В. В. Бойко, Т. А. Курбанов,
О. В. Кравцов, Ю. І. Ісаєв,
О. О. Кравцова

ДУ «Інститут загальної
та невідкладної хірургії
ім. В. Т. Зайцева НАМНУ»,
м. Харків

© Колектив авторів

КЛІНІЧНА ДИНАМІКА ЗМІНИ ТКАНИН ПРИ ФОРМУВАННІ КОМПАРТМЕНТ-СИНДРОМУ ПРИ ОПІКАХ

Реферат. Компартмент-синдром — місцевий гіпертензивно-ішемічний синдром — грізне ускладнення травматичних ушкоджень тканин, основою якого є підвищення внутрішньо-фасціального тиску м'язових масивів вище 20 мм рт. ст. Лікування цього загрозливого стану здійснюється шляхом екстреного хірургічного втручання з метою декомпресії тканин.

Метою дослідження було вивчення в експерименті клініко-морфологічного розвитку компартмент-синдрому при опіках і проведення оцінки ефективності операцій некротомії й просочення уражених тканин озонованим фізіологічним розчином.

Матеріали та методи. Експеримент проводився на 18 щурах лінії WAG, вагою 190–210 г. Матеріалом дослідження була шкіра з підлеглими м'якими тканинами з області стегна. Для моделювання експериментальних глибоких опіків застосовано розроблений нами пристрій для формування опіків, стандартних за глибиною та площею ураження. Після формування опіку проводили вимірювання внутрішньо-тканинного тиску.

Результати дослідження та їх обговорення. Динаміка макроскопічних спостережень за перебігом ранового процесу та рентгенологічні дослідження відображають їх відповідність тяжкості термічної травми та позитивний вплив запропонованих лікувальних заходів.

Висновки. 1. Розвиток компартмент-синдрому при циркулярних і субциркулярних опіках кінцівок та електроопіках є грізним ускладненням, яке призводить до різкого погіршення термічної травми й вимагає негайного хірургічного втручання.

2. Критичною точкою рівня внутрішньо-тканинного тиску слід вважати 20 мм рт. ст., підвищення є абсолютним показником до операції.

3. Ефективність некротомії можна підвищити шляхом застосування ряду медикаментозних препаратів, зокрема місцевої інфільтрації озонованим фізіологічним розчином.

Ключові слова: опіки, хірургічне лікування, компартмент-синдром.

Вступ

Компартмент-синдром (МГІС — місцевий гіпертензивно-ішемічний синдром) — грізне ускладнення травматичних ушкоджень тканин, основою якого є підвищення внутрішньо-фасціального тиску м'язових масивів вище 20 мм рт. ст. Підвищений внутрішньо-тканинний тиск перешкоджає венозному дренажу, відбувається здавлювання артеріальних решт капілярної мережі. Якщо хірургічна декомпресія не проводиться протягом перших 6 годин, то прогресуюче пошкодження ішемізованої тканини призводить до незворотних некротичних пошкоджень [1]. Наслідки можуть бути руйнівними й включати пошкодження нирок з міоглобінурією, ішемічні контрактури, неврологічні ушкодження з паралічами й навіть ампутацію при гангрені в разі несвоєчасно встановленого діагнозу [2, 3].

Нерідко явища компартмент-синдрому розвиваються при циркулярних (або наближених до них) опіках кінцівок та тулуба й електроопіках, які викликають поширену загибель не тільки уражених, а й оточуючих тканин.

Лікування цього загрозливого стану здійснюється шляхом екстреного хірургічного втручання з метою декомпресії тканин. Ефективним засобом лікування таких станів є некротомія, яка завдяки декомпресії забезпечує зниження внутрішньо-тканинного тиску й зменшення масштабу некротизованих тканин [4]. На сьогодні створено ряд приладів для визначення внутрішньо-тканинного тиску які дозволяють об'єктивізувати цей показник і встановити чіткі показання до оперативного втручання.

Існує обґрунтована рекомендація виконувати некрофасціотомію незалежно від рівня підфасціального тиску при термічній травмі кінцівки —

циркулярних глибоких опіках або опіках, що займають 2/3 окружності сегмента, й електро-травмах. Некротомія зазвичай виконується як частина реанімаційних заходів постраждалим з термічною травмою, а рішення про її проведення приймається на основі клінічних даних і об'єктивних методів дослідження.

Але в цілому проблемі компартмент-синдрому приділяється явно недостатньо уваги в науково-практичній літературі з комбустіології. Маловивченими також є гістологічні зміни пошкоджених тканин в динаміці формування компартмент синдрому й, особливо, при його лікуванні.

Мета досліджень

В експерименті вивчено клініко-морфологічний розвиток компартмент-синдрому при опіках і проведена оцінка ефективності операцій некротомії і просочення уражених тканин озонованим фізіологічним розчином, який володіє антигіпоксантиною, антиішемічною і захисною дією на уражені тканини.

Матеріали і методи досліджень

Експеримент проводився на 18 щурах лінії WAG, вагою 190-210 г. Зміст, догляд і методи експериментальної роботи з тваринами відповідали загальноприйнятим нормам і правилам, передбаченим «Європейською конвенцією з нагляду і захисту хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, 18.03.86 р), Директивою Ради Європейського Співтовариства від 24.11.86 р і розпорядженням МОЗ України № 32 від 22.02.88 р [5]. Матеріалом дослідження була шкіра з підлеглими м'якими тканинами з області стегна. В ході проведеного дослідження було сформовано чотири групи: група I – група контролю – інтактні тварини (n=3); група II – група порівняння – тварини (n=3), яким моделювали опік IIб ступеня, при цьому одного щура виводили з експерименту через 1 добу після моделювання опіку, а двох – через 3 доби; група III – досліджувана група – тварини (n=6), яким моделювали опік IIб з подальшим проведенням некрофасціотомії, яку трьом тваринам проводили через 1 годину після моделювання опіку (підгрупа IIIА), а трьом – через 1 добу (підгрупа IIIБ). Тварини були виведені з експерименту через 1 і 3 доби після некрофасціотомії; група IV – тварини (n=6), яким моделювали опік III ступеня з подальшою некрофасціотомією й інфільтрацією ураженої зони озонованим фізіологічним розчином інсуліновим шприцем в обсязі 1 мл, який барботували протягом 15 хвилин при концентрації розчиненого озону ($4,0 \pm 0,2$) мг/л, при цьому останню процедуру трьом тваринам проводили через

1 годину після опіку (підгрупа IVА), а трьом – через 1 добу (підгрупа IVБ). Тварини були виведені з експерименту через 1 й 3 доби після некрофасціотомії з інфільтрацією ураженої зони озонованим фізіологічним розчином. Досліджувався загальний вид кінцівки, її тканини на розрізі, візуально враховувалися особливості її будови, виконувалась рентгенографія.

Для моделювання експериментальних глибоких опіків застосовано розроблений нами пристрій для формування опіків, стандартних за глибиною та площею ураження [6, 7]. Операції виконувалися під повітряно-ефірним наркозом. Для моделювання циркулярного субфасціального опіку III ступеня, виконували 3 термовпливи аплікатором з площею $3,142 \text{ cm}^2$, та температурою ($210,5 \pm 10,9$) °C при експозиції 15 секунд. Загальна площа циркулярного опіку склала $9,42 \text{ cm}^2$ (2,91 % поверхні тіла щура) (рис. 1).

Рис. 1 Експериментальне моделювання циркулярного глибокого опіку стегна

Для запобігання аутоампутації ураженої кінцівки, голови експериментальних щурів ізолювалися захисним коміром. В якості лікувальних впливів застосована некрофасціотомія уражених тканин двома лінійними розтинами, які повинні забезпечити зниження критичного внутрішньо-тканинного тиску, що проводилась через одну годину (підгрупа IIIА) й одну добу після моделювання опіків (підгрупа IIIБ) (рис. 2).

У IV групі некрофасціотомія доповнювалась інфільтрацією ураженої зони озонованим фізіологічним розчином через 1 годину (підгрупа IVА) і одну добу (підгрупа IVБ) після нанесення термічного ураження (рис. 3).

Після формування опіку проводили вимірювання внутрішньо-тканинного тиску на приладах: «Stryker Intra-Compartmental Pressure Monitor», «Compartmental Pressure Monitoring System»

Рис. 2 Некротомія зони опіку

Рис. 3 Інфільтрація зони опіку озонованим фізіологічним розчином

Результати дослідження та їх обговорення

Макроскопічна характеристика ранового процесу при лікуванні експериментальних опіків була такою. Безпосередньо після опіку в зоні ураження в групі порівняння наступало формування коагуляційного струпу, щільність якого збільшувалась протягом 6–8 годин. На другу добу формувалася набряк нативної шкіри дистального відділу ураженої кінцівки, який призводив до ішемічної гангрені на рівні верхнього края сформованого опіку (рис. 4).

При виконанні некрофасціотомних розрізів суттєво зменшувався набряк тканин як в зоні опіку так і на периферії. Ефективність цього засобу була більше вираженою при проведенні ургентного хірургічного втручання через одну годину після моделювання опіку, ніж через 1 добу (рис. 5).

При застосуванні комбінованого лікування (некрофасціотомія та інфільтрація озонованим

фізіологічним розчином) зменшувався набряк кінцівки і неушкоджені тканини зберігали життєздатність протягом всього терміну спостереження (3 доби) (рис. 6).

Рис. 4 Тотальна гангрена ураженої кінцівки

Рис. 5 Уражена кінцівка після проведення некрофасціотомії

Рис. 6 Збереження життєздатності кінцівки в результаті комбінованого лікування

Об'єктивна характеристика некробіотичних процесів в термічно уражених тканинах при застосуванні запропонованих методів лікування одержана при їх гістологічному дослідженні.

Не зважаючи на існуючу в комбустіологічній літературі сталу думку про пізню реакцію (мінімум 2 тижні) кісткової тканини на опікове ураження нами проведені рентгенологічні до-

слідження зони модельованого опіку на рентген-апараті Neo-Diagnomax (Угорщина).

У групі порівняння на 3 добу спостереження при рентгенографії виявляється неоднорідність періартикулярних м'яких тканин з їх вадами в проекції колінного суглоба. Патологічний перелом проксимальної третини великогомілкової кістки, підвищення інтенсивності й обсягу м'яких тканин гомілки (рис. 7).

Рис. 7. Рентгенограма щура групи порівняння на 3 добу спостереження

В основній групі (некротомія й інфільтрація озонованим фізіологічним розчином) спостерігається підвищення інтенсивності й неоднорідності періартикулярних м'яких тканин проекції колінного суглоба. Кістково-деструктивних змін не виявлено.

В динаміці спостереження нелікованих уражень зростали неоднорідність м'яких тканин (періартикулярних та гомілки), зменшення об'єму. Визначалось витончення, нечіткість замикальних пластин колінного суглобу. У проксимальному епіфізі великогомілкової кістки визначалась ділянка деструкції кісткової тканини.

Таким чином динаміка макроскопічних спостережень за перебігом ранового процесу та рентгенологічні дослідження відображають їх відповідність тяжкості термічної травми та позитивний вплив запропонованих лікувальних заходів.

Висновки

1. Розвиток компартмент-синдрому при циркулярних і субциркулярних опіках кінцівок та електроопіках є грізним ускладненням, яке призводить до різкого погіршення термічної травми й вимагає негайного хірургічного втручання.

2. Критичною точкою рівня внутрішньотканинного тиску слід вважати 20 мм рт. ст., підвищення є абсолютним показником до операції.

3. Ефективність некротомії можна підвищити шляхом застосування ряду медикаментозних препаратів, зокрема місцевої інфільтрації озонованим фізіологічним розчином.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Boccara D, Lavocat R, Soussi S, et al. Pressure guided surgery of compartment syndrome of the limbs in burn patients. *Ann.Burns. Fire Disasters.* 2017;30(3):193-197.
2. Taylor RM. Acute compartment syndrome: obtaining diagnosis, providing treatment, and minimizing medicolegal risk. *Curr.Rev.Musculoskelet Med.* 2012;5:206-213.
3. Farber A. Early fasciotomy in patients with extremity vascular injury is associated with decreased risk of adverse limb outcomes: a review of the National Trauma Data Bank. *Injury.* 2012;43(9):1486-1491.
4. Страфун СС, Козинец ГП, Ткач АВ. Диагностика компартмент-синдрома у пациентов с ожогами конечностей. *Таврический медико-биологический вестник.* 2012;4 (60):394-398.
5. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Council of Europe. Strasbourg. 1986;123:52.
6. Кравцов ОВ, Козін ЮІ, Ісаєв ЮІ, винахідники; ДУ "Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева НАМН України", патентовласник. Спосіб керованого моделювання термічних опіків у лабораторних тварин. Патент України № 126980. 2018 лип. 10.
7. Кравцов ОВ, Козін ЮІ, Ісаєв ЮІ, Курбанов ТА, винахідники; ДУ "Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева НАМН України", патентовласник. Пристрій для моделювання експериментальних термічних опіків. Патент України № 131557. 2018 січ. 25.

REFERENCES

1. Boccara D, Lavocat R, Soussi S, et al. Pressure guided surgery of compartment syndrome of the limbs in burn patients. *Ann.Burns. Fire Disasters.* 2017;30(3):193-197.
2. Taylor RM. Acute compartment syndrome: obtaining diagnosis, providing treatment, and minimizing medicolegal risk. *Curr.Rev.Musculoskelet Med.* 2012;5:206-213.
3. Farber A. Early fasciotomy in patients with extremity vascular injury is associated with decreased risk of adverse limb outcomes: a review of the National Trauma Data Bank. *Injury.* 2012;43(9):1486-1491.
4. Strafun SS, Kozinets GP, Tkach AV. Diagnostika kompartment-sindroma u patsientov s ozhogami konech-

- nostey. Tavrisheskiy mediko-biologicheskiy vestnik. 2012;4 (60):394-398. [In Ukrainian].
5. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Council of Europe. Strasburg. 1986;123:52.
6. Kravtsov OV, Kozin YuI, Isaev YuI, vinahidniki; DU "Institut zagalnoyi ta nevidkladnoyi hirurgiyi im. V. T. Zaytseva NAMN Ukrayini», patentovlasnik. Sposib kerovanogo modelyuvannya termichnih opikiv u laboratornih tvarin. Patent Ukrayini № 126980. 2018 lip. 10. [In Ukrainian].
7. Kravtsov OV, Kozin YuI, Isaev YuI, Kurbanov TA, vinahidniki; DU "Institut zagalnoyi ta nevidkladnoyi hirurgiyi im. V. T. Zaytseva NAMN Ukrayini», patentovlasnik. Pristriy dlya modelyuvannya eksperimentalnih termichnih opikiv. Patent Ukrayini № 131557. 2018 sich. 25. [In Ukrainian].

КЛИНИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТКАНЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОМПАРТМЕНТ- СИНДРОМА ПРИ ОЖОГАХ

**В. В. Бойко, Т. А. Курбанов,
А. В. Кравцов, Ю. И. Исаев,
Е. А. Кравцова**

Реферат. Компартмент-синдром — местный гипертензивно-ишемический синдром — грозное осложнение травматических повреждений тканей, основой которого является повышение внутрифасциального давления мышечных массивов выше 20 мм. Лечение этого опасного состояния осуществляется путем экстренного хирургического вмешательства с целью декомпрессии тканей.

Целью исследования было изучение в эксперименте клинкоморфологического развития компартмент-синдрома при ожогах и проведение оценки эффективности операций некротомии и пропитки пораженных тканей озонированным физиологическим раствором.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на 18 крысах линии WAG, весом 190-210 г. Материалом исследования была кожа с прилежащими мягкими тканями области бедра. Для моделирования экспериментальных глубоких ожогов применено разработанное нами устройство для формирования ожогов, стандартных по глубине и площади поражения. После формирования ожога проводили измерение внутритканевого давления.

Результаты исследования и их обсуждение. Динамика макроскопических наблюдений за ходом раневого процесса и рентгенологические исследования отображают их соответствие тяжести термической травмы и положительное влияние предложенных лечебных мероприятий.

Выводы. 1. Развитие компартмент-синдрома при циркулярных и субциркулярных ожогах конечностей и электроожогах является грозным осложнением, приводящим к резкому ухудшению термической травмы и требует немедленного хирургического вмешательства.

2. Критической точкой уровня внутритканевого давления следует считать 20 мм, повышение является абсолютным показателем к операции.

3. Эффективность некротомии можно повысить путем применения ряда медикаментозных препаратов, в частности местной инфильтрации озонированным физиологическим раствором.

Ключевые слова: ожоги, хирургическое лечение, компартмент-синдром

CLINICAL DYNAMICS
OF TISSUE CHANGES
IN THE FORMATION
OF COMPARTMENT
SYNDROME IN BURNS

V. V. Boiko,
T. A. Kurbanov,
O. V. Kravtsov,
Yu. I. Isaev,
E. A. Kravtsova

Summary. Compartment syndrome — local hypertensive-ischemic syndrome - a formidable complication of traumatic tissue damage, the basis of which is the increase in intrafascial pressure of muscle masses above 20 mm. The treatment of this dangerous condition is carried out by emergency surgery to decompress tissues.

The aim of the study was to study in an experiment the clinical and morphological development of the compartment syndrome for burns and to evaluate the effectiveness of necrotomy operations and impregnation of affected tissues with ozonized physiological saline.

Materials and methods. The experiment was carried out on 18 rats of the WAG line, weighing 190-210 g. The study material was skin with adjacent soft tissues of the thigh area. To simulate experimental deep burns, we used a device developed by us for the formation of burns, standard in depth and area of the lesion. After the burn was formed, interstitial pressure was measured.

Research results and discussion. The dynamics of macroscopic observations of the wound process and x-ray studies reflect their correspondence to the severity of thermal injury and the positive impact of the proposed therapeutic measures.

Conclusions. 1. The development of the compartment syndrome with circular and subcircular limb burns and electric burns is a formidable complication, leading to a sharp deterioration in thermal injury and requires immediate surgical intervention.

2. The critical point of the level of interstitial pressure should be considered 20 mm, the increase is an absolute indicator for the operation.

3. The effectiveness of necrotomy can be improved by the use of a number of medications, in particular local infiltration with ozonized saline.

Key words: *burns, surgical treatment, compartment syndrome*