https://doi.org/10.17116/sudmed20176058-10

Возможности использования синтетического компаунда для моделирования мягких тканей человека при исследовании огнестрельных повреждений

Д.юр.н., доц. И.В. ЛАТЫШОВ[1], к.х.н. В.А. ВАСИЛЬЕВ[1], д.ф-м.н., проф. И.В. ЗАПОРОЦКОВА[2], к.х.н., доц. Т.А. ЕРМАКОВА[2]

[1]Учебно-научный комплекс экспертно-криминалистической деятельности (нач. — д.юр.н., доц. И.В. Латышов) Волгоградской академии МВД России, Волгоград, Россия, 400089; [2]Институт приоритетных технологий (рук. — д.ф-м.н., проф. И.В. Запороцкова) Волгоградского государственного университета, Волгоград, Россия, 400062

Использование имитатора мягких тканей человека при проведении криминалистических и судебно-медицинских исследований обусловлено потребностями экспертной практики.

Цель работы — разработка синтетического имитатора мягких тканей человека (компаунд) для проведения достоверных сравнительных криминалистических и судебно-медицинских исследований огнестрельных повреждений. Синтетический компаунд получали путем смешивания нефтяного и/или синтетического масла с полимерным загустителем с последующим нагреванием смеси в течение 5 ч при температуре 90 °С. Затем к смеси добавляли петролатум и/или церезин, и/или парафин. На заключительном этапе — ионол с последующей заливкой смеси в форму размером 70×70×210 мм и охлаждением при температуре 40 °С в течение 10—12 ч. Экспериментальную стрельбу осуществляли с дистанций 0—60 см из автомата Калашникова (АКС-74У) патронами 5,45×39 мм (7Н6); пистолета Макарова патронами 9×18 мм и револьвера Наган патронами ЧЕЛП-1000 по 5 выстрелов из каждой модели оружия. Экспериментальные повреждения оценивали путем визуального осмотра входного/выходного отверстия и пулевого канала, а также криминалистического исследования полей нарезов на снарядах. Технология получения компаунда на основе сополимеров этилена, пропилена и бутадиена и таких низкомолекулярных соединений, как парафины и церезины, обладающих гомогенной структурой, позволяет изменять реологические и механические свойства имитатора мягких тканей человека при решении диагностических и идентификационных задач в рамках выполнения криминалистических и судебно-медицинских экспертиз.

Ключевые слова: многофункциональный компаунд, моделирование мягких тканей человека, огнестрельное повреждение, судебно-медицинская экспертиза.

The possibility of using the synthetic compound for the purpose of modeling of the human soft tissues in connection with the evaluation of gunshot damages

I.V. LATYSHOV[1], V.A. VASIL'EV[1], I.V. ZAPOROTSKOVA[2], T.A. ERMAKOVA[2]

[1]Educational and Scientific Complex of expert and Criminalistic Activities, Volgograd Academy of the Ministry of Internal Affairs, Volgograd, Russia, 400089; [2]Institute of Priority Technologies, Volgograd State University, Volgograd, Russia, 400062

The necessity of using a simulator of human soft tissues for the purpose of criminalistic and forensic medical expertises is dictated by the requirements put forward by the expert practice. The objective of the present study was to develop a synthetic simulator of the human soft tissues (compound) to ensure reliability of comparative criminalistics and forensic medical studies for the evaluation of gunshot injuries. The synthetic compound was prepared by mixing up the petroleum and/or synthetic oil with a polymeric thickening agent. This procedure was followed by heating the mixture at 90 degrees Celsius during 5 hours. Thereafter, petrolatum and/or ceresin and/or paraffin were added to the mixture. At the final stage, ionol was introduced, and the mixture was poured into a mold measuring 70×70×210 mm with its subsequent cooling down to 40 degrees Celsius during 10—12 hours. The experimental shooting was effected from the Kalashnikov AKS-74U assault rifle using the 5.45×39 mm (7H6) cartridges, Makarov pistol using the 9×18 mm cartridges and Nagant pistol using the CHELP-1000 cartridges. Five shots were fired from each of the three models. The experimental gunshot damages were evaluated visually by examining the inlet and exit openings and the bullet channel. In addition, criminalistic analysis of the grooves in cartridges was carried out. The technology for the fabrication of synthetic compounds based on ethylene, propylene, and butadiene co-polymers in the combination with such low molecular weight compounds as paraffins and ceresins having a homogeneous structure makes it possible to vary the rheological and mechanical properties of the simulators of human soft tissues for the solution of diagnostic and identification problems in the framework of criminalistics and forensic medical expertises.

Keywords: multifunctional compound, modeling of human soft tissues, gunshot damages, forensic medical expertise.

Криминалистическое и судебно-медицинское исследование оружия, патронов и следов их воздействия основывается на результатах оценки поражающих свойств оружия, данных о характере и механизме образования повреждений [1—3]. Методически решению данных задач может способствовать проведение экспертного эксперимента, сопряженного в ряде случаев с материальным моделированием свойств поражаемого объекта. В силу из-

© Коллектив авторов, 2017

[1]e-mail: latyshov@gmail.com; [2]e-mail: irinazaporotskova@gmail.com

вестных причин особые проблемы вызывает моделирование таких объектов, как тело человека, включая имитаторы его мягких тканей.

Следует отметить, что науке и практике известны пути решения данных задач. Так, в случае повреждения мягких тканей эксперименты проводят на объектах, близких по свойствам. В качестве экспериментального объекта используют водные среды с добавлением загустителей в виде мыла [4] либо органических полимеров [5], а также синтетические материалы на основе силоксановых каучуков [6] или композиции из термопластичного блок-сополимера [7]. Специалисты Федерального бюро расследований (США) для этих целей применяют 10% гель желатина в воде, приготовленный при температуре 4 °С [8].

Перечисленные материалы, удовлетворяя по ряду своих свойств требованиям, обеспечивающим решение задач криминалистического исследования оружия, патронов и следов их воздействия, не могут в полной мере претендовать на полное замещение натурного объекта. Одна из проблем технологического характера — сложность воссоздания различного сочетания плотности составных элементов в моделях мягких тканей человека. Морфология и характер огнестрельных повреждений при этом, существенно различаются в зависимости от структуры ткани и ее локализации на теле человека. Следует учитывать проблемы изменения физических характеристик материалов [4—8], связанных с воздействием внешних условий (низкая влажность, высокая температура), которые приводят к испарению воды и изменению реологических характеристик тканей вплоть до их полного разложения. Растворы биополимеров обладают низкими бактерицидными и фунгицидными свойствами. Системы на основе синтетических материалов оказываются чувствительными к продуктам выстрела, а окисляемость полимеров, применяемых в качестве загустителей, не позволяет использовать данный материал многократно ввиду изменения его реологических свойств.

Логично полагать, что соотносимый с биологическим объектом (тело человека) экспериментальный материал должен обладать соответствующими способностями к удержанию выстрелянных высокоскоростных снарядов (пуля, дробь, картечь) и самое главное — к воспроизведению повреждений, близких по своей морфологии к огнестрельным ранам (входная, выходная) и раневому каналу (размеры, форма), на биологических тканях.

С учетом этого при разработке многофункционального имитатора мягких тканей человека (компаунд) решали задачу создания материала, сходного по своим свойствам с мягкими тканями тела человека, в том числе мышечными. Задаваемые свойства компаунда определяли такие критерии, как стойкость к воздействию пламени, сохранение целостности объекта после воздействия на него поражающих факторов выстрела, возможность регулирования реологических характеристик материала в заданном диапазоне [9]. Управление этими свойствами имело важное значение для моделирования необходимых морфологических свойств материала в ходе экспериментальных огнестрельных повреждений (входное и выходное отверстия, раневой канал).

Мягкие ткани не оказывают разрушающего воздействия на конструкцию огнестрельного снаряда, особенно оболочечного. В связи с этим в числе предъявляемых к компаунду свойств задавалась способность сохранения целостности снаряда, включая сохранность следов нарезки от канала ствола на его поверхности. Таким образом, компаунд должен также выполнять функции среды пулеуловителя не только для оболочечных, но и для безоболочечных снарядов, что в совокупности с задачей моделирования свойств мягких тканей человека отражает его многофункциональность.

Цель работы — разработка синтетического имитатора мягких тканей человека (компаунд) для проведения достоверных сравнительных криминалистических и судебно-медицинских исследований огнестрельных повреждений.

Материал и методы

Синтетический компаунд получали путем смешивания нефтяного и/или синтетического масла с полимерным загустителем. Затем нагревали смесь в течение 5 ч при температуре 90 °С. Далее к смеси добавляли петролатум и/или церезин, и/или парафин, на заключительном этапе — ионол. Полученную смесь охлаждали до температуры 40 °С и помещали в необходимую форму на 10—12 ч [10].

Результаты и обсуждение

При указанном соотношении компонентов **(см. таблицу)** реологические свойства компаунда оставались практически постоянными (±10%) и не отличались от свойств 10% геля желатина (по критерию пенетрации) при температуре 4±0,5 °С.

Последующие эксперименты свидетельствовали о возможности предложенной модели достоверно имитировать свойства мягких тканей человека. Реологические (вязкость, вязкоупругость, пенетрация) и механические (пластичность) характеристики модели легко видоизменялись под заданные свойства конкретного биологического объекта при проведении экспериментальных криминалистических и судебно-медицинских исследований.

Свойства компаунда оценивали путем проведения экспериментальной стрельбы по прямоугольным блокам размером 70×70×210 мм. Стрельбу осуществляли с дистанций 0—60 см из автомата Калашникова (АКС-74У) калибра 5,45 мм патронами 5,45×39 мм (7Н6); пистолета Макарова калибра 9 мм патронами 9×18 мм и револьвера Наган калибра 7,62 мм патронами ЧЕЛП-1000. Производили по 5 выстрелов из каждой модели оружия.

Результаты экспериментальной стрельбы по блокам компаунда оценивали путем визуального осмотра огнестрельных повреждений (входное, выходное, пулевой канал), а также криминалистического исследования пуль **(рис. 1—3 на цв. вклейке)**.

Анализ полученных данных [9, 11, 12] показал, что созданная синтетическая модель обеспечивала передачу общих закономерностей механизма образования и морфологии огнестрельных повреждений, формируемых в мягких тканях человека или в их аналогах.

Выстрелянные пули, изъятые из пулевого канала, не подверглись существенной деформации, включая безоболочечные снаряды. Изменение формы последних ограничивалось образованием незначительной конусности тела пуль с сохранением всех морфологических особенностей следов нарезов канала ствола, позволяя проводить сравнительные идентификационные исследования огнестрельного оружия.

Влияние состава образца компаунда на механические (реологические) свойства

№ п/п	Состав образца, масс. %	Пенетрация,[9] ед. пенетрации
1	10% водный раствор желатина (эталон)	44
2	Нефтяное масло И-40 — петролатум[1] — сополимер этилена и пропилена[2] — ионол[3]— 66:5:28:1	46
3	Синтетическое масло[4] — церезин[6] — парафин[8] — полиуретан[7] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 70:6:6:2:16:1	46
4	Нефтяное масло И-40 — синтетическое масло[4] — церзин[6] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 60:5:14:20:1	45
5	Нефтяное масло И-40 — парафин[8] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 66:11:22:1	43
6	Нефтяное масло И-40 — парафин[8] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 66:11:22,5:0,5	43
7	Нефтяное масло И-40 — петролатум[1] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 65:16:18:1	49
8	Нефтяное масло И-40 — петролатум[1] — сополимер этилена и пропилена[2] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 68:10:11:10:1	49
9	Нефтяное масло И-40 — петролатум[1] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 69:19:11:1	45
10	Нефтяное масло ИГП-40 — петролатум[1] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 68:24:7:1	44
11	Синтетическое масло[4] — петролатум[1] — сополимер этилена и бутадиена[5] — ионол[3] — 66:30:3:1	42

Примечание. [1]Петролатум нефтяной по ТУ 38.401166-90.
[2]Сополимер этилена и пропилена (10% масс. раствор в нефтяном масле И-20 кинематической вязкостью при температуре 100 °С не менее $1{,}1\cdot10^{-3}$ м^2/с).
[3]Ионол технический ГОСТ 10894-76.
[4]Полиальфаолефиновое масло по ТУ 0253-014-54409843–2007 производства ООО «Татнефть-Нижнекамскнефтехим-Ойл».
[5]Сополимер этилена и бутадиена (8% масс. раствор в нефтяном масле И-20 кинематической вязкостью при температуре 100 °С не менее $1{,}3\cdot10^{-3}$ м^2/с).
[6]Церезин синтетический высокоплавкий по ГОСТ 7658-74.
[7]Линейный полиуретан (8% масс. раствор в нефтяном масле И-20 кинематической вязкостью при температуре 100 °С не менее $1{,}2\cdot10^{-3}$ м^2/с).
[8]Парафин нефтяной твердый по ГОСТ 23863-98.
[9]Измерение проводили методом пенетрации по ГОСТ 1440-78 (1 ед. пенетрации = 0,1 мм, масса груза и иглы с держателем 50±0,05 и 2,50±0,05 г соответственно).

Выводы

Разработанная технология получения синтетического компаунда многоразового использования позволяет моделировать свойства мягких тканей человека.

Синтетический компаунд обеспечивает передачу общих закономерностей морфологии образуемых огнестрельных повреждений, аналогичных огнестрельным ранам на биологических материалах.

Выполняя функцию пулеуловителя, компаунд позволяет получать в качестве экспериментальных объектов выстрелянные пули, включая безоболочечные, без значительной деформации их конструкции с сохранением на них следов нарезов канала ствола оружия. Все это создает необходимые условия для решения широкого спектра диагностических и идентификационных задач в рамках проведения криминалистических и судебно-медицинских экспертиз.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Колкутин В.В., Мусин Э.Х. О механизме и морфологических особенностях повреждений эластичными снарядами патронов травматического действия. *Судебно-медицинская экспертиза***.** 2007;50(3):12-15. [*Kolkutin VV, Musin EKh.* Mechanism and morphological characteristics of injuries made by elastic bullets of traumatic action. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza*. 2007;50(3):12-15. (In Russ.)].
2. Мусин Э.Х., Лепик Д., Вяли М. Судебно-медицинская характеристика огнестрельных повреждений при выстрелах из пистолета GLOCK 19. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2006; 49(1):11-13. [Musin EKh, Lepik D, Vyali M. Forensic medical characteristics of Glock 19 pistol-shot wounds. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza.* 2006;49(1):11-13. (In Russ.)].
3. Райзберг С.А., Макаров И.Ю., Лоренц А.С. Особенности повреждений небиологических и биологических имитаторов тканей тела человека, причиненных из пневматической винтовки калибра 9,0 мм. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2015;58(2):9-13. [Raizberg SA, Makarov IYu, Lorents AS. The specific features of the damage to the non-biological and biological simulators of the human body inflicted by the shots from a 9.0 mm pneumatic rifle**.** *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza.* 2015;58 (2):9-13. (In Russ.)]. https://doi.org/10.17116/sudmed20155829-13
4. Денисов А.В., Озерецковский Л.Б., Божченко А.П., Дальжинов В.М. Глицериновое мыло в качестве имитатора биологических мягких тканей в экспериментах по раневой баллистике. *Судебная экспертиза*. 2016;1:73-84. [Denisov AV, Ozeretskovsky LB, Bozhchenko AP, Dalzhinov VM. Glycerin soap as a simulator of biological soft tissues in experiments on wound ballistics. *Sudebnaya ekspertiza.* 2016;1:73-84. (In Russ.)]. https://doi.org/10.17116/sudmed2016173-84
5. Richard KE. The government of the us, as represented by the secretary of the navy, assignee. Material Formulations for Human Tissue Simulation. US 2010/0311025. Dec. 9, 2010.
6. Долгополова Н.В., Угримов С.В., Сметанкина Н.В., Свет Е.В., Шупиков А.Н., Онгирский Г.Г. Патент РФ на изобретение №2386938/20.04.2010 Бюл. № 11. Имитатор птицы, способ его изготовления и способ испытания элементов его конструкций летательных аппаратов на ударную прочность при столкновении с птицей. Ссылка активна на 22.01.2017. [Dolgopolova NV, Ugrimov SV, Smetankina NV, Svet EV, Shupikov AN, Ongirskii GG. Patent RF na izobretenie №2386938/20.04.2010 Byul. № 11. Imitator ptitsy, sposob ego izgotovleniya i sposob ispytaniya elementov ego konstruktsii letatel'nykh apparatov na udarnuyu prochnost' pri stolknovenii s ptitsei. Accessed January 22, 2017] (In Russ.)]. http://www.freepatent.ru/patents/2386938
7. Darryl DA, Amick DD. *Gel compositions as muscle tissue simulant and related articles and methods*. US 2007/0116766 May 24, 2007.
8. Fackler M.L., Malinowski J.A. Ordnance gelatin for ballistic studies. Detrimental effect of excess heat used in gelatin preparation. *Am J Forensic Med Pathol.* 1988;9(3):218-219. https://doi.org/10.1097/00000433-198809000-00008
9. Попов В.Л., Шигеев В.Б., Кузнецов Л.Е. *Судебно-медицинская баллистика*. СПб.: Гиппократ. 2002. [Popov VL, Shigeev VB, Kuznetsov LE. *Sudebno-meditsinskaya ballistika*. SPb.: Gippokrat. 2002. (In Russ.)].
10. Ермакова Т.А., Запороцкова И.В., Латышов И.В., Копанев А.С., Васильев В.А. Патент РФ на изобретение №2557567/27.07.2015. Компаунд имитатор мышечных тканей человека. Бюл. № 21. Ссылка активна на 22.01.2017. [Ermakova TA, Zaporotskova IV, Latyshov IV, Kopanev AS, Vasil'ev VA. Patent RF na izobretenie №2557567/ 27.07.2015. Kompaund imitator myshechnykh tkanei cheloveka. Byul. № 21. (In Russ.). Accessed January 22, 2017]. http://www.findpatent.ru/patent/255/2557567
11. Озерецковский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В. *Раневая баллистика. История и современное состояние огнестрельного оружия и средств индивидуальной защиты*. СПб.: Калашников. 2006. [Ozeretskovsky LB, Gumanenko EK, Boyarintsev VV. *Ranevaya ballistika. Istoriya i sovremennoe sostoyanie ognestrel'nogo oruzhiya i sredstv individual'noi zashchity*. SPb.: Kalashnikov. 2006. (In Russ.)].
12. Nicholas NC, Ringsven JR. *Ballistic gelatin*. Institute for Non-Lethal Defense Technologies: The Pennsylvania State University. 2004.

К статье *Латышова И.В. и соавт.* «Возможности использования синтетического компаунда для моделирования мягких тканей человека при исследовании огнестрельных повреждений»



Рис. 1. **Блок компаунда в разрезе: «слепое» огнестрельное повреждение после выстрела из револьвера Наган патроном ЧЕЛП-1000 с дистанции 0 см.**

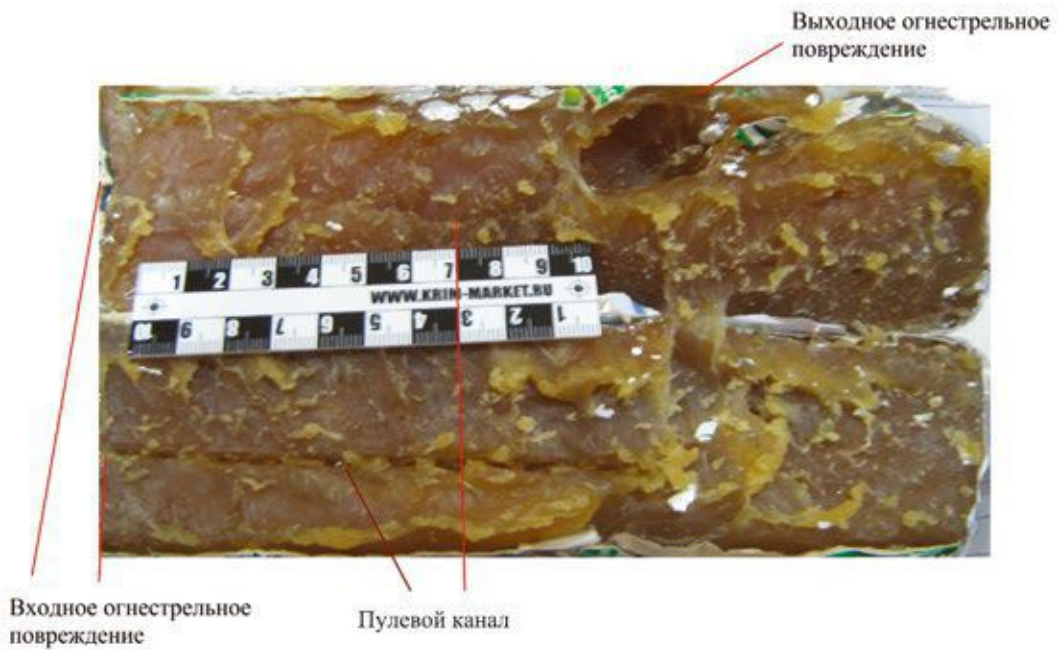


Рис. 2. **Блок компаунда в разрезе: «сквозное» огнестрельное повреждение после выстрела из автомата Калашникова (АКС-74У) патроном 5,45×39 мм (7Н6) с дистанции 60 см.**

К статье *Латышова И.В. и соавт.* «Возможности использования синтетического компаунда для моделирования мягких тканей человека при исследовании огнестрельных повреждений» *(окончание)*

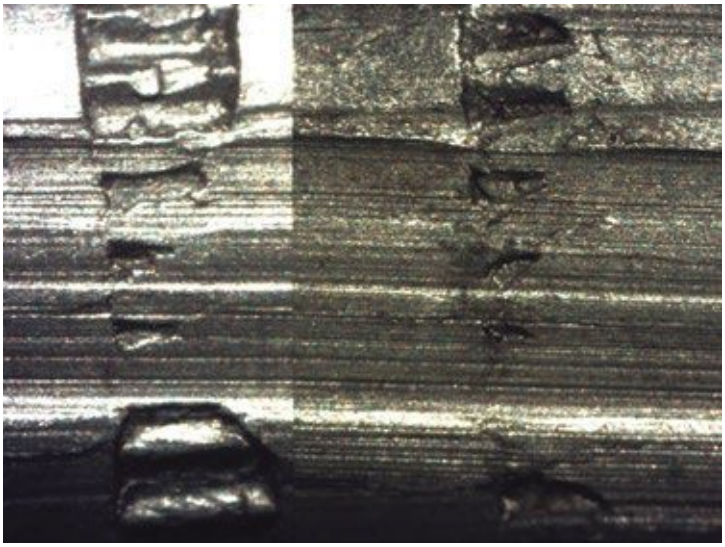
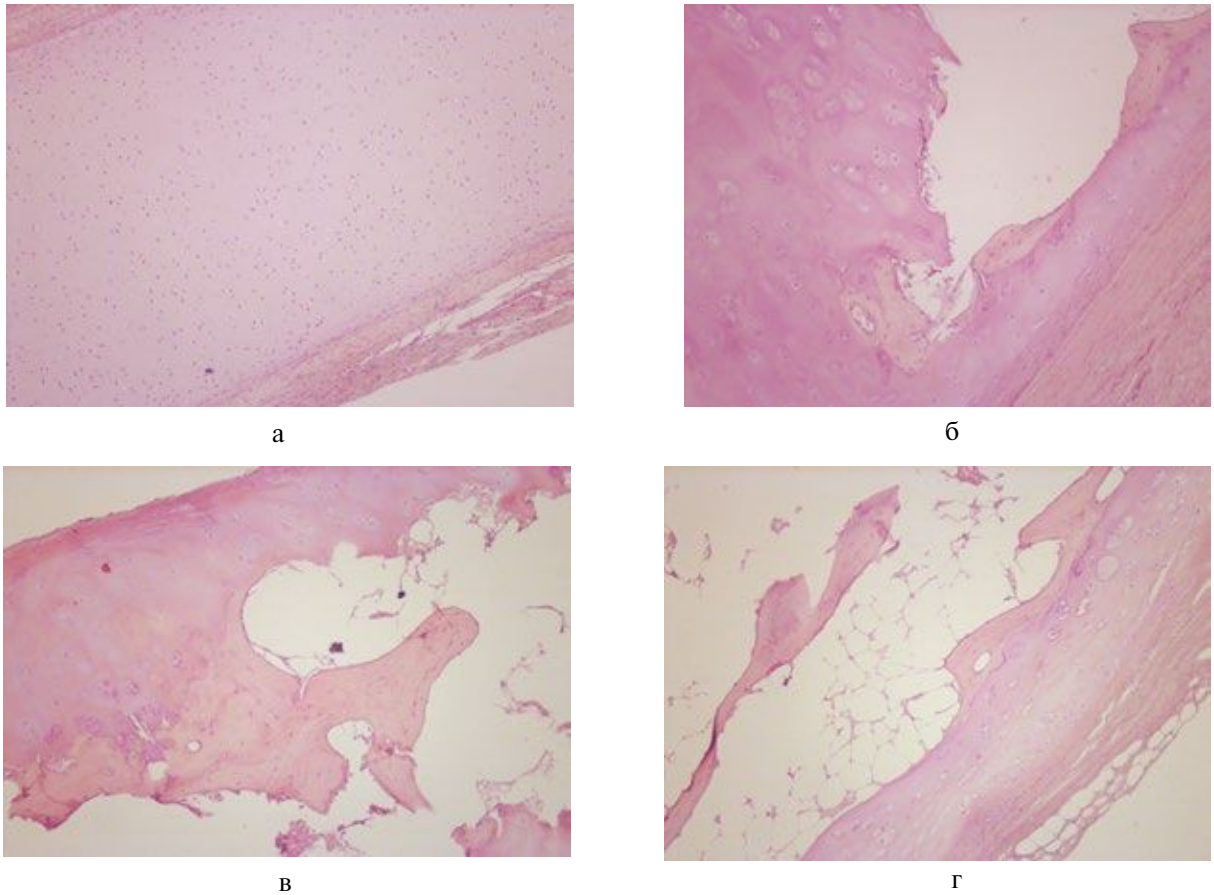


Рис. 3. **Совмещение следов полей нарезов на пуле, выстрелянной в водяной пулеуловитель (слева) и в блок компаунда (справа).**

К статье *Пиголкина Ю.И. и соавт.* «Возрастные изменения гистологической структуры щитовидного хряща у лиц мужского пола»



а б в г

Рис. 1. **Гистологическое строение щитовидного хряща в различные возрастные периоды.**
а — 2 года; б — 27 лет; в — 40 лет; г — 61 год.
Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 10.