

На правах рукописи

**ЛИТВИНОВ
АЛЕКСАНДР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**

**ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ
ДАВНОСТИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КРОВОПОДТЕКОВ
В КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ RGB**

14.03.05 – «Судебная медицина»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

**Москва
2015**

Работа выполнена в Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Владислав Иванович Витер.

Официальные оппоненты:

Ведущая организация

Защита состоится «___» _____ 2015 года в _____ часов на заседании диссертационного совета ДМ 208.041.04 при ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России» по адресу: 127473, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4. стр. 7.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России» по адресу 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 10а.

Автореферат разослан «___» _____ 2015 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат медицинских наук, доцент

Т.Ю. Хохлова

Введение:

Суждение о давности повреждений кожи, сопровождающихся формированием кровоподтеков, в абсолютном большинстве случаев производится на основании изучения их цвета, оцениваемого экспертом визуально (Витер В. И., Халиков А. А., 2003; Хохлов В. В., 2010; Froede R. G., 1990 и мн. др.).

Основная проблема суждения по цвету заключается в том, что при визуальной (субъективной) оценке повреждения отсутствует объективная гарантия его достоверности. Применение шкал цветов (Бондарцев А. С., 1954, Рабкин Е. Б., 1956; Сапунов Б. Н., 1961; Автандилов Г. Г., 1962; Селиванов Н. А., 1977) не может считаться решением указанной проблемы. Это обусловлено как причинами чрезвычайной сложности абсолютно точного воспроизведения цвета в ходе типографского изготовления шкалы (и многократного ее воспроизведения при тиражировании) (Артюшин Л. Ф., 1970; Джадд Д., Вышецки Г., 1978; Айзенберг Ю. Б., 2006), так и сложностью сопоставления цвета бумаги (шкалы цветов) и кожи пострадавшего – объектов, принципиально различных по своим светоотражающим свойствам (Пратт У., 1982). Кроме того, визуальная оценка цвета кровоподтека выполняется экспертом исходя из его индивидуальных особенностей восприятия, которые у разных экспертов могут различаться, даже если они являются нормальными трихроматами (Измайлов Ч. А., 1995; Бирючевский А. Д. и соавт., 2009; Гордюхина С. С., Григорьев А. А., 2010).

Объективная регистрация внешнего вида повреждений в судебной медицине производится путем их фотографирования, выполняемого в соответствии с требованиями, установленными исходя из максимальной результативности этого действия (Абрамов С. С., Ерофеев С. В., Шишкин Ю. Ю., 2002; Кубицкий Ю. М., 1961; Селиванов Н. А., 1955; Шишканинец Н. И., Авдеев А. И., 2012; Шишкин Ю. Ю., Ерофеев С. В., 2004; Шишкин Ю. Ю., 2005). Поскольку в настоящее время цифровая фотография практически полностью заменила собой пленочную, в распоряжении эксперта имеются электронные изображения повреждений, доступные цифровой обработке и анализу их цветовых характеристик – колориметрии. Одной из наиболее известных систем оценки цвета является система RGB (red, green, blue), установленная для колориметрических измерений Международной комиссией по освещению в 1931 году. Безусловным

достоинством использования данной системы для практического использования, является тот факт, что именно трехцветная система формирования цветного изображения используется в современной цифровой фотографии и в основе цветового зрения человека (Гуревич М. М., 1950; Ивенс Р. М., 1964; Кустарев А. К., 1965 и мн. др.).

Соответственно, с учетом изложенного выше, представляется возможным объективизировать экспертное заключение в отношении морфологической характеристики повреждения, что определило содержание представленной работы и позволило сформулировать цель и задачи исследования.

Цель исследования:

Повышение объективности и точности судебно-медицинской диагностики давности внешнего травматического воздействия на мягкие ткани человека применением инструментальной фотографической фиксации и компьютерной цифровой оценки цвета кровоподтеков.

Задачи исследования:

1. Провести ретроспективный анализ судебно-медицинских материалов («Заключений эксперта», «Актów судебно-медицинского исследования») Курганского областного бюро судебно-медицинской экспертизы и Бюро судебно-медицинской экспертизы Удмуртской Республики за период 2010-2012 гг., с целью выявления существующих проблем объективизации и судебно-медицинской диагностики давности образования повреждений мягких тканей, сопровождающихся формированием кровоподтеков.

2. Разработать методику фотографической фиксации внешнего вида кровоподтеков с возможностью их объективной количественной оценки в пространстве RGB, формализацией названия цвета по Международной шкале и цифрового выражения цвета, его яркости и насыщенности по цветовой модели YCrCb.

3. Установить частоту встречаемости формализованных наименований цветов кровоподтеков в группах различной давности травмы и на основе многошагового алгоритма Байеса выделить дифференциально-диагностические цвета, с возможностью их применения для объективного суждения о давности травматизации мягких тканей исследованием цветного цифрового изображения кровоподтека.

4. Изучить цифровые характеристики цвета кровоподтеков по модели YCrCb, с установлением их зависимости от давности травматического воздействия, локализации повреждения, пола и возраста травмированного человека, давности смерти и наличия этанола в крови на момент ее наступления.

5. Разработать математическую модель и алгоритм компьютерной диагностики давности внешнего травматического воздействия на мягкие ткани человека, сопровождающегося формированием кровоподтека, по цифровым характеристикам цвета его центрального и периферического участков, с возможностью практического применения в судебно-медицинской деятельности.

Научная новизна:

Впервые на практическом экспертном материале разработана методика фотофиксации и объективной количественной характеристики цвета кровоподтеков (их центрального и периферического отделов) с формализацией цвета, его яркости и насыщенности по модели YCrCb, а также Международной шкале наименований цветов.

Применением многошагового алгоритма Байеса выделены дифференциально-диагностические цвета, характерные для кровоподтеков различной давности формирования, и установлена достоверность экспертного суждения (в % вероятности) о давности травмы на их основе.

Впервые в судебной медицине показана количественная зависимость цвета кровоподтека, его яркости и насыщенности, от давности травмы, локализации повреждения, пола и возраста травмированного человека, наличия этанола в его крови и времени с момента смерти до момента фотофиксации повреждения.

На основе методов компьютерного искусственного интеллекта и регрессионного анализа впервые в судебной медицине разработана математическая модель расчетного определения давности травмы количественным исследованием цвета кровоподтека и определены границы достоверности метода для $P \geq 95\%$.

Практическая значимость:

Практическая значимость работы заключается в объективизации судебно-медицинской диагностики давности внешнего травматического воздействия на мягкие ткани пострадавшего и повышения точности диагностики применением математических методов расчета давности травмы с разработкой алгоритма фото-

графической фиксации внешнего вида кровоподтека на теле пострадавшего человека с формализацией и количественным выражением цвета его периферического и центрального участков, что повышает доказательность экспертных выводов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Преобладание в экспертной практике субъективных методов исследования ограничивает возможности судебно-медицинских экспертиз в плане установления давности внешнего травматического воздействия, приводя к необходимости разработки и внедрения в практику методов, основанных на объективной количественной оценке морфологических проявлений механической травмы.

2. Разработанная методика фотографической фиксации и компьютерной формализации цвета кровоподтека (его центральной и периферической областей) на основе Международной шкалы наименований цветов и цветовой модели YCrCb, позволяет ограниченным набором формализованных их цветов количественно характеризовать морфологические особенности повреждения, объективизируя его экспертное описание, оценку и с конкретной степенью достоверности (от 70% до 100%) судить о давности внешнего травматического воздействия.

3. Количественные цифровые характеристики цвета различных отделов кровоподтека, его яркости и насыщенности (по модели YCrCb), зависят от давности и локализации повреждения, пола и возраста пострадавшего человека, давности его смерти и наличия этанола в крови на момент ее наступления.

4. Разработанный алгоритм фотофиксации и цифрового количественного исследования и формализации цвета кровоподтека, объективизируя процедуру судебно-медицинской экспертизы пострадавших, позволяет повысить точность диагностики давности механической травмы расчетом границ интервала, в котором с вероятностью более 95% находится искомое время.

Апробация диссертации:

Результаты исследования докладывались и обсуждались на 19-ой сессии НП «Приволжско-Уральская ассоциация судебно-медицинских экспертов» (Пермь, 2012 г.), расширенных заседаниях кафедры судебной медицины ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России

(Ижевск, 2011-2014 гг.), методического совета Курганского областного бюро судебно-медицинской экспертизы (Курган, 2012-2014 гг.), межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы в теории и практике судебной медицины и патологической анатомии (Киров, 2014 г.), межрегиональной научно-практической конференции (Казань, 2014 г.).

Личное участие автора:

Весь материал, представленный в работе, получен и проанализирован лично автором при технической и консультативной помощи сотрудников кафедры судебной медицины ГБОУ ВПО «ИГМА Минздрава России».

Реализация результатов исследования:

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедр судебной медицины ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, ГБОУ ВПО «Пермская государственная медицинская академия» Минздрава России, в практическую деятельность БУЗ УР «Бюро судебно-медицинской экспертизы МЗ УР», Курганского областного бюро судебно-медицинской экспертизы, о чем имеются соответствующие акты внедрения.

Публикации:

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них одна монография, 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций материалов исследований на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

Структура и объем диссертации:

Диссертация изложена на 218 листах компьютерного текста. Состоит из введения, обзора литературы, главы о материале и методах исследования, 4-х глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 224 источника, в том числе 47 зарубежных. Диссертация содержит 46 рисунков и 152 таблицы. Приложение оформлено в виде сводных таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал, методы и этапы исследования:

Все исследования проведены на базе Курганского областного бюро судебно-медицинской экспертизы и Бюро судебно-медицинской экспертизы

Удмуртской Республики в период 2010-2012 гг. в последовательности 2-х этапов, включающих различный первичный материал и методы его обработки:

1. Изучение архивного материала Курганского областного бюро судебно-медицинской экспертизы и Бюро судебно-медицинской экспертизы Удмуртской Республики:

Изучен экспертный материал отделений экспертизы потерпевших, обвиняемых и других лиц. В Бюро судебно-медицинской экспертизы Курганской области, по поводу оценки вреда здоровью прошли экспертизу и обследование 16247 (2010 г.), 15595 (2011 г.), 15350 (2012 г.) живых лиц. В Бюро судебно-медицинской экспертизы Удмуртской Республики прошли обследование 24133 (2010 г.), 23934 (2011 г.), 26017 (2012 г.) живых лиц.

2. Фотографическое исследование кровоподтеков:

Исследование осуществлено на 2670 трупах лиц европейского типа внешности, в возрасте от 18 до 84 лет, имеющих на теле кровоподтеки различной локализации и цвета, с точно установленными давностью смерти, обстоятельствами, датой и временем травмы (измеряемой в часах посттравматического периода). Все данные подтверждались сведениями из официальных документов (медицинские карты, материалы следственных дел). Учитывалось также и мнение эксперта, производившего секционное исследование мертвого тела.

При отборе материала на фотографирование специально исключались причины смерти, сопровождающиеся изменением цвета кожных покровов умершего, такие как отравление гемоглобинотропными (с образованием карбокси-, метгемоглобина, гематопорфирина и т.д.) и гемолитическими ядами (уксусная кислота, яды змей и т.д.), смерть от алкогольной болезни печени или ее поражений другой этиологии, а также некоторые прижизненные не смертельные заболевания, обуславливающие изменения цвета кожи трупа («желтуха» различной этиологии), и другие состояния, сопровождающиеся индивидуальностью ее оттенка (пигментация или депигментация кожи).

В связи с тем, что на некоторых трупах обнаруживались множественные кровоподтеки (различной локализации и давности формирования) фотографирование этих тел производилось многократно. После отбора наиболее каче-

ственных фотографий (с правильной цветопередачей, достаточно резких и малошумных) исследовательская база составила 2783 изображения кровоподтека.

Непосредственно для фотографирования использованы фотоаппараты Canon IXUS 132 и Canon EOS 650D с фотообъективом EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS II в условиях, стандартизованных по освещенности и дистанции съемки.

Оценка полученных цифровых фотографий осуществлялась двумя различными способами:

- формализация наименования цвета кровоподтека на основе его цифровых характеристик;
- оценка цифровых параметров цвета кровоподтека, отражающих его цвет, яркость и насыщенность.

Цветное изображение тела пострадавшего человека открывалось в программе **IrfanView**, кадрировалось, затем с помощью программы **ColorPix** анализировался образец белого цвета на фотоизображении для оценки правильности цветопередачи. В дальнейшем на фотоизображении выбирался центральный участок кровоподтека и его периферическая зона, в пяти точках которых с помощью **ColorPix** оценивался цвет по шкале RGB. Значения RGB-кодов вносились в базу, составляемую в программе **Microsoft Excel**.

Формализация наименования цвета осуществлялась на основе Международной шкалы наименований цветов, из которой, на основе установленного RGB-кода, выбиралось наименование, соответствующее цвету участка изучаемого кровоподтека. Намеренно не использовались наименования цветов, рекомендованные к применению в судебной медицине Г.Г. Автандиловым, А.С. Бондарцевым, Б.Н. Сапуновым, Н.А. Селивановым и другими исследователями, чтобы не ограничивать себя в их выборе (Международная шкала содержит свыше 1000 наименований цветов) и акцентировать внимание на некоторой субъективности данной процедуры.

В группах кровоподтеков различной давности формирования изучалась частота встречаемости того или иного наименования цвета, выражаемая в долях целого, и осуществлялся анализ с использованием алгоритма Байеса.

Переход от цветового координатного пространства RGB к пространству YCrCb, в цифровом виде характеризующему цвет изображения, его яркость и насыщенность, осуществлялся на основе математических выражений:

$$\begin{aligned} Y &= 0,299 \times R + 0,587 \times G + 0,114 \times B \\ Cr &= 0,500 \times R - 0,419 \times G + 0,081 \times B \\ Cb &= -0,169 \times R - 0,331 \times G + 0,500 \times B \end{aligned} \quad (1)$$

где Y – яркость пикселя цифрового изображения, ед.;
 Cr – величина красной цветоразностной компоненты, ед.;
 Cb – величина синей цветоразностной компоненты, ед.;
 R – величина красной составляющей цвета изображения, ед.;
 G – величина зеленой составляющей цвета изображения, ед.;
 B – величина синей составляющей цвета изображения, ед.

В дальнейшем цифровые характеристики кровоподтека (яркость цвета, величина красной и синей цветоразностных компонент), после соответствующей группировки в зависимости от учитываемого фактора, анализировались методами количественной статистики (Айвазян С.А., Мхитарян В.С., 1998; Гланц С., 1999; Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И., 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе анализа экспертной документации за период 2010-2012 гг., установлен ряд общих закономерностей и сложностей, встречающихся при экспертном исследовании пострадавших с травматическими повреждениями мягких тканей. Формирование травм, с кровоподтеками на теле пострадавших, наиболее характерно для бытового травматизма (Курганская область – 81%, Удмуртия – 76%). Реже оно встречается при травматизме уличном (Курганская область – 9%, Удмуртия – 14%), транспортном (5% и 8%), и при иных видах. Состав травмированных лиц изученных городов, существенно не различается. Тем не менее, женщин, проходивших экспертизу в Бюро судебно-медицинской экспертизы по поводу имеющихся у них проявлений травм мягких тканей, оказалось несколько больше, чем мужчин (Курганская область – 56,7% против 43,3%, Удмуртия – 53% против 47%). Возрастную группу, наиболее часто обращающуюся в Бюро судебно-медицинской экспертизы по поводу травм, составляют мужчины и женщины в возрасте 15-39 лет, что, по нашему мнению, обусловлено наибольшей активностью данной группы в социальном плане.

Изучая регионарное распределение частоты травм мягких тканей с формированием кровоподтеков кожи, установлено, что наиболее часто они локализуются в области головы (Курганская область – 42,6%, Удмуртия – 45,2%), на втором месте находится область верхних конечностей (Курганская область – 31,1%, Удмуртия – 28,7%), далее следуют области нижних конечностей, грудная клетка и прочие локализации.

Мнение следствия о сроках формирования кровоподтеков и результаты экспертных исследований по этому же поводу иногда не совпадают. Так на сроках травмы 0-24 часа мнение эксперта и данные следствия не совпадают для Курганской области в 5,5% случаев, а для Удмуртской Республики в 1,7%. На сроках 25-48 часов после травмы выявляется несоответствие мнений в 9,5% для Курганской области и 3,7% для Удмуртии. На сроках 49-72 часа выявлено несоответствие в 3,6% для Курганской области и 1,8% для Удмуртии. Причины таких расхождений могут быть весьма различными, отметим только, что даже столь небольшие несоответствия мнений следствия и эксперта (5% и менее), порой могут иметь существенное значение, т.к. они прямо влияют на юридические последствия и особенности судебного разбирательства конкретного уголовного или гражданского дела.

Установлено, что, несмотря на множество работ, посвященных диагностике давности внешнего травматического воздействия на мягкие ткани человека, сопровождавшегося формированием кровоподтека, их исследование в условиях Бюро судебно-медицинской экспертизы осуществляется преимущественно макроскопически, без объективной регистрации и численной фиксации выявляемых изменений. Несмотря на существование рекомендаций и таблиц, с образцами и наименованиями цветов объектов судебно-медицинского исследования, при описании кровоподтека часто использовались произвольные характеристики его цвета и оттенков, в том числе и отсутствующие в списке рекомендованных к применению. Наиболее часто в изучаемом материале встречались указания на три базовых цвета (красный, синий, зеленый) и их оттенков, возникающих при смешении (коричневато-зеленый, зеленовато-желтый, желтый), но однозначной зависимости частоты встречаемости базового (опорного)

цвета кровоподтека от давности его образования, по изученным архивным материалам, нами не установлено.

Отмечалось, что красный цвет чаще встречается при описании кровоподтеков давностью 0-24 и 25-48 часов, синий превалирует в группах 49-72 и 73-96 часов, а зеленый регистрируется экспертами в группах давности кровоподтека 73-96 и 97-120 часов. Тем не менее, выделить некие «чистые» зависимости изменений внешнего вида кровоподтека исключительно на основе результатов их визуальных экспертных исследований и использования только трех базовых цветов (красный, синий, зеленый) не представилось возможным. Это привело нас к выводу, что существующая в судебной медицине методика оценки цвета действительно не свободна от субъективизма и допускает ее модернизацию в плане повышения объективности и практической значимости.

Для этого, на втором этапе работы проведено исследование, заключающееся в фотографической цифровой фиксации и формализации наименований цветов кровоподтеков различной локализации и давности их формирования.

Установлено, что в целом, для описания центрального участка кровоподтека достаточно 83-х наименований цветов, причем некоторые из них встречаются только в определенных выборках давности повреждений, являясь, таким образом, уникальными для той или иной конкретной группы. Другие же наименования цвета с различной частотой встречаемости отмечены в нескольких группах.

Аналогичные выводы были сделаны и в отношении цвета периферической части кровоподтеков, с тем отличием, что для описания этих участков вполне достаточным явилось использование 60-и наименований цветов.

Частота встречаемости цветов, не являющихся «уникальными», анализировалась с помощью метода Байеса, что позволило выделить дифференциально-диагностические цвета для каждой из сформированных групп давности травмы и определить их значимость по критерию Кульбака.

Проведенные исследования позволили сделать вывод о перспективности цифровой объективизации цвета кровоподтека, облегчающей процедуру его формализации (наименования) и использования наименования цвета для целей диагностики давности внешнего травматического воздействия.

На третьем этапе работы изучались характеристики цвета центрального и периферических участков кровоподтеков, выражаемые численно в форме яркости пикселя изображения, красной и синей цветоразностных компонент (насыщенность цвета), в цветовой модели YCbCr.

Цифровые координаты Y, Cb, Cr объединялись в группы, формируемые по критериям пола, возраста, наличия этанола в крови человека, давности его смерти, и соотносились с ошибкой средней арифметической, после чего выполнялись необходимые статистические исследования (сравнение средних, корреляционный, регрессионный анализы) по влиянию учитываемых факторов на цифровые характеристики цвета периферической и центральной частей исследованных кровоподтеков.

Установлено, что все изучаемые цифровые характеристики цвета кровоподтека (собственно цвет, его яркость и насыщенность) зависят от пола травмированного лица, области поврежденного участка тела, факта наличия этанола в крови пострадавшего и значения времени, прошедшего с момента смерти человека до момента фотофиксации повреждений на его теле. Паспортный возраст пострадавшего продемонстрировал слабое корреляционное воздействие на значения Y, Cb, Cr, что, по нашему мнению, может быть обусловлено существованием расхождения паспортного и биологического возраста пострадавшего, что также не дает возможности полностью исключить этот фактор из учета.

Последний этап работы заключался в проведении исследования с применением специализированной компьютерной программы «PolyAnalyst», использующей алгоритмы, т.н., «интеллектуального анализа данных». Безусловным достоинством этого анализа являлась его абсолютная объективность, т.к. программа «PolyAnalyst» работает полностью самостоятельно, не допуская вмешательства пользователя в процесс и направление производимых ею вычислений.

По результатам проведенного анализа программа «PolyAnalyst» сформировала три математических выражения, использующих цифровые значения цвета, его яркости и насыщенности для расчета давности образования кровоподтека (Рис. 1). Адекватность этих выражений и их точность изучены нами с помощью методов регрессионного анализа и построения диаграмм рассеяния, иллюстрирующих точность метода.

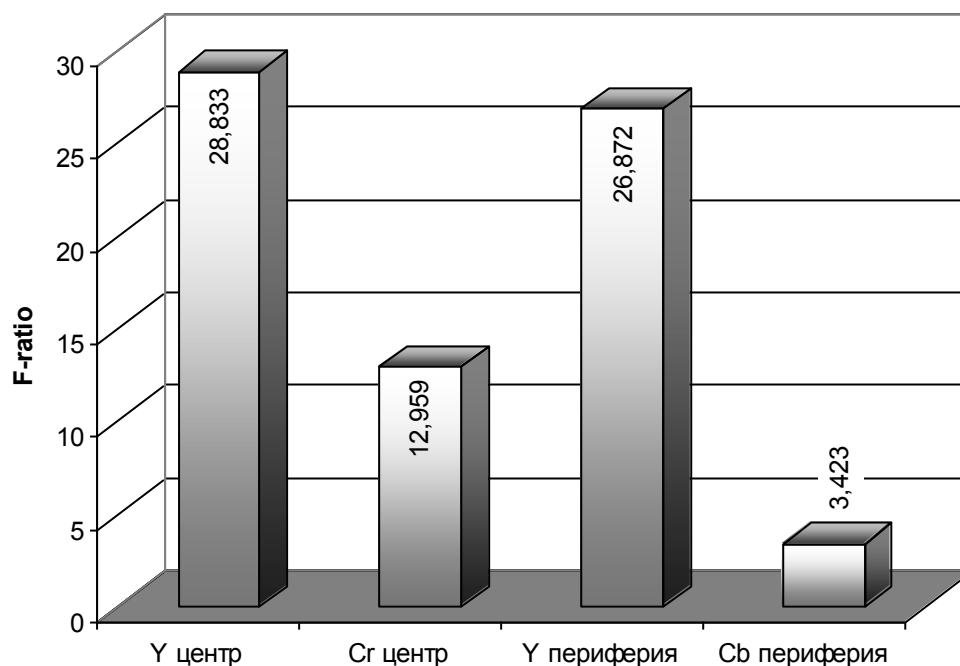


Рис. 1. Значимость показателей, используемых для целей расчета давности кровоподтека

Построение линий линейной регрессии для заданной точности метода равной 95%, позволило разработать три неравенства, соответственно, задающих границы доверительного интервала для выражений, созданных программой «PolyAnalyst».

Установлено, что наиболее точным является выражение, учитывающее все три цифровые характеристики цвета кровоподтека (2), в связи с чем, именно оно и рекомендовано нами к применению в экспертной практике, совместно с выражением, устанавливающим границы доверительного интервала (Рис. 2) для вероятности более 95% (3).

$$DTR_a = 0,495 \times Y_{центр} - 1,656 \times Cr_{центр} + 0,615 \times Y_{периф} - 0,514 \times Cb_{периф} - 56,219 \quad (2)$$

где DTR_a – расчетная давность кровоподтека, час;
 $Y_{периф}$ – координата Y периферии кровоподтека, знач.;
 $Y_{центр}$ – координата Y центра кровоподтека, знач.;
 $Cb_{периф}$ – координата Cb периферии кровоподтека, знач.;
 $Cr_{центр}$ – координата Cr центра кровоподтека, знач.

$$0,592 \times DTR_a - 6,464 \leq DTR \leq 0,958 \times DTR_a + 7,857 \quad (3)$$

где DTR_a – расчетное значение давности травмы, час;
 DTR – реальное значение давности травмы, час.

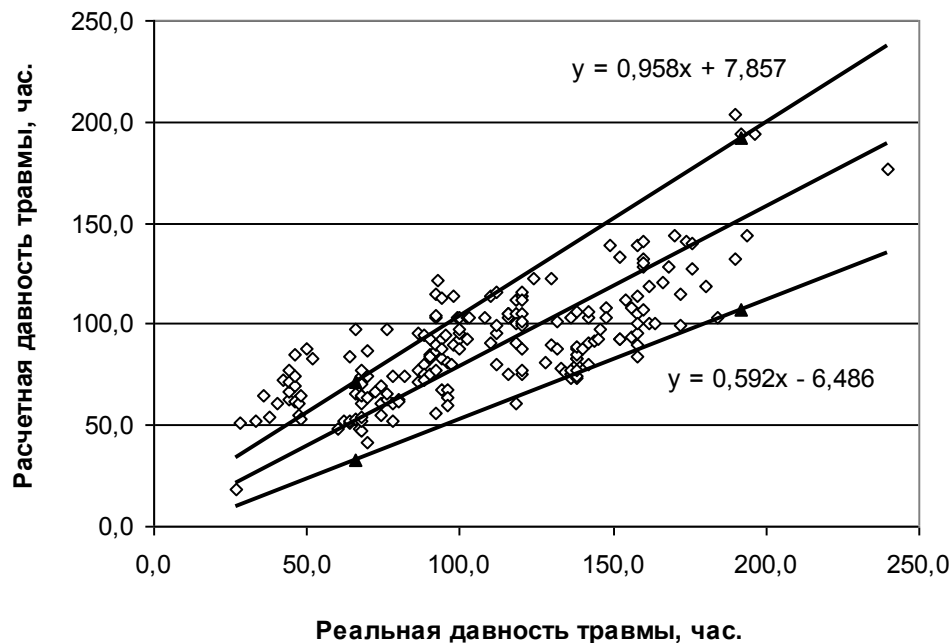


Рис. 2. Границы доверительного интервала метода при использовании математического выражения (1).

Для облегчения внедрения разработанного способа в экспертную практику создана компьютерная программа (Рис. 3), осуществляющая расчет давности внешнего травматического воздействия на мягкие ткани пострадавшего сопровождавшегося формированием в них кровоподтека.

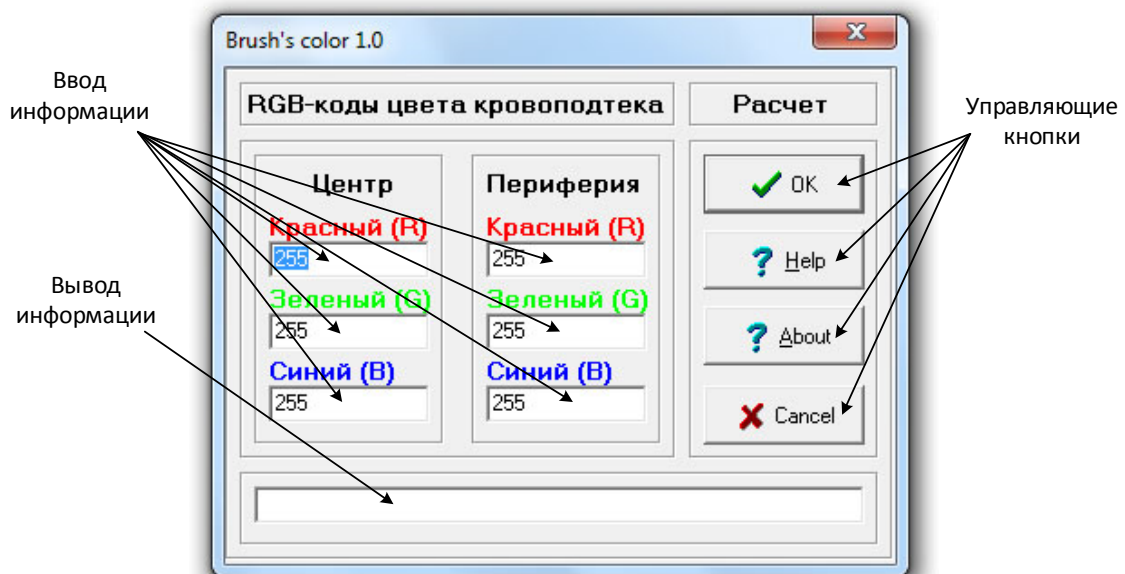


Рис. 3. Основное диалоговое окно программы «Brush's color v.1.0»

ВЫВОДЫ

1. Субъективные методы исследования морфологических проявлений механической травмы (кровоподтеков) ограничивают возможности судебно-

медицинских экспертиз, не позволяя в полной мере реализовать их диагностические возможности, в то же время, создавая предпосылки для разработки и внедрения в практику методов, основанных на объективной количественной регистрации и оценке характеристик повреждения.

2. Создана методика фотофиксации и компьютерной оценки цвета кровоподтека, что позволяет количественно характеризовать его особенности на основе цветовой модели YCrCb и формализовать названия цвета периферической и центральной областей кровоподтека на основе Международной шкалы наименований цветов, что объективизирует экспертное описание и оценку повреждения.

3. Цвета кровоподтеков, формализованные по Международной шкале наименований, позволяют путем применения ограниченного их набора (45 для центрального и 32 для периферического участков) объективно описать на цветном цифровом изображении внешние морфологические особенности повреждения и с высокой степенью достоверности (от 70% до 100%) высказаться о давности травматического воздействия.

4. Количественные характеристики цвета периферического и центрального отделов кровоподтека, его яркость и насыщенность, с высокой степенью достоверности ($P \geq 95\%$) зависят от локализации повреждения, пола и возраста пострадавшего, наличия этанола в крови его трупа, а также продолжительности времени с момента смерти человека до момента фотофиксации повреждений, что усложняет диагностическую процедуру, позволяя формировать экспертное суждение в форме указания интервала давности внешнего травматического воздействия.

5. Алгоритм цифровой фотофиксации, формализация цвета кровоподтека, и его количественная характеристика на основе цветовой модели YCrCb, повышают точность диагностики давности механической травмы, с объективным определением границ интервала, в котором с вероятностью более 95% находится искомое время травмы, по представленным оригинальным математическим выражениям, что позволяет рекомендовать их для использования в экспертной практике.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для инструментальной объективизации давности механической травмы мягких тканей, сопровождающейся формированием кровоподтеков, предлагается следующий рабочий алгоритм:

I. Фотофиксация внешнего вида повреждения:

Производится в условиях, позволяющих получить высокое качество результирующего изображения. Для этого используются фотокамеры с матрицей, обладающей разрешающей способностью 3,0 мегапикселей и выше. Непосредственно для освещения объекта исследования и его фотографирования используется «метод 45/0», сущность которого заключается в том, что объект освещается одним или несколькими пучками света, оси которых составляют угол $45\pm 5^\circ$ относительно нормали к поверхности образца. Угол между направлением наблюдения и нормалью к образцу должен находиться в пределах $0-10^\circ$, угол между осью освещающего пучка и любым его лучом не должен превышать 5° . В качестве осветителей используются вольфрамовые лампы (лампы накаливания), обладающие цветовой температурой 2650-3400°K или ксеноновые лампы (лампы фотовспышки), цветовая температура которых 5290-6000°K. В ходе фотографирования следует избегать появления бликов на коже пострадавшего человека, либо теней от фотокамеры, фотографа или других посторонних предметов. В качестве образца цвета используется белый объект (например, бумажная линейка с нанесенными на ней белыми и черными квадратами – для контрастности), размещаемый таким образом, чтобы он обязательно попал в кадр при фотографировании. В «Заключение эксперта» или в «Акт судебно-медицинского исследования» обязательно вносятся указания на факт и время проведенного фотографирования повреждений на теле пострадавшего человека с конкретизацией модели фотоаппарата, примененного для этих целей.

II. Определение координат цвета кровоподтека:

Фотоизображение кровоподтека, сохраненное в файл jpg или любой другой формат изображений, переносится на персональный компьютер. Для просмотра полученных фотографий может быть использована любая программа-просмотрщик изображений. Может быть использован штатный менеджер изображений Windows, программа Adobe Photoshop и т.п. Мы рекомендуем

IrfanView, как программу, бесплатную для некоммерческого использования, работающую с любыми графическими форматами файлов. Оценка цвета кровоподтека на фотографии производится либо средствами программы, использованной для просмотра изображения (если ее функционал позволяет это сделать), либо внешними программами, в качестве которых рекомендуем ColorPix – свободно распространяемую разработку (www.colorschemer.com), бесплатную для некоммерческого использования. Первоначально оценивается цвет образца (линейки), размещенной в кадре. Белый цвет образца должен иметь координаты 255;255;255 по шкале RGB. При существенном отличии цвета образца от указанных значений делается вывод о низком качестве фотографии, и она признается неподходящей для дальнейшего ее использования. Если белый цвет образца на фотографии имеет координаты, близкие к указанным (255;255;255), делается вывод о правильной передаче цветов на данном изображении. Цвет кровоподтека измеряется в цветовом пространстве RGB не менее чем в пяти точках центрального участка кровоподтека и в его периферической зоне. Полученные RGB-коды документируются путем фиксации их на распечатанной фотографии (нанесением надписей и стрелок, указывающих область измерения цвета).

III. Формализация наименования цвета кровоподтека:

Для наименования цвета кровоподтека может быть использована любая шкала, официально признанная и рекомендованная к применению. Основным требованием к ней является четкое соотнесение RGB-кодов с наименованиями цветов. Мы рекомендуем к применению Международную шкалу наименований цветов, как имеющую мировое признание и достаточно подробную (свыше 1000 наименований), что позволяет наиболее точно формализовать цвет путем соотнесения его названия с цифровой характеристикой.

IV. Оценка давности образования кровоподтека:

Оценить давность внешнего травматического воздействия на мягкие ткани пострадавшего, приведшего к появлению кровоподтеков, можно двумя различными путями.

1. Оценка формализованного цвета кровоподтека.

На давность внешнего травматического воздействия указывают следующие цвета кровоподтеков (с указанием на RGB-код и достоверность суждения):

Давность травмы 0-24 часа:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Бистр	61;43;31	100%	Бежево-коричневый	121;85;61	100%
Винно-красный	94;33;41	100%	Мышино-серый	100;107;99	100%
Известковая глина	121;68;59	100%	Бледный красновато-пурпурный	172;117;128	100%
Коричнево-красный	120;31;25	100%	Бледно-песочный	218;189;171	100%
Оксид красный	100;36;36	100%	Медно-коричневый	142;64;42	100%
Очень темный красновато-пурпурный	39;10;31	100%	Перламутрово-бежевый	106;93;77	100%
Пурпурно-черный	27;17;22	100%	Светлый серовато-пурпурно-красный	178;112;112	100%
Сепия коричневый	56;44;30	100%	Серовато-красновато-пурпурный	125;77;93	100%
Серая умбра	51;47;44	100%	Темный серовато-желтый	164;124;69	100%
Серо-коричневый	64;58;58	100%	Бежево-коричневый	121;85;61	100%
Темный оливково-коричневый	48;33;18	100%	Темно-каштановый	152;105;96	84%
Темный серовато-оливковый	43;37;23	100%			
Фалунский красный	128;24;24	100%			

Давность травмы 25-48 часов:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Бледный пурпурно-синий	138;127;142	100%	Розово-золотой	183;110;121	100%
Пастельно-фиолетовый	161;133;148	100%	Розовый антик	211;110;112	100%
Пюсовый	204;136;153	100%	Бледно-пурпурный	174;132;139	78%
Розовый кварц	170;152;169	100%	Латунный	181;166;66	77%
Красновато-коричневый	117;90;87	77%	Розовый Маунтбэттена	153;122;141	77%
			Светлый пурпурно-розовый	255;168;175	77%
			Серовато-пурпурно-розовый	204;146;147	72%

Давность травмы 49-72 часа:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Перламутрово-розовый	180;76;67	100%	Перламутровый		
Серовато-зеленый	87;94;78	100%	мышино-серый	137;129;118	100%
Бледно-пурпурный	174;132;139	72%			
Ламантин	151;154;170	76%			
Розовая долина	171;78;82	69%			
Серовато-красновато-пурпурный	125;77;93	73%			

Давность травмы 73-96 часов:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Болотный	172;183;142	100%	Кварцевый	153;149;140	63%
Умеренный пурпурно-розовый	226;128;144	100%			
Красновато-серый	139;108;98	71%			
Медно-розовый	153;102;102	75%			
Розовато-лилово-серый	145;95;109	72%			
Серовато-пурпурный	114;82;92	80%			

Давность травмы 97-120 часов:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Насыщенный пурпурно-розовый	246;118;142	100%	Темное зеленое море	143;188;143	100%
			Зеленовато-серый	122;118;102	75%

Давность травмы 121-144 часа:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Кирпично-красный	203;65;84	100%	Светлый синевато-серый	190;173;161	100%
Бледно-фиолетовый	149;123;141	77%	Темный оранжево-желтый	195;118;41	100%
Розовато-лилово-серый	145;95;109	71%	Серый нейтральный	160;160;164	75%
Темно-каштановый	152;105;96	63%			
Цвет мокрого асфальта	80;80;80	65%			

Давность травмы 145-168 часов:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Бежево-красный	193;135;107	100%	Светлый серовато-оливковый	139;115;75	100%
Галечный серый	184;183;153	100%	Темно-лососевый	233;150;122	100%
Розовый антик	211;110;112	100%	Бобровый	159;129;112	76%
Светло-коричневый	152;118;84	100%	Розовый кварц	170;152;169	76%
Светло-серовато-красный	177;114;103	100%			
Тусклый серый	105;105;105	100%			

Давность травмы 169-192 часа:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Бледный желтовато-зеленый	240;214;152	100%	Дыня Крайола	253;188;180	88%
Перекати-поле	222;170;136	100%	Пастельно-розовый	255;209;220	91%
Тусклый амарантово-розовый	221;190;195	100%	Персиковый Крайола	255;207;171	88%
Циннвальдит	235;194;175	100%	Серебряный	192;192;192	70%

Некоторые цвета позволяют судить о давности травмы с несколько большей погрешностью:

<u>Центральный участок кровоподтека:</u>			<u>Периферический участок кровоподтека:</u>		
Розово-серовато-коричневый цвет	25-120 часов	73%	Бледный серо-коричневый	25-96 часов	76%
Розово-коричневый цвет	73-192 часа	84%	Умеренный пурпурно-розовый	49-96 часов	82%
			Св. серовато-желтовато-коричневый	73-144 часа	73%
			Бело-алюминиевый	73-168 часов	77%
			Синевато-серый	97-144 часа	82%
			Перекати-поле	121-168 часов	74%
			Циннвальдит	121-192 часа	80%

После оценки формализованного наименования цвета кровоподтека эксперт формулирует свое заключение в форме следующего суждения: «Учитывая (наименование) цвет центра кровоподтека (значение RGB-кода) и (наименование) цвет его периферической части (значение RGB-кода) считаю, что с вероятностью (указание на %) давность формирования повреждения находится в пределах (указываются границы) часов до момента его фотофиксации».

2. Оценка количественной характеристики цвета кровоподтека.

RGB-коды центрального и периферического участков кровоподтека переводятся в цветовую модель YCrCb путем пересчета по формулам:

$$\begin{aligned}
Y &= 0,299 \times R + 0,587 \times G + 0,114 \times B \\
Cr &= 0,500 \times R - 0,419 \times G + 0,081 \times B \\
Cb &= -0,169 \times R - 0,331 \times G + 0,500 \times B
\end{aligned}
\tag{4}$$

где Y – яркость пикселя цифрового изображения, ед.;
 Cr – величина красной цветоразностной компоненты, ед.;
 Cb – величина синей цветоразностной компоненты, ед.;
 R – величина красной составляющей цвета изображения, ед.;
 G – величина зеленой составляющей цвета изображения, ед.;
 B – величина синей составляющей цвета изображения, ед.

Таким образом, определяются цифровая характеристика цвета кровоподтека, его яркость и насыщенность. Указанные характеристики рассчитываются для периферических и центральных отделов повреждения, соответственно.

Давность кровоподтека рассчитывается по формуле:

$$DTR_a = 0,495 \times Y_{центр} - 1,656 \times Cr_{центр} + 0,615 \times Y_{периф} - 0,514 \times Cb_{периф} - 56,219 \tag{5}$$

где DTR_a – расчетная давность кровоподтека, час;
 $Y_{периф}$ – компонента Y периферии кровоподтека, знач.;
 $Y_{центр}$ – компонента Y центра кровоподтека, знач.;
 $Cb_{периф}$ – компонента Cb периферии кровоподтека, знач.;
 $Cr_{центр}$ – компонента Cr центра кровоподтека, знач.

Затем рассчитываются границы, в которых с вероятностью более 95% находится искомая давность внешнего травматического воздействия:

$$0,592 \times DTR_a - 6,464 \leq DTR \leq 0,958 \times DTR_a + 7,857 \tag{6}$$

где DTR_a – расчетное значение давности травмы, час;
 DTR – реальное значение давности травмы, час.

После оценки цифрового выражения цвета кровоподтека эксперт формулирует свое заключение в форме следующего суждения: «Учитывая цифровые характеристики цвета кровоподтека в его центральной области (значение по цветовой модели YCrCb равно – указывается значение) и на периферии (значение по цветовой модели YCrCb равно – указывается значение), считаю, что с вероятностью более 95% давность формирования повреждения находится в пределах (указываются границы) часов до момента его фотофиксации».

Для ускорения математических расчетов и повышения удобства использования представленного способа рекомендуется использование программы «Brush's color v. 1.0».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Витер В.И., Литвинов А.В., Якимов И.А. Количественная оценка цвета кровоподтеков в судебно-медицинской практике // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск, 2012. – № 1-2. – С. 17-18.
2. Литвинов А.В., Витер В.И., Вавилов А.Ю. О необходимости цифровой стандартизации оценки цвета в практике судебно-медицинских экспертиз // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск, 2013. – № 3. – С. 33-36.
3. Литвинов А.В., Витер В.И., Вавилов А.Ю. О формализации наименования цвета в судебно-медицинской диагностике давности образования кровоподтеков // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск, 2014. – № 2-3. – С. 13-16.
4. Литвинов А.В., Витер В.И., Вавилов А.Ю. Ретроспективный анализ и обоснование перспектив объективизации исследования кровоподтеков у живых лиц // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск, 2014. – № 1. – С. 23-27.
5. Витер В.И., Литвинов А.В. Судебно-медицинская диагностика давности происхождения кровоподтеков (**Монография**). – Ижевск-Курган, 2014. – 220 с.
6. Литвинов А.В., Витер В.И., Вавилов А.Ю. О формализации наименования цвета в судебно-медицинской диагностике давности образования кровоподтеков // Проблемы экспертизы в медицине. – Ижевск, 2014. – № 2-3. – С. 13-16.
7. Вавилов А.Ю., Литвинов А.В., Чирков С.В. Расчетный способ установления давности формирования кровоподтека на основе цифровой формализации его цвета // **Фундаментальные исследования**. Научный журнал (рецензируется ВАК РФ). – Пенза: ИД «Академия Естествознания», 2014. - № 10. – ч. 5. – С. 843-846.
8. Витер В.И., Литвинов А.В., Чирков С.В. О возможности количественной характеристики цвета кровоподтека при определении давности его образования // **Фундаментальные исследования**. Научный журнал (рецензируется ВАК РФ). – Пенза: ИД «Академия Естествознания», 2014. - № 10. – ч. 5. – С. 869-872.

9. Витер В.И., Чирков С.В., Литвинов А.В. Термометрическая диагностика локальных повреждений на живых лицах // **Медицинская экспертиза и право.** (рецензируется ВАК РФ) – М., 2014. – № 6. – С. 22-25.

10. Вавилов А.Ю., Чирков С.В., Литвинов А.В. О возможности биофизической диагностики на трупном материале давности локальных прижизненных повреждений мягких тканей стенок ротовой полости // **Фундаментальные исследования.** Научный журнал (рецензируется ВАК РФ). – Пенза: ИД «Академия Естествознания», 2014. – № 12. – ч. 7. – С. 1288-1293.

11. Витер В.И., Чирков С.В., Литвинов А.В. Диагностика локальных повреждений мягких тканей стенок ротовой полости у живых лиц // **Фундаментальные исследования.** Научный журнал (рецензируется ВАК РФ). – Пенза: ИД «Академия Естествознания», 2014. – № 12. – ч. 7. – С. 1294-1298.

Литвинов Александр Вячеславович
Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Подписано в печать г. Формат 60х84/16
Гарнитура Times New Roman. Тираж 100 экз. Зак. 856
Отпечатано в РИО ГБОУ ВПО ИГМА
426034, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281