болями покоя, парестезией; в некоторых случаях пациенты были вынуждены сменить род трудовой деятельности.

Заключение

В ходе проведения исследования было установлено, что правило «пять Пи», основанное на клинических признаках, не может давать адекватную оценку о наличии компартмент-синдрома, может привести к диагностической ошибке, снижению количества положительных результатов лечения. Аппаратное измерение тканевого давления является единственным адекватным методом диагностики тканевой гипертензии, обладает 100 % чувствительностью, доступно для лечебных учреждений с различным уровнем финансирования и должно быть рекомендовано к широкому внедрению в практику.

Список литературы:

1. Rubinstein A. J., Ahmed I. H., Vosbikian M. M. Hand compartment syndrome. *Hand clinics*, 2018, № 1 (34), pp. 41–52.
2. Beddard L., Roslee C. Acute compartment syndrome. *Surgery (Oxford)*, 2023, № 41(4), pp. 223–226.

3. O'Neill D.C., Steffenson L.N., Myhre L.A., Kantor A.H., Meeks H.D., Fraser A.M., & Haller J.M. Analysis of acute extremity compartment syndrome using a genealogic population database. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2024, № 144(1), pp. 149–160.

4. Sharma N., Sharma N. M., Sharma A., & Mirza S. Comparison and convergence of compartment syndrome techniques: A narrative review. *Expert Review of Medical Devices*, 2023, № 20(4), pp. 283–291.

5. Miciak M., Jurkiewicz K. Compartment syndrome-a complex and insidious medical problem. *Journal of Pre-Clinical & Clinical Research*, 2023, № 17(2), pp. 95–100.

6. Zhong H., Zhao G., Guo P. A case of rhabdomyolysis with compartment syndrome in the right upper extremity. *World Journal of Emergency Medicine*, 2020, № 11(3), pp. 185–189.

7. Bowyer M. W. Compartment Syndrome of the Extremities //Penetrating Trauma: A Practical Guide on Operative Technique and Peri-Operative Management. *Cham: Springer International Publishing*, 2024, pp. 551–560.

8. Williams D. W. et al. Characteristics and outcomes of patients who undergo fasciotomies for upper arm compartment syndrome. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 2023, T. 33, № 6, pp. 2291–2296.

9. Beddard L., Roslee C. Acute compartment syndrome. *Surgery (Oxford)*, 2023, № 41(4), pp. 223–226.

10. Бякова, Е. Н., Красенков, Ю. В., Татьяначенко, В. К., Сухая, Ю. В., Эдилов, А. В. Способ диагностики межмышечной флегмоны конечности. Патент на изобретение, 2019. № 2699964.

11. Красенков Ю. В., Татьяначенко В. К., Давыденко А. В., Ткачев А. В., Терехов М. Ю. Способ лечения острого тканевого гипертензионного синдрома при сочетанной межмышечной флегмоне верхней конечности. Патент на изобретение, 2021. № 2755169.

12. Chung J, Modrall J. Compartment syndrome. In: Rutherford's Vascular Surgery. 8th ed. Minneapolis, MN: Clinical Tree, 2016, pp. 2544–2554.

13. Yetter W. N., Graves B. R. Compartment Syndrome in the Upper Limb. *The Art of the Musculoskeletal Physical Exam*. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 179–187.

14. Moon C. Compartment Syndrome. *Orthopedic Trauma Call for the Attending Surgeon*. CRC Press, 2024, pp. 49–52.

15. Cugola L., Fasolo G. Clinical and demographic profile Volkmann's ischemic contracture presenting in Tigray (Ethiopia). *Acta Biomed*, 2022, № 92(S3), pp. e2021562.

16. Jakob D. A., Benjamin E. R., Demetriades D. Extremity Compartment Syndrome. *Textbook of Emergency General Surgery: Traumatic and Non-traumatic Surgical Emergencies*. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 1663–1678.

17. Griffiths D.L. Volkmann's ischemic contracture. *BJs Br J Surg*, 1940, № 28, pp. 239–260.

18. Mazur M., Jabaly N., Ebraheim N. Acute compartment syndrome in patients on long-term anticoagulation therapy. *J Trauma Crit Care*, 2018, № 3 (1), pp. 1–5.

19. Эдилов А. В., Татьяначенко В. К., Богданов В. Л., Сухая Ю. В. Интенсификация комплексного лечения больных с флегмоной стопы. *Ульяновский медико-биологический журнал*, 2019. № 3. С. 28–33.

20. Бякова Е. Н., Татынченко В. К., Богданов В. Л. Новые технологии лечения глубоких межмышечных флегмон ягодичной области и компартмент-синдрома (острый тканевой гипертензионный синдром). *Медико-фармацевтический журнал «Пulse»*, 2019. Т. 21. № 9. С. 61–66.
21. Long B., Koyfman A., Gottlieb M. Evaluation and management of acute compartment syndrome in the emergency department. *The Journal of emergency medicine*, 2019. 56(4), pp. 386–397.
22. Aslanabadi A., Zare Z., Aslanabadi M. The first description of acute compartment syndrome, by Al-Zahrawi. *JBJS*, 2023. № 105 (1). C. e1.
23. Ogunlusi J. D., Oginni L. M., Ikem I. C. Normal leg compartment pressures in adult Nigerians using the Whitesides method. *The Iowa Orthopaedic Journal*, 2005, № 25, pp. 200.
24. Chaudhary P. et al. Measurement of compartmental pressure in a leg by Whitesides method in a Nepalese patients attending a tertiary care hospital in eastern region of Nepal. *Health Renaissance*, 2015, № 13(1), pp. 95–100.
25. Duckworth A. D., McQueen M. M. The diagnosis of acute compartment syndrome: a critical analysis review. *JBJS reviews*, 2017, № 5(12), pp. e1.
26. Schmidt A. H. Acute compartment syndrome. *Orthopedic Clinics*, 2016, № 47(3), pp. 517–525.
27. Vogels S., Ritchie E.D., Bakker E.W.P. et al. Measuring intracompartmental pressures for the chronic exertional compartment syndrome: challenging commercially available devices and their respective accuracy. *J Biomech.*, 2022, № 135, pp. 111026.
28. Lorange J. P., Laverdiere C., Corban J., Montreuil J., & Harvey E.J. Diagnosis accuracy for compartment syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 2023, № 37(8), pp. e319–e325.
29. Mühlbacher J. et al. Feasibility of ultrasound measurement in a human model of acute compartment syndrome. *World Journal of Emergency Surgery*, 2019, № 14, pp. 1–7.
30. Tepordei R.T. et al. An Innovative Non-Invasive Method for Early Detection and Monitoring of Acute Compartment Syndrome. *Journal of Personalized Medicine*, 2024, № 14(5), p. 477.

References:

1. Rubinstein A. J., Ahmed I. H., Vosbikian M. M. Hand compartment syndrome. *Hand clinics*, 2018, № 1 (34), pp. 41–52.
2. Beddard L., Roslee C. Acute compartment syndrome. *Surgery (Oxford)*, 2023, № 41(4), pp. 223–226.
3. O'Neill D.C., Steffenson L.N., Myhre L.A., Kantor A.H., Meeks H.D., Fraser A.M., & Haller J.M. Analysis of acute extremity compartment syndrome using a genealogic population database. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2024, № 144(1), pp. 149–160.
4. Sharma N., Sharma N. M., Sharma A., & Mirza S. Comparison and convergence of compartment syndrome techniques: A narrative review. *Expert Review of Medical Devices*, 2023, № 20(4), pp. 283–291.
5. Miciak M., Jurkiewicz K. Compartment syndrome-a complex and insidious medical problem. *Journal of Pre-Clinical & Clinical Research*, 2023, № 17(2), pp. 95–100.
6. Zhong H., Zhao G., Guo P. A case of rhabdomyolysis with compartment syndrome in the right upper extremity. *World Journal of Emergency Medicine*, 2020, № 11(3), pp. 185–189.
7. Bowyer M. W. Compartment Syndrome of the Extremities //Penetrating Trauma: A Practical Guide on Operative Technique and Peri-Operative Management. *Cham: Springer International Publishing*, 2024, pp. 551–560.
8. Williams D. W. et al. Characteristics and outcomes of patients who undergo fasciotomies for upper arm compartment syndrome. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 2023, T. 33, № 6, pp. 2291–2296.
9. Beddard L., Roslee C. Acute compartment syndrome. *Surgery (Oxford)*, 2023, № 41(4), pp. 223–226.
10. Byakova E. N., Krasenkov Yu. V., Tatyanchenko V. K., Sukhaya Yu. V., Edilov A. V. *Method for diagnosing intermuscular phlegmon of the limb*. Patent for invention 2019. № 2699964. (In Russ.)
11. Krasenkov, Yu. V., Tatyanchenko, V. K., Davydenko, A. V., Tkachev, A. V., Terekhov, M. Yu. *Method for treating acute tissue hypertension syndrome with combined intermuscular phlegmon of the upper limb*. Patent for invention 2021. № 2755169. (In Russ.)
12. Chung J, Modrall J. Compartment syndrome. In: Rutherford's Vascular Surgery. 8th ed. Minneapolis, MN: Clinical Tree, 2016, pp. 2544–2554.
13. Yetter W. N., Graves B. R. *Compartment Syndrome in the Upper Limb. The Art of the Musculoskeletal Physical Exam*. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 179–187.
14. Moon C. Compartment Syndrome. *Orthopedic Trauma Call for the Attending Surgeon*. CRC Press, 2024, pp. 49–52.
15. Cugola L., Fasolo G. Clinical and demographic profile Volkmann's ischemic contracture presenting in Tigray (Ethiopia). *Acta Biomed*, 2022, № 92(S3), pp. e2021562.
16. Jakob D. A., Benjamin E. R., Demetriades D. Extremity Compartment Syndrome. *Textbook of Emergency General Surgery: Traumatic and Non-traumatic Surgical Emergencies*. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 1663–1678.
17. Griffiths D.L. Volkmann's ischemic contracture. *BJS Br J Surg*, 1940, № 28, pp. 239–260.
18. Mazur M., Jabaly N., Ebraheim N. Acute compartment syndrome in patients on long-term anticoagulation therapy. *J Trauma Crit Care*, 2018, № 3 (1), pp. 1–5.
19. Edilov, A. V., Tatyanchenko, V. K., Bogdanov, V. L., Sukhaya, Yu. V. Intensification of complex treatment of patients with foot phlegmon. *Ulyanovsk Medical and Biological Journal*, 2019, № 3, pp. 28–33. (In Russ.)
20. Byakova E. N., Tatyanchenko V. K., Bogdanov V. L. New technologies for the treatment of deep intermuscular phlegmon of the gluteal region and compartment syndrome (acute tissue hypertension syndrome). *Medical and pharmaceutical journal «Pulse»*, 2019, V. 21, № 9, pp. 61–66. (In Russ.)
21. Long B., Koyfman A., Gottlieb M. Evaluation and management of acute compartment syndrome in the emergency department. *The Journal of emergency medicine*, 2019. 56(4), pp. 386–397.
22. Aslanabadi A., Zare Z., Aslanabadi M. The first description of acute compartment syndrome, by Al-Zahrawi. *JBJS*, 2023. № 105 (1). C. e1.

23. Ogunlusi J. D., Oginni L. M., Ikem I. C. Normal leg compartment pressures in adult Nigerians using the Whitesides method. *The Iowa Orthopaedic Journal*, 2005, № 25, pp. 200.

24. Chaudhary P. et al. Measurement of compartmental pressure in a leg by Whitesides method in a Nepalese patients attending a tertiary care hospital in eastern region of Nepal. *Health Renaissance*, 2015, № 13(1), pp. 95–100.

25. Duckworth A. D., McQueen M. M. The diagnosis of acute compartment syndrome: a critical analysis review. *JBJS reviews*, 2017, № 5(12), pp. e1.

26. Schmidt A. H. Acute compartment syndrome. *Orthopedic Clinics*, 2016, № 47(3), pp. 517–525.

27. Vogels S., Ritchie E.D., Bakker E.W.P. et al. Measuring intracompartmental pressures for the chronic exertional compartment syndrome: challenging commercially available devices and their respective accuracy. *J Biomech.*, 2022, № 135, pp. 111026.

28. Lorange J. P., Laverdiere C., Corban J., Montreuil J., & Harvey E.J. Diagnosis accuracy for compartment syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 2023, № 37(8), pp. e319-e325.

29. Mühlbacher J. et al. Feasibility of ultrasound measurement in a human model of acute compartment syndrome. *World Journal of Emergency Surgery*, 2019, № 14, pp. 1–7.

30. Tepordei R.T. et al. An Innovative Non-Invasive Method for Early Detection and Monitoring of Acute Compartment Syndrome. *Journal of Personalized Medicine*, 2024, № 14(5), p. 477.

Сведения об авторах

Красенков Юрий Викторович – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии. Ростовский государственный медицинский университет. 344010, Россия, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: krasenkov001@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9181-0647

Татьянченко Владимир Константинович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии. Ростовский государственный медицинский университет, 344010, Россия, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: vladimirtatyanchenko@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7407-2686

Ткачев Максим Николаевич – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии. Ростовский государственный медицинский университет, 344010, Россия, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: tkachev_mn_gb20@mail.ru, ORCID: 0009-0002-5650-3726

Богданов Валерий Леонидович – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии. Ростовский государственный медицинский университет, 344010, Россия, Ростов-на-Дону,

пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: valeribogdanov@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8603-2510

Павлицкая Анастасия Сергеевна – студент, лаборант кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии. Ростовский государственный медицинский университет, 344010, Россия, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: p.a.s2017@mail.ru, ORCID: 0009-0001-8364-608x

Давыденко Яна Андреевна – студент, лаборант кафедры оперативной хирургии, клинической анатомии и патологической анатомии. Ростовский государственный медицинский университет, 344010, Россия, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: yana12082002@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-6898-1421

Information about the authors:

Krasenkov Yuriy Viktorovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy and Pathological Anatomy. Rostov State Medical University, 344010, trans. Nakhichevansky, 29, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: krasenkov001@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9181-0647

Tatyanchenko Vladimir Konstantinovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy and Pathological Anatomy. Rostov State Medical University, 344010, trans. Nakhichevansky, 29, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: vladimirtatyanchenko@mail.ru, ORCID 0000-0002-7407-2686

Tkachev Maxim Nikolaevich – Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor, Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy, and Pathological Anatomy. Rostov State Medical University, 344010, Nakhichevansky Lane, 29, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: tkachev_mn_gb20@mail.ru, ORCID: 0009-0002-5650-3726

Bogdanov Valery Leonidovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy, and Pathological Anatomy. Rostov State Medical University, 344010, Nakhichevansky Lane, 29, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: valeribogdanov@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8603-2510

Pavlitskaya Anastasia Sergeevna – student, laboratory assistant of the Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy and Pathological Anatomy. Rostov State Medical University, 344010, lane Nakhichevansky, 29, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: p.a.s2017@mail.ru, ORCID: 0009-0001-8364-608x

Davydenko Yana Andreevna – student, laboratory assistant of the Department of Operative Surgery, Clinical Anatomy and Pathological Anatomy. Rostov State Medical University, 344010, lane Nakhichevanskiy, 29, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: yana12082002@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-6898-1421