

УДК 343.982.342

ПРОТОКОЛ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДНК ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СЛЕДОВ ПАЛЬЦЕВ РУК, ОТОБРАЖЕННЫХ НА КЛЕЙКОЙ ЛЕНТЕ: ОПЫТ США

© 2021 г.

А.Г. Холевчук

Кубанский государственный университет, филиал в г. Новороссийске, Новороссийск

aholevchuk@mail.ru

Поступила в редакцию 05.12.2020

Рассматриваются предложения зарубежных экспертов по повышению результативности извлечения ДНК в процессе исследования следов пальцев рук, отображенных на клейкой ленте. Обосновывается, что отпечатки, отображенные на липкой стороне ленты, могут восстанавливаться с помощью растворителей (хлороформ, гептан), совместимых с нуклеиновой кислотой. Применение тампонов COPAN 4N6 FLOQSwabs способствует эффективному проведению солиubilизации клеящего вещества и впитыванию органического растворителя, содержащего образец ДНК. Предложенный протокол продуктивен при восстановлении полного генетического профиля, хранившегося на протяжении 18 месяцев.

Ключевые слова: анализ; идентификация личности; дактилоскопия; экспертиза; ДНК.

Клейкая лента используется подозреваемыми в качестве средства, с помощью которого совершается преступление: скрываются следы, отдельные обстоятельства и пр. В процессе расследования лента относительно часто признается вещественным доказательством, на котором остаются следы пальцев рук и следы биологического происхождения, исследуя которые у экспертов появляется возможность провести идентификационные действия и решить определенные диагностические задачи. Несмотря на возможность использования указанных объектов в процессе доказывания, в практике процесс их выявления, восстановления, изъятия и сохранения осложняется и нередко зависит от субъектов криминалистической деятельности и использования последних специальными средствами, способствующих извлечению ДНК. Поэтому криминалистам необходимы знания о процессах изготовления ленты, её структуре и технологических механизмах получения образцов ДНК.

По оценкам специалистов, лента является универсальным материалом, используемым во многих видах хозяйственной деятельности. Первые упоминания о её применении можно найти в литературе начиная с 1900 года [1]. В настоящее время ленту изготавливают в виде многослойной структуры, содержащей три слоя:

- полиэтиленовая подложка (разного цвета и различной толщины);
- обычная ткань (или холст), придающая прочность и представляющая собой совокупность натуральных и синтетических волокон;
- клей на основе резины, состав устанавливается изготовителем в зависимости от сферы его применения [2].

Как сказано выше, при расследовании уголовных дел лента становится вещественным доказательством, характерным для преступлений, связанных с похищением человека; объектом экспертного исследования по делам, связанным с расследованием контрабанды (с её помощью упаковываются наркотические средства, запрещенные вещества). По мнению экспертов, значимая для суда информация может быть получена при микроскопическом исследовании и спектральном анализе ленты, имеющей адгезивное покрытие [3].

Извлечение ленты из упаковки, рулона или катушки требует контактного взаимодействия и соответствующих манипуляций, способствующих отображению следов рук и биоматериала на её поверхности. В таких случаях восстановление отпечатка или профиля ДНК может быть результативно для идентификации лиц, прикасавшихся к ленте. Один из способов визуализации следов, отображенных на клейкой стороне ленты, состоит в применении порошкового метода восстановления. После визуализации отпечатков соответствующую область отображения фотографируют, а затем берут мазок потожирового вещества для восстановления ДНК.

В ходе исследования установлено, что определенные растворители (хлороформ, гептан, ацетон или тетрагидрофуран) подходят для выделения адгезивных слоев из слоистой структуры ленты. Исследование имело направленность на изучение возможности получения информации о профиле ДНК из отпечатков пальцев рук, отображенных на липкой поверхности ленты, хранившихся после обработки черным реагентом не более 18 месяцев [4].

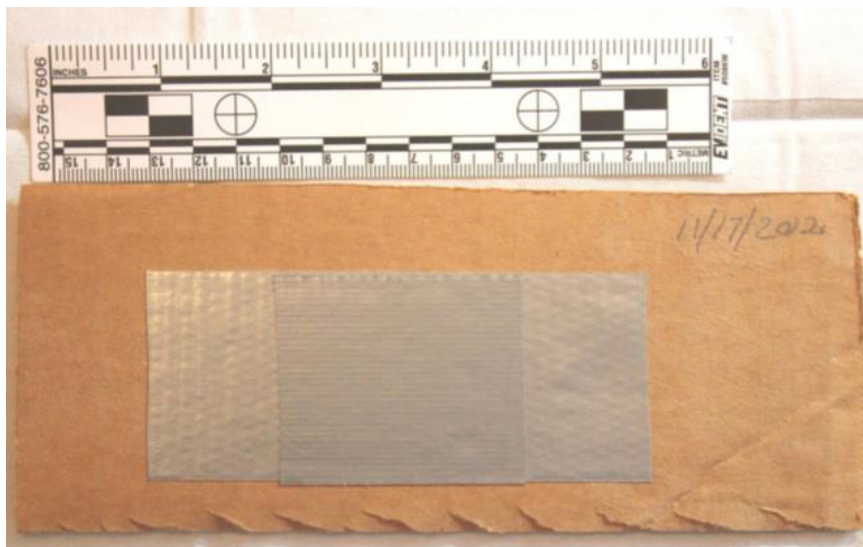


Рис. 1. Отпечаток пальца отображался на отдельном фрагменте ленты размером 6.0 см × 4.8 см, затем переносился на ламинированную сторону другого фрагмента, прикрепленного к картонной бумаге

В процессе эксперимента образцы для тестирования отбирались из одного рулона ленты с использованием следующих действий:

- отпечатки донора помещались на клейкую сторону отдельных фрагментов ленты размером 6.0 см × 4.8 см;

- по истечении 15 минут с момента мытья рук отпечатки пальцев отображались на следовоспринимающем объекте.

Для донора не устанавливалось ограничений помимо необходимости исключения контакта пальцев рук с другими поверхностями до отображения следа. Далее образцы ленты, содержащие отпечатки, помещались на неадгезивную сторону другого её фрагмента (размером приблизительно 11.5 см × 4.8 см). Соединенная таким образом лента прикреплялась к отдельному фрагменту картона и хранилась при комнатной температуре до получения исследовательских образцов (рис. 1). Пробные образцы собраны ($n = 8$) и проанализированы для оценки эффективности процедур восстановления ДНК с использованием одного из двух растворителей: первый – с содержанием гептана, второй – хлороформа. Для изучения временных зависимостей при оценке качества образцов один отпечаток большого пальца получали от одного донора-женщины приблизительно каждые 30 дней в течение 18 месяцев ($n = 19$) и восстанавливали с использованием хлороформа в качестве растворителя.

Все образцы ленты упорядочивались по дате, отделялись, после чего выполнялась обработка отпечатков. При изучении каждого пробного и экспериментального образца верхний слой ленты удаляли, что обнажало её липкую сторону, на которой располагался отпечаток.

Два противоположных внешних края каждого отдельного фрагмента ленты загибались внутрь (создавая приблизительно 5-миллиметровую нелипкую поверхность с каждой стороны), чтобы обеспечить работу с образцами в перчатках (рис. 2). Область, содержащая отпечаток, обрабатывалась дактилоскопическим средством Wetwor с использованием чистой кисти из верблюжьей шерсти, затем промывалась под струей стерильной воды, а после производилось фотографирование и следовал процесс высыхания на воздухе (рис. 3а–е).

Увеличенные изображения отпечатков получены с помощью стереомикроскопа 2X-225X с функцией масштабирования изображения, имеющего 8-мегапиксельную камеру (AmScore Model # ZM-1TW3-FOD-8M, компания AmScore, город Ирвин, Калифорния, США) [1].

От каждого исследуемого образца брались мазки визуализированных следов папиллярных узоров в области, покрытой клеевым веществом, для исследования ДНК с соблюдением следующей процедуры: на визуализированный отпечаток с помощью пипетки помещалось около 500 мкл раствора, содержащего гептан, или 500 мкл хлороформа. Сразу после с поверхности, содержащей отпечаток, брался мазок с помощью COPAN 4N6FLOQSwabs (производитель COPAN Group, город Брешиа, Италия). Данный способ способствовал сольubilизации клеящего вещества, одновременно позволяя абсорбировать растворитель, содержащий биологический образец, непосредственно на тампон 4N6FLOQSwabs (рис. 3е). Растворителю давали испариться в течение нескольких секунд до помещения тампонов в защитный пластиковый корпус.



Рис. 2. Периферийные концы ленты подогнуты для облегчения работы в перчатках с образцом. Область отпечатка оставлена открытой, а сам отпечаток обработан средством Wetwor

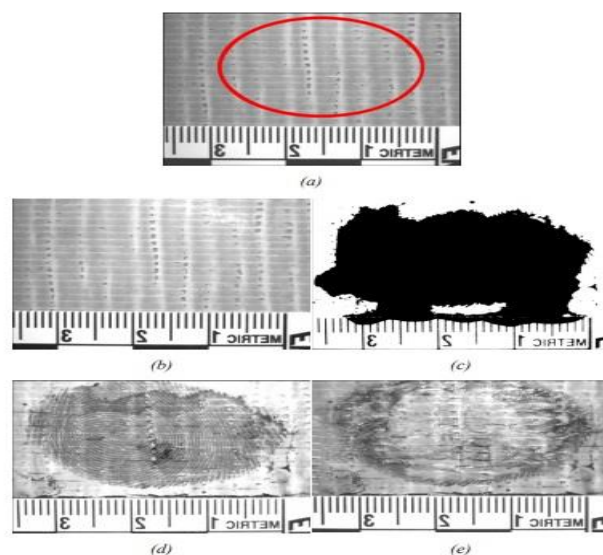


Рис. 3. (а) Липкая сторона ленты до помещения отпечатка (область обведена красным цветом);
 (b) отпечаток отображен на липкой стороне ленты;
 (c) препарат Wetwor применен к области отпечатка;
 (d) область отпечатка промыта под струёй стерилизованной воды в целях выявления деталей папиллярного узора;
 (e) растворитель наносят непосредственно на область отображения отпечатка, которую затем протирают мягким тампоном COPAN 4N6FLOQSwabs для сольубилизации клеящего вещества и впитывания биологического материала с целью последующего профилирования ДНК

Образцы ДНК извлекались с помощью оптимизаторов нуклеиновой кислоты COPAN, представляющих собой полупроницаемую корзину, выполняющую функцию буфера для лизиса материала с использованием набора PrepFiler Express DNA Extraction Kit до центрифугирования на экстракторе AutoMate Express Extractor (компания Life Technologies Corporation, город Карлсбад, Калифорния, США).

Количественный анализ проводился с использованием набора Quantifiler Kit (компания Life Technologies). Набор AmpFISTR Identifier Plus (компания Life Technologies) использовался

для ПЦР-диагностики, проводимой в следующих условиях:

а) 95°C в течение 10 минут, затем 28 циклов при 94°C в течение 20 секунд;

б) 59°C в течение 60 секунд и 72°C в течение 60 секунд.

ПЦР-диагностику завершали с конечным расширением при 60°C в течение 30 минут и окончательной фиксацией при 4°C. Для анализа использовался Genetic Analyzer 3130 (компания Life Technologies).

Примененный метод оказался эффективен при выполнении визуализации отпечатков и

Таблица 1

Результаты профилирования ДНК из пробных выборок. Количество аллелей, обнаруженных при значении RFU (ОЕФ, относительная единица флуоресценции), большем или равном 50, из 31 аллели в контрольном профиле донора-добровольца мужчины

№ образца	Описание образца	Обнаружено аллелей	Количество ДНК (нг/мкл)
1	Чистый тампон / отрицательный контроль	0/31	0.000
2	Имитация выполнения мазка/ реактивы не используются (отпечатка пальца нет)	0/31	0.000
3	Отпечаток пальца, обработанный хлороформом (дубликат № 1)	31/31	0.190
4	Отпечаток пальца, обработанный хлороформом (дубликат № 2)	31/31	0.260
5	Отпечаток пальца, обработанный гептаном (дубликат № 1)	31/31	0.110
6	Отпечаток пальца, обработанный гептаном (дубликат № 2)	31/31	0.100
7	Отпечаток пальца, обработанный препаратом Wetwor, а затем хлороформом	29/31	0.040
8	Отпечаток пальца, обработанный препаратом Wetwor, а затем гептаном	31/31	0.110

восстановлении профиля ДНК. Использование Wetwor и хлороформа (гептана), вероятно, не препятствует исследованию ДНК (табл. 1). Профили ДНК получали с использованием тампонов 4N6FLOQSwabs, способствующих сольubilизации клеящего вещества и поглощению органического растворителя, содержащего образец ДНК [1].

Пригодные для исследования генетические профили получены из отпечатков, хранившихся между отдельными фрагментами ленты в течение 18 месяцев (табл. 2). Данные указывают на отклонения в количественно-качественных характеристиках биоматериала, извлекаемого из образцов в процессе исследования. Максимальный период, в течение которого ДНК может быть получена при исследовании ленты, неизвестен. Однако результаты указывают на отсутствие явной корреляции между качеством отобранного материала при исследовании образца и временем его хранения при комнатной температуре менее 18 месяцев.

Пригодные профили ДНК могут быть получены с помощью мазков тампонами 4N6FLOQSwabs из отпечатков, отображенных на клейкой стороне ленты, даже после хранения, не превышающего 18-месячный период.

Абсорбирующие свойства тампонов 4N6FLOQSwab позволяют одновременно выполнять сольubilизацию адгезива и извлечение биоматериала для обработки. Неполные или некачественные отпечатки могут не восстановиться после нанесения растворителя непосредственно на место их расположения. Поэтому вопрос о том, необходимы ли дополнительные

эксперименты, нужно решить экспертам до применения тампонов 4N6FLOQSwab с растворителем, после чего использовать их для извлечения биоматериала из относительно маленьких областей отпечатка.

Производственный процесс изготовления тампонов 4N6FLOQSwabs представляет собой размещение твердых отлитых в форме пластиковых аппликаторных стержней в электростатическом поле, в котором нейлоновые волокна на кончике стержня расходятся в стороны. Процедура перпендикулярного размещения нейлоновых волокон, прикрепленных к концу стержня, называется процессом флокирования (процесс нанесения ворсистого покрытия). В отличие от плотно сформированных ватных палочек, флокированные обладают открытой и хорошо впитывающей структурой. Кроме того, характерное расположение нейлоновых волокон обеспечивает более результативное получение биоматериала, чем ватные тампоны [5].

Процесс, при котором становится видимым отпечаток, требует манипулирования поверхностями ленты, при этом стоит учитывать возможность введения загрязнений. Например, в табл. 2 отмечено, что генетический профиль образца № 14 показал 21 аллелю, которые согласовываются с профилем донора. Однако этот профиль показал также дополнительные аллели («+ C»), оказавшиеся несовместимыми с профилем. Возможно, что дополнительные аллели были умышленно введены самим донором посредством вторичной передачи ДНК. Кроме того, исследователи не исключают возможность загрязнения образцов в процессе их обработки.

Таблица 2

**Результаты профилирования ДНК из образцов, собранных в течение 18 месяцев.
Количество аллелей, обнаруженных при значении RFU (ОЕФ), большем или равном 50, из 29 аллелей
в контрольном профиле донора-добровольца женщины**

№ образца	Дата получения образца отпечатка пальца (месяц/день/год)	Обнаружено аллелей	Количество ДНК (нг/мкл)
1	1/1/2013	29/29 аллелей	0.10
2	2/1/2013	0/29 аллелей	0.00
3	3/1/2013	4/29 аллелей	0.00
4	4/1/2013	24/29 аллелей + С*	0.03
5	5/1/2013	0/29 аллелей	0.00
6	6/1/2013	0/29 аллелей	0.00
7	7/1/2013	0/29 аллелей	0.01
8	8/1/2013	5/29 аллелей	0.00
9	9/1/2013	9/29 аллелей + С*	0.03
10	10/1/2013	18/29 аллелей	0.02
11	11/1/2013	9/29 аллелей	0.03
12	12/1/2013	0/29 аллелей	0.00
13	1/1/2014	0/29 аллелей	0.00
14	2/1/2014	21/29 аллелей + С*	0.02
15	3/1/2014	23/29 аллелей + С*	0.05
16	4/1/2014	20/29 аллелей + С*	0.06
17	5/1/2014	21/29 аллелей + С*	0.05
18	6/1/2014	21/29 аллелей + С*	0.05
19	Отрицательный контроль (чистый тампон)	0/29 аллелей	0.00

По мнению экспертов, выполнение протокола должно сочетаться с соответствующими мерами по минимизации загрязнения образцов на всех стадиях процесса, включая стадию визуализации отпечатков и получения фотоснимков. Возможность загрязнения образцов может быть минимизирована за счет внедрения определенных методов воздействия на липкую поверхность ленты. Из-за многих переменных количество ДНК, которое может быть обнаружено в образцах ленты, варьируется.

В отличие от условий эксперимента, представленных здесь, где содержащий отпечаток адгезив находился на ламинированной поверхности ленты, пригодные образцы в большей степени могут также выявляться на клейкой стороне, прикрепленной к различным типам поверхностей. Когда клейкая поверхность подвергается воздействию, отпечатки могут искажаться, утрачиваться, что снижает шансы на восстановление ДНК. Неслучайно качество генетического профиля, полученного из пригодного для исследования образца, в определенной степени зависит от качества и размера исследуемого отпечатка, степени воздействия неблагоприятных условий окружающей среды и количества ДНК, оставленного на ленте донором.

В предстоящих исследованиях следует учесть дополнительные факторы, влияющие на характеристики отпечатка и качество получаемого биоматериала. Указанные факторы предопределены следующими параметрами: окружающей средой, температурой и влажностью во

время отображения отпечатков, давлением, оказываемым донором на следовоспринимающую поверхность, и изменением технологии изготовления ленты. Солюбилизация адгезива и взятие мазка из области отображения отпечатка стирают детали папиллярного узора, имеющие идентификационное значение, поэтому любые пригодные для исследования отпечатки должны быть сфотографированы до воздействия на них указанными средствами.

Итоговые данные свидетельствуют, что рассматриваемый метод оказался эффективен при визуализации отпечатков, отображенных на липкой стороне ленты, и при получении профиля с использованием хлороформа или другого солюбилизирующего адгезив агента. Использование тампонов 4N6FLOQSwabs способствует оптимизации процессов солюбилизации адгезива и впитыванию органического растворителя, содержащего образцы ДНК. Используемый протокол с применением хлороформа в качестве растворителя эффективен в течение 18 месяцев при восстановлении полного профиля коротких tandemных повторов STR донора отпечатков, полученных при анализе ленты [1].

Список литературы

1. Bailey J.A., Noureddine M. A Protocol for the Recovery of STR DNA from Fingerprints Developed on the Adhesive Side of Duct Tape // Journal of Forensic Identification. 2016. Vol. 66. Iss. 6. P. 527–535.

2. Freeman J. Tale of the Tape. March 2010. URL: http://archive.boston.com/bostonglobe/ideas/articles/2010/03/14/tale_of_the_tape/ (дата обращения: 25.02.2019).
3. Gross S., Jorstad J. Analysis and Discrimination of Colored Pressure-Sensitive Tape Backing by Microspectrophotometry // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. Vol. 21. P. 419.
4. Material Safety Data Sheet: Wet Powder, Black. April 2011. URL: <http://carlssoninnovation.se/MSDS%20PDF/SDS%20Wet%20Powder%20Black%20eng%2020110419.pdf> (дата обращения: 25.02.2019).
5. Copan. FLOQSwabs. URL: <http://www.copansa.com/products/collection-transport/floqswabs-flocked-swabs/> (дата обращения: 25.02.2019).
6. Gurowitz M. Duct Tape Invented Here. August 2009. URL: <http://www.kilmerhouse.com/2009/08/duct-tape-invented-here/> (дата обращения: 25.02.2019).
7. Robertson J., Grieve M. Forensic Examination of Fibers. 2nd Edition. Taylor and Francis, Inc.: Philadelphia, PA, 1996. P. 470.
8. Yamashita B., French C. Latent Print Development // In: The Fingerprint Sourcebook. National Institute of Justice: Washington, D.C., 2011. Chapter 7.
9. Yezzo G.M. The Value of Trace Evidence as an Investigative Tool // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2005. Vol. 11. P. 42.

THE PROTOCOL OF RESTITUTION OF DNA AT THE RESEARCH OF TRACES OF FINGERS OF THE HANDS DISPLAYED ON THE ADHESIVE TAPE: EXPERIENCE OF THE USA

A.G. Holevchuk

In article, the proposals of experts of the USA directed to optimization of work on receiving DNA at a research of traces of fingers of the hands displayed on an adhesive tape are analyzed. It is noted that the prints displayed on the sticky party of a tape can be restored by means of solvents (chloroform, heptane) compatible to nucleic acid. Application of tampons of COPAN 4N6 FLOQSwabs promotes efficient carrying out solubilization of adhesive substance and an absorption of the organic solvent containing DNA sample. The offered protocol is effective at restitution of the DNA complete profile of the donor within 18 months from the prints received at a tape research.

Keywords: analysis; latent print; dactyloscopy; examination; DNA.

References

1. Bailey J.A., Nouredine M. A Protocol for the Recovery of STR DNA from Fingerprints Developed on the Adhesive Side of Duct Tape // Journal of Forensic Identification. 2016. Vol. 66. Iss. 6. P. 527–535.
2. Freeman J. Tale of the Tape. March 2010. URL: http://archive.boston.com/bostonglobe/ideas/articles/2010/03/14/tale_of_the_tape/ (Date of access: 25.02.2019).
3. Gross S., Jorstad J. Analysis and Discrimination of Colored Pressure-Sensitive Tape Backing by Microspectrophotometry // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. Vol. 21. P. 419.
4. Material Safety Data Sheet: Wet Powder, Black. April 2011. URL: <http://carlssoninnovation.se/MSDS%20PDF/SDS%20Wet%20Powder%20Black%20eng%2020110419.pdf> (Date of access: 25.02.2019).
5. Copan. FLOQSwabs. URL: <http://www.copansa.com/products/collection-transport/floqswabs-flocked-swabs/> (Date of access: 25.02.2019).
6. Gurowitz M. Duct Tape Invented Here. August 2009. URL: <http://www.kilmerhouse.com/2009/08/duct-tape-invented-here/> (Date of access: 25.02.2019).
7. Robertson J., Grieve M. Forensic Examination of Fibers. 2nd Edition. Taylor and Francis, Inc.: Philadelphia, PA, 1996. P. 470.
8. Yamashita B., French C. Latent Print Development // In: The Fingerprint Sourcebook. National Institute of Justice: Washington, D.C., 2011. Chapter 7.
9. Yezzo G.M. The Value of Trace Evidence as an Investigative Tool // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2005. Vol. 11. P. 42.