



Оригинальное исследование

УДК 340.6

<http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-4-8>

СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ ВОЛОС, ПОВРЕЖДЕННЫХ ТУПЫМИ ПРЕДМЕТАМИ, ВЫЯВЛЯЕМЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Сергей Валерьевич Леонов^{1✉}, Павел Васильевич Пинчук², Александр Игоревич Сахаров³,
Игорь Валентинович Власюк⁴

^{1,2}111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз Минобороны России, Москва, Россия

¹sleonoff@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-04228-8973>

²pinchuk1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0223-2433>

³Федеральный медико-биологический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия, aleksasakharov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3840-6673>

⁴Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Россия, vlasuik1971@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9023-6898>

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных повреждений волос, причиненных тупыми предметами. В рамках исследования методом электронной микроскопии изучались торцевые срезы волос, для чего использовался сканирующий электронный микроскоп «Hitachi FlexSem1000 II». Были сформулированы и систематизированы признаки повреждений, вызванных действием тупых предметов с радиусом контактной поверхности 40-80 мкм. Установлена частота встречаемости признаков. Выявлена статистическая вероятность обнаружения признаков, указывающих на характеристики травмирующего предмета. Исследование проиллюстрировано полученными при сканирующей электронной микроскопии изображениями. Сделаны выводы о характере разрушения волос с позиции теории сопротивления материалов. Произведен анализ публикаций по теме исследования.

Ключевые слова: повреждения волос, тупыми предметами, электронная микроскопия, хрупкое разрушение

Для цитирования: Судебно-медицинская характеристика изменений волос, поврежденных тупыми предметами, выявляемых методом электронной микроскопии / С.В. Леонов, П.В. Пинчук, А.И. Сахаров и др. // Дальневосточный медицинский журнал. – 2024. – № 4. – С. 51-54. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-4-8>.

FORENSIC CHARACTERISTICS OF HAIR CHANGES DAMAGED BY BLUNT OBJECTS DETECTED BY ELECTRON MICROSCOPY

Sergey V. Leonov^{1✉}, Pavel V. Pinchuk², Aleksandr I. Sakharov³, Igor V. Vlasjuk⁴

^{1,2}111 Chief state center for medical forensic and criminalistical examinations» of the Ministry of Defense Russian Federation, Moscow, Russia

¹sleonoff@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-04228-8973>

²pinchuk1967@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0223-2433>

³Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia, aleksasakharov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3840-6673>

⁴Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russia, vlasuik1971@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9023-6898>

Abstract. The article presents the results of experimental hair damage caused by blunt objects. As a part of the study, the end sections of the hair were studied by electron microscopy, for which a scanning electron microscope «Hitachi FlexSem1000 II» was used. The signs of damage caused by the action of blunt objects with a contact surface radius of 40-80 microns were formulated and systematized. The frequency of occurrence of the signs has been established. The statistical probability of detecting signs indicating the characteristics of a traumatic object has been revealed. The study is illustrated by images obtained by scanning electron microscopy. Conclusions are drawn about the nature of hair destruction from the standpoint of the theory of resistance of materials. The analysis of publications on the research topic was carried out.



Keywords: hair damage, blunt objects, electron microscopy, brittle fracture

For citation: Forensic characteristics of hair changes damaged by blunt objects detected by electron microscopy / S.V. Leonov, P.V. Pinchuk, A.I. Sakharov // Far Eastern medical journal. – 2024. – № 4. – P. 51-54. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-4-8>.

Попытки использовать волосы человека в трасологических исследованиях предпринимались судебно-медицинскими экспертами давно с конца 19 века [8]. Исследования Л.О. Барсегянц и других авторов показали возможность установить механические повреждения волос, возникающие при различных видах травмирующих воздействий [1, 4, 5, 9]. Посредством применения рутинной световой микроскопии установлена возможность диагностировать действие тупого твердого предмета, ножниц и т. д. [3]. Исследования А.Е. Мальцева показали возможность перемещения фрагментов волос в глубину перелома плоской кости при травме черепа, возникающей при действии тупого твердого предмета [7].

Продолжая исследования в этой области А.Е. Мальцев в соавторстве с Е.В. Абдуллиной установили специфическую морфологическую картину повреждений волос, позволяющую проводить дифференциальную диагностику между сферическим твердым тупым предметом и предметом с ребром [2].

Постоянное совершенствование методов исследования, поиск новых методов привели к тому, что электронные сканирующие микроскопы (далее SEM) становятся все более доступными и простым методом исследования [6, 11, 12]. Современные сканирующие микроскопы не требуют сложной пробоподготовки, имеют приемлемые портативные размеры, при достаточно больших размерах камер (определяющих параметры обследуемого объекта). Кроме этого, камеры

современных SEM оснащены большим количеством детекторов, позволяющих регистрировать отраженные и вторичные электроны, рентгеновское излучение, и т. д., которые возникают при бомбардировке объекта исследования потоком электронов. Полученная информация с различных детекторов позволяет регистрировать структуру исследуемого объекта, его поверхность (в том числе и создавать ее 3D-модель) элементный состав, топографию распределения химических элементов и т. д. Такие широкие возможности SEM, по нашей гипотезе, должны в значительной мере раскрыть особенности повреждения волос при травме тупыми твердыми предметами, что и обусловило цель нашего исследования.

Цель исследования: установить специфические морфологические признаки повреждений волос с головы человека, формирующиеся при действии тупых твердых предметов.

В соответствии с классификацией Н.С. Эделева [10], нами использованы тупые твердые предметы с радиусом контактной поверхности соударения 40-80 мкм. На основании того нами были поставлены две задачи исследования:

1. Изучить особенности деформации волос человека при действии предметов с радиусом кривизны контактной поверхности соударения 40-80 мкм.
2. Выявить дифференциально-диагностические критерии, позволяющие по повреждениям волос установить исследуемый вид травмы.

Материалы и методы

Для изучения морфологии повреждений волос применялся электронный микроскоп «Hitachi FlexSem1000 II». Объектами исследования были волосы с различных областей волосистой части головы волонтеров, которые отстригались пучками по 5-10 волос. Волосы в каждой серии наблюдений фиксировались на углеродном скотче и помещались на алюминиевый предметный столик микроскопа.

В эксперименте использовались затупленные лезвия с остротой 40-80 мкм. Радиус кривизны контактной поверхности соударения устанавливалась при непосредственной электронной микроскопии контактной поверхности. Волосы закреплялись на деревянной

подложке. Удары наносились двумя способами: протяжкой предмета поперек пучка волос и поперечным ударом предметом по пучку волос.

Сканирование производилось в режиме низкого вакуума (VP-SEM 10-30 Pa), на увеличении от $\times 160$ до $\times 600$. Ускоряющее напряжение составило 15-20 кВ, величина силы поглощенного тока – 400-800 мА, рабочая дистанция – 4,9-11 мм.

При электронной микроскопии выявляли морфологические особенности характерные для тех или иных повреждений. Для каждого признака рассчитывалась вероятность, его балльная оценка по формуле Байеса и значимость (мера Кульбака).

Результаты и обсуждение

Зона разделения волоса была неровная (вер. 1,0). Плоскость разделения была неровная ступенеобразная или бугристая. Степень неровности поверхности отделения усиливали выкрашивания и отжатия кутикулярной и кортикальной части волоса, регистрируемые в зоне внедрения травмирующего предмета. Далее регистрировалась гребнеобразная поверхность

отделения, характерная для разрушения под действием сдвиговых деформаций (вер. 1,0). В зависимости от вида воздействия поверхность отделения была косопоперечной (при ударе с протяжкой) или поперечной (при отвесном ударе). При исследовании прикраевой зоны разрушения установлено, что имеет место деформация волоса как в зоне разделения, так

и на отдалении (вер. 1,0). Общая деформация стержня волоса в зоне разрушения визуализировалась в виде продольных трещин стержня волоса на протяжении 3-4 его диаметров (вер. 0,5) (рис. 1), так и виде деформации концевой части волоса в виде «метелки» (вер. 0,4) (рис. 2).

Фрактографическое исследование зоны разрушения волоса показало наличие следующих признаков:

- ровные поперечные линии смятия чешуек кутикулы, указывающие на первоначальный контакт лезвия с волосом (вер. 0,8);
- вспучивание чешуек кутикулы на расстоянии свыше нескольких диаметров волоса от плоскости отрыва (вер. 1,0);
- параболические линии отрыва в начальной части плоскости отрыва, указывающие на пластическую деформацию волоса в зоне разрушения (вер. 1,0);
- трещины сдвиговой природы в прикраевой зоне плоскости разрушения (вер. 1,0);

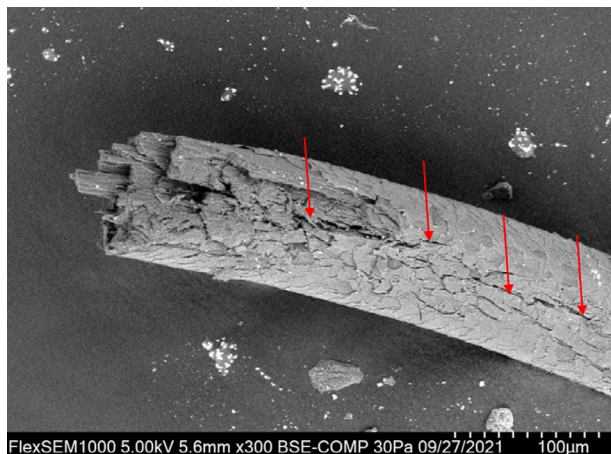


Рис. 1. Электронограмма волоса, пересеченного лезвием с остротой 60 мкм. Стрелками красного цвета отмечены продольные трещины стержня волоса

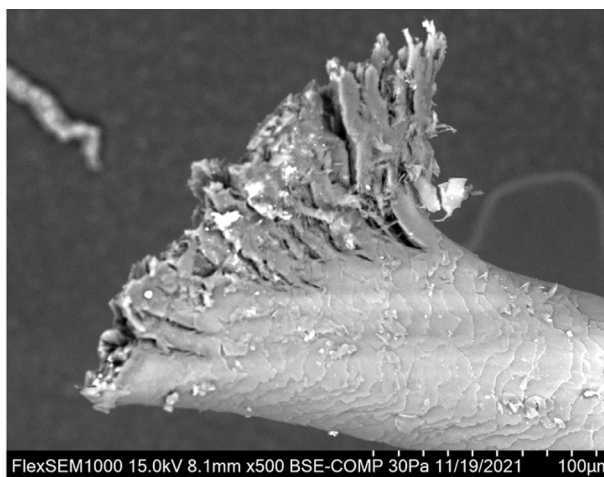


Рис. 2. Электронограмма волоса, пересеченного лезвием с остротой 45 мкм: деформация в виде «метелки»

Таким образом, проведенное исследование посредством электронной сканирующей микроскопии показало наличие специфических признаков повреждений волос, образующихся под воздействием тупых предметов (с радиусом кривизны контактной поверхности соударения (40-80 мкм): ровные поперечные линии смятия чешуек кутикулы, указывающие на первоначальный контакт лезвия с волосом (вер. 0,8); крупнобугристая зона разрыва (вер. 0,4), крупнозубчатая поверхность разделения (вер. 1,0); сдвиговый отрыв в зоне внедрения лезвия (вер. 0,4), деформация волоса в области реза по типу «метелки» (вер. 0,4), растрескивание стержня волоса на протяжении 3-4 его диаметров (вер. 0,5).

Проведенное исследование показало, что разрушение волоса под действием затупленного или тупого лезвия происходит преимущественно по типу хрупкого разрушения.

Список источников

1. Абдуллина Е.В. Судебно-медицинская экспертиза волос при ударах тупыми твердыми предметами: дис. ... канд. мед. наук. – М., 2007. – 148 с.
Abdullina E.V. Forensic medical examination of hair when struck with blunt hard objects: Thesis of ... a Candidate of Medical Science. – М., 2007. – 148 p.
2. Абдуллина Е.В., Мальцев А.Е. Исследование повреждений волос в зависимости от свойств ударной поверхности тупого твердого предмета и условий удара // Судебно-медицинская экспертиза. – М., 1991, № 3. – С. 15-18.
Abdullina E.V., Maltsev A.E. Investigation of hair damage depending on the properties of the impact surface of a blunt solid object and impact conditions // Forensic Medical Examination. – М., 1991. – № 3. – P. 15-18.
3. Акопов В.И. Непосредственная стереоскопическая микроскопия и крупномасштабная стереофотография при исследовании повреждений кожи // Сб. тр. науч. о-ва судебных медиков и криминалистов Казахской ССР. Алма-Ата 1961, Вып. 4. – С. 116-118.
Akopov V.I. Direct stereoscopic microscopy and large-scale stereophotography in the study of skin lesions // Collection of works of the scientific society of forensic doctors and criminologists of the Kazakh SSR. – Alma-Ata. – 1961. – № 4. – P. 116-118.
4. Барсегянц Л.О. Судебно-медицинское исследование вещественных доказательств (кровь, выделения, волосы): Руководство для судебных медиков. – М.: Медицина, 2005. – 430 с.
Barseghyants L.O. Forensic examination of physical evidence (blood, secretions, hair): Manual for forensic doctors. – М.: Medicine, 2005. – 430 p.



5. Звягин В.Н., Акбергенова К.А. Механические повреждения волос при травме головы металлическими тупыми предметами // Судебно-медицинская экспертиза. – 1991. – № 3. – М. – С. 15-18.
Zvyagin V.N., Akbergenova K.A. Mechanical damage to hair during head injury with metal blunt objects // Forensic Medical Examination. – M., 1991. – № 3. – P. 15-18.
6. Кисин Н.В., Головин А.В. Новые возможности растровой электронной микроскопии при исследовании волос // Судебно-медицинская экспертиза. – 1993. – № 4. – М. – С. 19-23.
Kisin N.V., Golovin A.V. New possibilities of scanning electron microscopy in the study of hair // Forensic Medical Examination. – 1993. – № 4. – М. – P. 19-23.
7. Мальцев А.Е. Особенности разрушения волос и микроволокон при ударе тупым твердым предметом по голове // Матер IV Всеросс. Съезда судебных медиков: тезисы докладов. – 1996. – № 1. – Владимир. – С. 136-137.
Maltsev A.E. Features of destruction of hair and microfibers when struck on the head by a blunt hard object // Proceedings of the IV All-Russia Congress of Forensic Physicians: abstracts of reports. – 1996. – № 1. – Vladimir. – P. 136-137.
8. Минаков П.А. О волосах в судебно-медицинском отношении. – М., 1894.
Minakov P.A. About hair in a forensic medical sense. – M., 1894.
9. Павлова А.З. Судебно-медицинская экспертиза волос: учебное пособие / А.З. Павлова, Е.Х. Баринов, Д.В. Богомолов. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2022. – С. 128.
Pavlova A.Z. Forensic medical examination of hair. Textbook / A.Z. Pavlova, E.H. Barinov, D.V. Bogomolov. – M.: GEOTAR-Media, 2022. – P. 128.
10. Эделев Н.С. Определение степени остроты, шероховатости боковых поверхностей и величины рабочего угла лезвия клинка колюще-режущего и клинка рубящего орудия по повреждениям хрящевой и костной ткани тела человека: метод. рекомендации МЗ СССР / Н.С. Эделев, П.П. Комаров. – М., 1988.
Edelev N.S. Determination of the degree of sharpness, roughness of the side surfaces and the magnitude of the working angle of the blade of the piercing-cutting blade and the blade of the chopping tool for damage to cartilage and bone tissue of the human body: methodological recommendations of the Ministry of Health of the USSR / N.S. Edelev, P.P. Komarov. – M., 1988.
11. Clement J.L., Hagege R., Le Pareux A., Connet J., Gastaldi G. New Concepts about Hair Identification Revealed by Electron Microscope Studies // Forensic Sci.Int. – 1981. – Vol. 26, № 3. – P. 447-458.
12. Kelley R. The forensic scanning electron microscope // Med. Leg. J. – 1984. – Vol. 52, № 4. – P. 211-226.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья принята к публикации 12.10.2024.

The article was accepted for publication 12.10.2024.

