

ВІЙСЬКОВА МЕДИЦИНА

УДК 612.084::74:621.313.822:616-001.46

*В.В. Негодуйко**Военно-медицинский клинический центр Северного региона
Министерства обороны Украины, г. Харьков***ИЗМЕНЕНИЯ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
МАГНИТА И ФЕРРОМАГНИТНОГО ИНОРОДНОГО ТЕЛА**

Проанализированы результаты экспериментальных исследований, проведенных на кролях. Показаны особенности изменений, происходящих в мышечной ткани различной толщины в динамике при взаимодействии магнита разной силы магнитного поля и инородного тела правильной и неправильной формы. Экспериментальным путем доказана безопасность использования хирургического магнитного инструментария для удаления ферромагнитных металлических инородных тел.

Ключевые слова: *инородное тело, магнит, мышечная ткань.*

Введение

В XXI ст. изменились системы вооружений, характер военных конфликтов, величина и структура санитарных потерь, что потребовало иной хирургической помощи раненым [1, 2]. В современной медицинской науке возникли новые направления, понятия, термины [3–5]. К таким направлениям относится и разработка магнитного хирургического инструментария, который хорошо зарекомендовал себя на этапах оказания квалифицированной и специализированной хирургической помощи. Были созданы наборы хирургического магнитного инструмента, которые используют в условиях военных госпиталей [6, 7]. Изучение изменений, происходящих в мышечной ткани при взаимодействии магнита и ферромагнитного металлического инородного тела, позволяет создать безопасный и малотравматичный инструментарий, а следовательно, повысить качество хирургической помощи.

Цель работы – изучить взаимодействие магнита с разной силой магнитного поля с ферромагнитным металлическим инородным телом на живую мышечную ткань разной толщины, находящуюся между магнитом и ферромагнитным металлическим инородным телом в динамике.

Материал и методы

Оборудованием для исследования служили отрывная испытательная машина Р-0,5

(измерение силы удержания ферромагнитного инородного тела), датчик Холла (измерение силы магнитного поля), измерительная линейка, секундомер, оптико-диагностическое устройство «Green Light» (Германия) с программным обеспечением и насадкой с увеличением 60.

Изучаемая сила магнитного поля неодимового магнита составляла 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 Тл. Магниты с указанным полем в последующем были использованы для изготовления инструмента. Изучаемая толщина мышечной ткани после сдавления – 2, 3, 4 и 5 мм. Временной фактор – 5, 10, 15, 20, 25 и 30 минут. Эти временные промежутки характеризуют время взаимодействия магнита с инородным телом в тканях во время оперативного вмешательства.

Рана размерами 4 см наносится на подготовленный участок (побритый предварительно за 2 часа до исследования) с помощью скальпеля с выполнением фасциотомии без повреждения мышц. Участок мышц, который планировался для использования в эксперименте, изучали до и после его сдавления, что позволяло оценить особенности микроциркуляции и обратимость изменений.

Магниты представлены неодим-железобор-магнитами в виде шайб размерами 10x8 мм (0,5 Тл), 6x8 мм (0,4 Тл), 7x8 мм (0,3 Тл), 9x8 мм (0,2 Тл). В основу положен магнит в виде шайбы 5x8 мм (0,5 Тл), сила магнитного поля

© В.В. Негодуйко, 2017

которого уменьшалась на 0,1 Тл благодаря добавлению к основному магниту магнитной прослойки разной толщины.

Изучаемые ферромагнитные металлические инородные тела имели форму шайбы размерами 6x4 мм, массой 0,6 г и такую же форму и массу с клиновидным выступом на 1 мм по линии радиуса шайбы. Площадь соприкосновения инородного тела правильной формы с магнитом составила 28,3 мм², что соответствовало площади рабочей части магнита, а с инородным телом неправильной формы – 14,1 мм², что связано с соприкосновением не всей поверхностью.

Сила удержания магнитами инородного тела составила 0,5 Тл – 2,8 кг; 0,4 Тл – 1,6 кг; 0,3 Тл – 0,8 кг; 0,2 Тл – 0,3 кг.

В живых тканях оценивали степень ишемии и деструкции путем осмотра с помощью оптико-диагностического устройства «Green Light» с программным обеспечением и насадкой (x60). Исследуемая ткань – мышечная. В неизменной мышечной ткани отсутствуют кровоизлияния и размер капилляров составляет 0,7 мм или более.

Критериями оценки изменений микроциркуляции, выявленных в процессе исследования, были наличие и количество кровоизлияний, сужение просвета капилляров. Наличие, преобладание или равенство одного из двух признаков (кровоизлияния или сужения просвета капилляра) было достаточным для трактовки данных. Изменения в ткани трактовались как незначительные, умеренные и выраженные в зависимости от степени ишемии. Для незначительных изменений характерны единичные кровоизлияния, сужение просвета капилляров в пределах 0,5–0,7 мм. Для умеренных изменений характерны наличие множественных кровоизлияний, сужение просвета капилляров в пределах 0,3–0,5 мм; для выраженных изменений – наличие множественных сливных кровоизлияний, сужение просвета капилляра менее 0,3 мм. Количество измерений по одному параметру составляет 10. В качестве живой модели использовали кролика породы шиншилла, который был фиксирован к станку и обезболен за 15 мин до исследования налбуфином в дозировке 0,3 мг/кг массы тела и местно 0,25%-ным раствором новокаина. Исследовали мышцы задней поверхности бедра.

Данные эксперимента в последующем использовали для создания магнитного инструмента на основе тканещающего подхода к

оперативному вмешательству с учетом времени операции.

Во время эксперимента отмечались типичные изменения мягких тканей по количеству кровоизлияний, увеличивающихся от центра к периферии, что соответствует направлению силовых линий магнитного поля. За основной показатель брались изменения в мышечной ткани на периферии участка сдавления.

Результаты и их обсуждение

Внешний вид используемых в эксперименте неодим-железо-бор-магнитов показан на рис. 1. Внешний вид ферромагнитных металлических инородных тел, используемых в эксперименте, показан на рис. 2. Внешний вид раны с магнитом, инородным телом (металлической шайбы) и участок мышц между магнитом и инородным телом показаны на рис. 3.

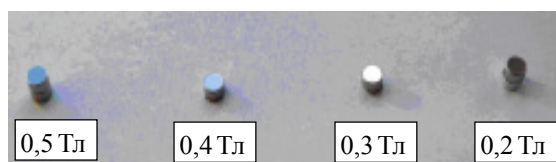


Рис. 1. Внешний вид неодим-железо-бор-магнитов, используемых в эксперименте



Рис. 2. Внешний вид ферромагнитных металлических инородных тел, используемых в эксперименте:

1 – инородное тело правильной формы в виде шайбы; 2 – инородное тело неправильной формы с наличием клиновидного выпячивания в середине формы на основе шайбы



Рис. 3. Внешний вид экспериментальной раны: 1 – магнит; 2 – участок мышц; 3 – металлическая шайба (инородное тело)

Внешний вид неизменной мышечной ткани при использовании опико-диагностического устройства «Green Light», которое позволяет в режиме реального времени оценить изменения в мягких тканях до проведения исследования, показан на рис. 4. Данные, полученные при исследовании взаимодействия магнита с инородным ферромагнитным металлическим телом, показаны на рис. 5.

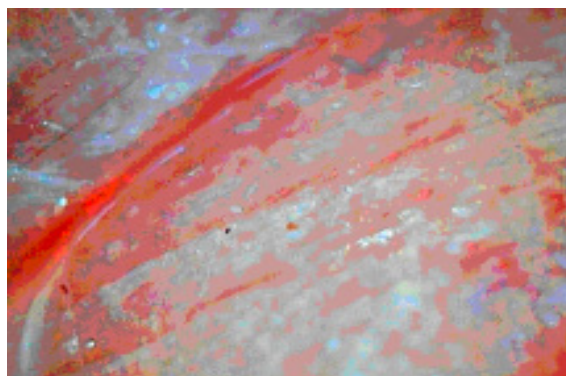


Рис. 4. Внешний вид неизменной мышечной ткани до проведения исследования, $\times 60$

Изменения в мышечной ткани в зависимости от силы магнитного поля магнита, тол-

щины мышечного слоя в динамике показаны в таблице.

Макроскопическое исследование показало, что участок мышц, находившихся между магнитом и инородным ферромагнитным металлическим телом, представляет собой место сдавления с кровоизлияниями, определяемыми визуально (рис. 6).

При изучении особенностей взаимодействия инородного тела неправильной формы с магнитами с силой магнитного поля 0,4 и 0,5 Тл одновременно наблюдались значительные, умеренные и незначительные изменения. Максимальные изменения в мышечной ткани наблюдались по линии соприкосновения. Все изменения были обратимы, так как временной фактор и сила удержания инородного тела были рассчитаны с учетом минимального повреждающего действия на мышечную ткань (до 30 мин).

Для разработки хирургического магнитного инструмента важным показателем является сила удержания инородного тела. При ее увеличении в результате увеличения размеров магнита, площади соприкосновения и наличия мягких тканей между магнитом и ферро-

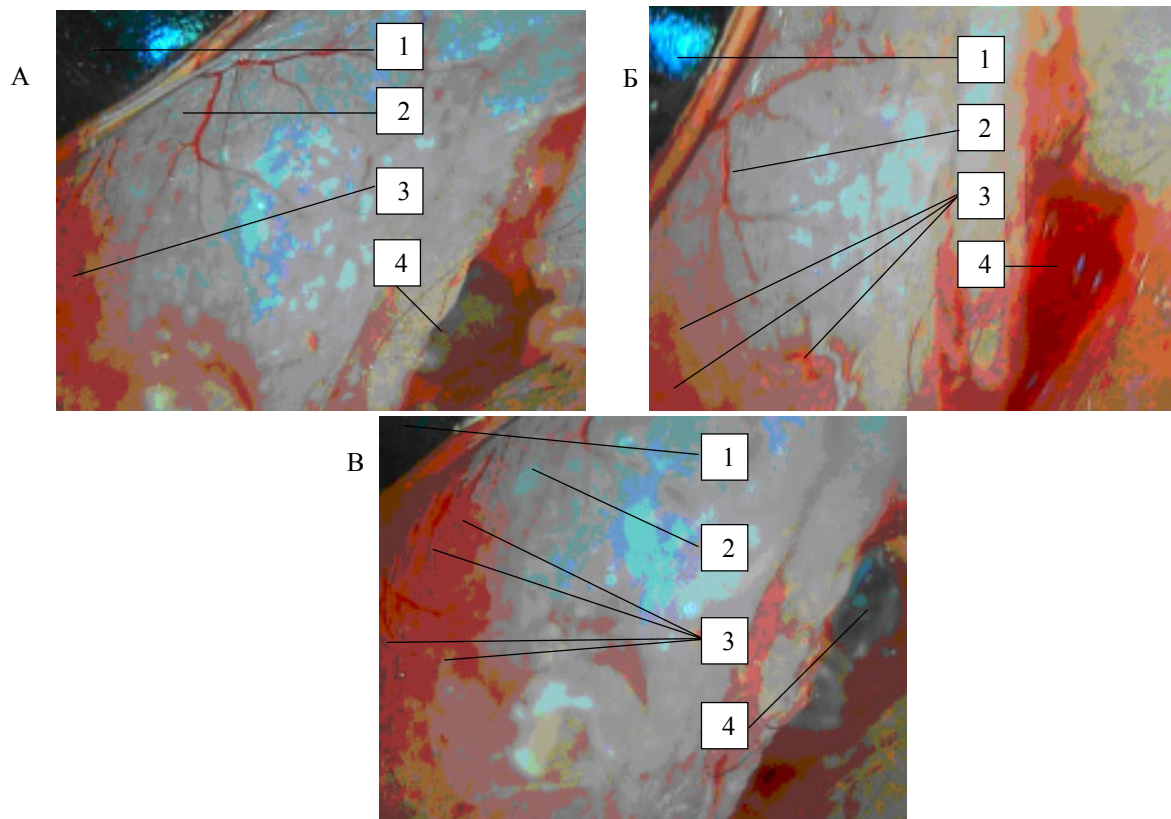


Рис. 5. Данные, полученные с помощью опико-диагностического устройства «Green Light»: А – незначительные изменения; Б – умеренные; В – выраженные: 1 – магнит; 2 – капилляр; 3 – кровоизлияние; 4 – ферромагнитное металлическое инородное тело; на рисунке Б 4 – раневой экссудат, $\times 60$

*Изменения в мышечной ткани в зависимости от толщины мышечного слоя
и силы магнитного поля магнита*

Толщина слоя, мм	Сила магнитного поля, Тл	Изменения в мышечной ткани в течение времени, мин					
		5	10	15	20	25	30
2	0,2	у	у	у	у	в	в
	0,3	у	у	у	в	в	в
	0,4	у	в	в	в	в	в
	0,5	в	в	в	в	в	в
3	0,2	у	у	у	у	у	в
	0,3	у	у	у	у	у	в
	0,4	у	у	у	в	в	в
	0,5	в	в	в	в	в	в
4	0,2	н	н	н	н	у	у
	0,3	н	н	н	н	в	у
	0,4	н	н	н	у	в	в
	0,5	у	у	у	в	в	в
5	0,2	н	н	н	н	н	н
	0,3	н	н	н	н	у	у
	0,4	н	н	н	н	у	в
	0,5	у	у	у	в	в	в

Примечание. у – умеренные; н – незначительные; в – выраженные.

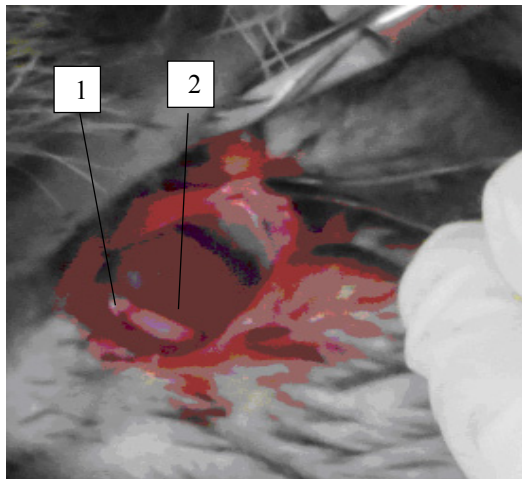


Рис. 6. Место сдавления участка мышечной ткани, определяемое визуально:

- 1 – место сдавления с кровоизлияниями;
2 – мышца задней поверхности бедра

магнитным металлическим инородным телом возрастает степень повреждающего воздействия на ткань, вплоть до некротических изменений. Эти данные учитывались при создании

инструмента с соблюдением тканесдавлиющего и миниинвазивного принципов.

Выводы

1. При уменьшении толщины мышечного слоя и увеличении силы магнитного поля наблюдаются максимальные изменения в ткани.

2. При сдавлении участка мышцы инородным телом неправильной формы изменения в мышечной ткани распределяются неравномерно, наиболее выражены они по линии соприкосновения.

3. Наиболее оптимальными для извлечения ферромагнитных металлических инородных тел являются неодимовые магниты с силой магнитного поля 0,4 и 0,5 Тл при силе удержания 4,8 и 5 кг соответственно и времени удержания до 30 минут, что достаточно для извлечения ферромагнитного металлического инородного тела.

4. Применяемый метод цифровой контактной прижизненной капилляроскопии позволяет объективизировать изменения, наблюдаемые в живых тканях, и является перспективным.

Список литературы

1. Беленький В.А., Негодуйко В.В. Особенности применения хирургического магнитного инструмента для диагностики и удаления ферромагнитных металлических инородных тел мягких тканей огнестрельного происхождения // Сучасні аспекти військової медицини. Зб. наук. праць Національного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України. Вип. 23. Додаток. К., 2016. С. 9–10.
2. Вказівки з воєнно-польової хірургії / за ред. Я.Л. Заруцького, А.А. Шудрака. – К.: СПД Чалчинська Н.В., 2014. 396 с.

3. Военно-полевая хирургия: учебник / под ред. Е.К. Гуманенко; Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 768 с.

4. Михайлузов Р.Н., Негодуйко В.В. Результаты применения хирургических магнитных инструментов для обследования ран и удаления ферромагнитных инородных тел // Клінічна хірургія. 2016. № 7. С. 58–60.

5. Пат. на корисну модель №100226 (UA). Інструмент магнітний багатофункціональний для діагностики і видалення металевих феромагнітних сторонніх тіл / Михайлузов Р.М., Негодуйко В.В.; Біленький В.А.; заявл. 15.04.15; опубл. 25.08.15. Бюл. № 16.

6. Пат. на корисну модель №100225 (UA). Інструмент для обстеження та вимірювання ранового каналу / Михайлузов Р.М., Негодуйко В.В., Біленький В.А.; заявл. 15.04.15; опубл. 25.08.15. Бюл. № 16.

7. Пат. на корисну модель №105452 (UA). Пристрій гнучкий для видалення феромагнітних сторонніх тіл / Михайлузов Р.М., Великодний О.М., Біленький В.А., Негодуйко В.В., Бородай В.О.; заявл. 04.08.15; опубл. 25.03.16. Бюл. № 6.

References

1. Belen'kiy V.A., Negoduyko V.V. (2016). Osobennosti primeneniya khirurgicheskogo magnitnogo instrumenta dlya diagnostiki i udaleniya feromagnitnykh metallicheskih inorodnykh tel myagkikh tkaney ognestrel'nogo proiskhozhdeniya // Sovremennyye aspekty voyennoy meditsiny / Sbornik nauchnykh trudov Natsional'nogo voyenno-meditsinskogo klinicheskogo tsentra «GVKG» MO Ukrainy. Vyp. 23. Prilozheniye. K. S. 9–10.

2. Vkazivky z voyenno-polevoyi khirurgiyi / Za redaktsiyeyu Ya.L. Zarutskoho, A.A. Shudraka. – Kyiv: SPD Chalchynska N.V., 2014. 396 s.

3. Voenno-polevaya khirurgiya: uchebnyk. 2-e izd., pererab. i dop.; pod redaktsiyey Ye.K. Gumanenko. M.: GEOTAR-Media, 2015. 768 s.

4. Mikhaylusov R.N., Negoduyko V.V. (2016). Rezul'taty primeneniya khirurgicheskikh magnitnykh instrumentov dlya obsledovaniya ran i udaleniya ferromagnitnykh inorodnykh tel // Klinichna khirurgiya. № 7. S. 58–60.

5. Patent na korysnu model № 100226 (UA). Instrument mahnitnyy bahatofunktsionalnyi dlya diahnostryky i vydalennya metalevykh feromahnitnykh storonnikh til / R.M. Mykhaylusov, V.V. Nehoduyko, V.A. Bilenkyi (Ukrayina); zayavl. 15.04.2015; opubl. 25.08.2015. Byul. № 16.

6. Patent na korysnu model № 100225 (UA). Instrument dlya obstezhennya ta vymiryuvannya ranovoho kanalu / R.M. Mykhaylusov, V.V. Nehoduyko, V.A. Bilenkyi (Ukrayina); zayavl. 15.04.2015; opubl. 25.08.2015. Byul. № 16.

7. Patent na korysnu model №105452 (UA). Prystriy hnuchkyy dlya vydalennya feromahnitnykh storonnikh til / Mykhaylusov R.M., Velykodnyy O.M., Bilen'kyy V.A., Nehoduyko V.V., Boroday V.O.; zayavl. 04.08.2015; opubl. 25.03.2016. Byul. № 6.

V.V. Негодуйко

ЗМІНИ В М'ЯЗОВІЙ ТКАНИНІ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ МАГНІТУ І ФЕРОМАГНІТНОГО МЕТАЛЕВОГО СТОРОННЬОГО ТІЛА

Проаналізовано результати експериментальних досліджень, проведених на кролях. Показано особливості зміни в м'язовій тканині різної товщини в динаміці при взаємодії магніту різної сили магнітного поля і чужорідного тіла правильної і неправильної форми. Експериментальним шляхом доведено безпеку використання хірургічного магнітного інструментарію для видалення феромагнітних металевих сторонніх тіл.

Ключові слова: *стороннє тіло, магніт, м'язова тканина.*

V.V. Negoduyko

CHANGES IN MUSCLE TISSUE DURING THE INTERACTION OF A MAGNET AND A FERROMAGNETIC METALLIC FOREIGN BODY

The article analyzes the results of experimental studies conducted on rabbits. The features of the change in muscle tissue of different thickness in dynamics are shown in the interaction of a magnet of different strengths of the magnetic field and a foreign body of regular and irregular shape. The safety of using surgical magnetic instruments for the removal of ferromagnetic metallic foreign bodies has been proved experimentally.

Keywords: *foreign body, magnet, muscle tissue.*

Надійшла до редакції 03.07.17