

УДК 617.3

В. С. Артюшкевич

государственный медицинский судебный эксперт
главного управления судебно-медицинских экспертиз
Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь
E-mail: Dubrovskiyyauhen@mail.ru

Морфофункциональное состояние костного мозга грудины при различной степени кровопотери

Проведено исследование костного мозга грудины трупов лиц, погибших в результате механической травмы. Установлено изменение цвета костного мозга в зависимости от кровопотери и причины смерти.

Ключевые слова: травма, кровопотеря, шок, грудина, костный мозг, цвет, сочность, жировое перерождение.

Исследование грудины человека проводилось эмбриологами, антропологами, анатомами, гистологами в соответствии со спецификой поставленных задач. Основное внимание судебных медиков уделялось установлению возрастных и половых особенностей грудины [1–5]. Отдельные исследования посвящены травматическим повреждениям костного мозга [6; 7]. Вместе с тем, патоморфология грудины и ее костного мозга при механической травме изучена недостаточно и требует дальнейшего исследования.

Цель исследования: изучение морфологии костного мозга грудины при смертельных повреждениях для выявления признаков, которые могут быть использованы для установления прижизненности механической травмы.

Задачи исследования: изучить цвет, влажность, состояние сосудистой системы, жировых клеток, клеточный состав костного мозга грудины при травме в зависимости от величины кровопотери, причины смерти и давности травмы; выработать рекомендации для диагностики прижизненности повреждений по состоянию костного мозга грудины.

Материалы и методы исследования: исследовался костный мозг грудины трупов лиц (56 наблюдений), погибших в результате механической травмы различной локализации. Травма была получена в ДТП, при падении с высоты, ранениях острыми и тупыми предметами и характеризовалась повреждениями периферических и магистральных сосудов, органов грудной и брюшной полостей, переломами костей скелета. Непосредственной причиной смерти были:

- 1) ЧМТ (сдавление и дислокация головного мозга гематомой эпидуральной, субдуральной, внутримозговой, внутрижелудочковой и смешанной);
- 2) кровопотеря (повреждение сердца, крупных артерий, сочетанное повреждение артерий и вен, повреждение внутренних органов, повреждение костей, сочетанное повреждение);
- 3) травматический шок (повреждение скелета и органов грудной клетки, повреждение органов брюшной полости, повреждение костей таза и позвоночника, сочетанное повреждение, травматический шок в сочетании с кровопотерей);

4) тампонада сердечной сорочки кровью;
5) несовместимая с жизнью травма (повреждение головы с разрушением черепа и головного мозга, повреждение сердца, легких, множественные разрушения органов брюшной полости, сочетанные повреждения).

Среди погибших были лица мужского (70%) и женского (30%) пола в возрасте от 12 до 70 лет соответственно в возрастных группах: 12–20 лет (10 наблюдений: мужчины – семь, женщины – три); 21–30 лет (14 наблюдений: мужчины – десять, женщины – четыре); 31–40 лет (12 наблюдений: мужчины – девять, женщины – три); 41–50 лет (8 наблюдений: мужчины – шесть, женщины – два); 51–60 лет (6 наблюдений: мужчины – четыре, женщины – два); 61–70 лет (6 наблюдений: мужчины – четыре, женщины – два). Контрольную группу (9 наблюдений) составили лица, погибшие от механической асфиксии (повешение, утопление). Среди них были лица мужского (6 наблюдений) и женского (3 наблюдения) пола в возрасте от 1 до 30 лет.

Морфофункциональное состояние костного мозга макроскопически оценивалось по цвету, сочности (влажности), степени жирового перерождения. В гистологических препаратах определялись тонус и кровенаполнение сосудов, соотношение миелоидных и жировых клеток, состояние стромы костного мозга; в мазках – состав миелограммы.

Грудная кость при секционном исследовании отделялась от ребер и мягких тканей. Затем она укреплялась в настольных столярных тисках и пилой для резания по металлу (с мелкими зубчиками) спиливалась передняя костная пластинка до полного обнажения поверхности костного мозга. Цвет костного мозга определялся по шкале цветов Г. Г. Автондилова [8]. Сочность (влажность) устанавливалась визуально и путем определения коэффициента влажности. Для этого из обеззоленных фильтров вырезались прямоугольники размером 20×40 мм, которые взвешивались на торзионных весах с точностью до 1 мг. Указанный кусочек фильтра укладывался на распил костного мозга и прижимался в течение 30 секунд металлическим бруском массой 100 г, после чего взвешивался. По отношению массы сухого и увлажненного бумажного фильтра определялся коэффициент влажности (КВ).

С целью определения влияния жирового перерождения на цвет и сочность (влажность) производилось измерение его площади и вычислялось процентное отношение к общей площади костного мозга грудины.

Для гистологического исследования брались кусочки костного мозга из всех отделов грудины. Фиксировались в 10%-м растворе нейтрального формалина, декальцировались в 5%-м растворе азотной кислоты, уплотнялись в целлоидине и парафине. Срезы окрашивались гематоксилин-эозином, хромтопом 2Б, импрегнировались серебром по Футу. Мазки костного мозга готовились по собственной методике. Капля костного мозга помещалась в коническую пробирку с отцентрифугированной аутоплазмой в отношении 1/3. Воздушной струей из микропипетки смесь размешивалась до однородного состояния. Пробирку с клеточной взвесью помещали на 20 мин в камеру бытового холодильника. В таких условиях происходило расправление и восстановление формы клеток. Мазки, приготовленные из этой взвеси, получились тонкими и ровными и окрашивались по Гимза-Романовскому.

Результаты исследования

Красный костный мозг богато снабжен кровеносными сосудами, составляющими около 50% его массы [9], в норме он имеет темно-красный [10; 11], по данным других авторов [12; 13] – красный цвет. Признаками функционального состояния костного мозга являются кровенаполнение и активность эритропоэза.

В наших наблюдениях темно-красный цвет костного мозга грудины отмечался у лиц молодого возраста, погибших от механической асфиксии (утопления, повешения), тяжелой ЧМТ, тампонады кровью полости перикарда при ранениях сердца. Кровопотеря в этих случаях колебалась в пределах 200–600 мл. Костный мозг был сочным, влажным, полужидкой

консистенции, коэффициент влажности ниже 0,5. При микроскопическом исследовании истинные и синусоидальные капилляры, венозные сосуды полнокровны. Артерии в состоянии нормотонуса.

При кровопотере до 1000 мл и быстро наступившей смерти цвет костного мозга существенно не изменялся, он становился в некоторых случаях темновато-красным. Костный мозг на распиле выглядел сочным, коэффициент влажности колебался в пределах 0,5–0,55. Микроскопически в мелких артериях наблюдался слабовыраженный спазм, 80–90% синусоидальных капилляров содержали кровь.

Красный цвет костного мозга отмечался при травме, сопровождающейся кровопотерей до 1000 мл (2 наблюдения), 1000–1500 мл (3 наблюдения), 1500–2000 (12 наблюдений), свыше 2000 мл (5 наблюдений). Повреждения были получены в результате колото-резаных ранений, транспортной травмы, падения с высоты, сдавления тела тупыми предметами. Травма в большинстве случаев носила сочетанный характер. Отмечались повреждения кровеносных сосудов, органов грудной и брюшной полостей, переломы костей грудной клетки, таза, конечностей. Летальный исход наступил от кровопотери, сочетания шока с кровопотерей в первые 10 мин после травмы (14 наблюдений), через 10–30 мин (6 наблюдений), 30–60 мин (2 наблюдения). Костный мозг на распиле выглядел суховатым, с коэффициентом влажности 0,55–0,6. При микроскопическом исследовании костного мозга отмечался спазм артериальных сосудов. Кровенаполнение синусоидальных капилляров уменьшалось, 30–40% не содержали крови, находились в спавшемся состоянии. Увеличивалась плазматизация капилляров. В мазках костного мозга отмечалось уменьшение зрелых форм лейкоцитов.

Сосудистая реакция в виде сужения артерий, опустошение синусоидальных капилляров, вымывание клеток костного мозга наблюдаются в первые 30 мин после травмы. Однако эти изменения наиболее выражены и закономерны в своей интенсивности при давности травмы свыше 30 мин и кровопотере более 1500 мл.

Светло-красный цвет костного мозга наблюдался при травме, сопровождавшейся кровопотерей 1000–1500 мл (2 наблюдения), 1500–2000 мл (6 наблюдений), свыше 2000 мл (17 наблюдений). Повреждения были получены в результате ДТП, падения с высоты, ранений тупыми и острыми предметами. Травма характеризовалась повреждениями периферических и магистральных кровеносных сосудов, сердца, легких, селезенки, печени, переломами костей скелета, сопровождающимися наружными, внутриполостными и внутритканевыми кровоизлияниями. Летальный исход наступил от кровопотери, травматического шока в сочетании с кровопотерей в первые 10 мин после травмы (9 наблюдений), 10–30 мин (11 наблюдений), 30–60 мин (5 наблюдений). Костный мозг на распиле выглядел суховатым и сухим, коэффициент влажности, как правило, превышал 0,6. Микроскопически отмечались спазм артерий, плазматизация сосудов, опустошение синусоидальных капилляров, 40–50% которых были пусты, спавшиеся или содержали небольшое количество эритроцитов.

Исследование мазков костного мозга осложнялось в связи с посмертными изменениями клеток, поскольку секционные исследования в большинстве случаев проводились при давности смерти свыше 24 часов. В подобных случаях состав миелограммы не мог служить достоверным признаком прижизненности повреждений. Это требует дальнейшего исследования. В небольшом количестве случаев (9 наблюдений) исследования костного мозга проводились в первые 12 часов постмортального периода. В мазках костного мозга при травме, независимо от причины смерти, сопровождавшейся кровопотерей более 1000 мл, и продолжительности посттравматического периода до 30 мин отмечалось значительное уменьшение зрелых форм лейкоцитов и полное их отсутствие при кровопотере свыше 1500–2000 мл и давности травмы свыше 30–60 мин. Вымывание зрелых форм лейкоцитов при шоке и кровопотере имеет неспецифический характер, направлено на сохранение гомеостаза, что сопровождается периферическим лейкоцитозом (клинически). В мазках кост-

ного мозга вычислялось количество эритроцитов на 100 клеток. При кровопотере менее 500 мл количество эритроцитов колебалось в пределах 450–520 на 1000 клеток костного мозга; при кровопотере 1000–2000 мл соответственно составляло 300–400; при кровопотере свыше 2000 мл – менее 300.

Проведенные исследования показывают: изменение цвета костного мозга в остром периоде травмы происходит независимо от причины смерти, связано с величиной кровопотери и сосудистой реакцией, направленной на поддержание гемо- и гомеостаза.

Сочность (влажность) является важным показателем функционального состояния костного мозга, находящимся в норме в полужидком состоянии, обусловленным в первую очередь кровенаполнением синусоидальных капилляров. Поэтому количество влаги, содержащееся в костном мозге, может быть использовано для его характеристики.

Проведены исследования сочности (влажности) костного мозга при травме, сопровождающейся различной степенью кровопотери, и при механической асфиксии. Для объективной оценки состояния костного мозга вычислялся коэффициент влажности. В случаях механической асфиксии и травмы, сопровождающейся небольшой кровопотерей, когда цвет костного мозга был темно-красным, коэффициент влажности не превышал 0,5. При кровопотере 1500–2000 мл коэффициент влажности превышал 0,55, а при кровопотере свыше 2000 мл был более 0,6. Сочность костного мозга, как правило, коррелировала с его цветом.

В случаях выраженного жирового перерождения и редукции кровотока костный мозг был суховатым, что следует учитывать при оценке травмы по характеру изменения костного мозга.

Жировые клетки являются неотъемлемой частью костного мозга, однако их функциональное значение в гемопоэзе до конца не установлено. Они выявляются в костном мозге детей раннего возраста; их количество увеличивается с возрастом человека, и процентное отношение к миелоидным клеткам выравнивается к 18–20 годам. В дальнейшем жировые клетки преобладают, что определяется при микроскопическом исследовании костного мозга. Полное замещение активного костного мозга жировым проявляется в виде очагов желтого цвета различной формы и величины, располагающихся обычно в рукоятке и теле грудины. В наших наблюдениях они были выявлены в единичных случаях в рукоятке грудины лишь у лиц мужского пола в возрасте 17–20 лет и не превышали 6% к общей площади костного мозга. В возрастной группе 21–30 лет они обнаруживались в 25% наблюдений, составляли 9–11% площади костного мозга; 31–40 лет соответственно 15–37%; 41–50 лет – 27%; 51–60 лет – 38–40%; 61–70 лет превышали 50% общей площади костного мозга.

Жировые клетки костного мозга активно реагируют на различные патологические процессы в организме, в том числе на кровопотерю. Их морфология отражает функциональное состояние костного мозга. При кровопотере вследствие запустения и спадения синусоидальных и истинных капилляров, оплетающих жировые клетки, падает и снижается тонус и напряжение в жировой ткани, что приводит к изменению их формы. При кровопотере до 1000 мл жировые клетки не претерпевают существенных изменений. Форма их округлая или овальная с натянутой оболочкой, капилляры, оплетающие жировые клетки, полнокровны. Изменения жировых клеток начинают выявляться при кровопотере свыше 1000 мл. Их оболочка становится волнистой, складчатой, а сами клетки приобретают неправильно округлую форму. Это отчетливо выражено при кровопотере 1500–2000 мл.

Интенсивное жировое перерождение сопровождается редукцией кровотока. В очагах жирового перерождения остаются в небольшом количестве питательные артерии и истинные капилляры, синусоидальные исчезают. Это приводит к изменению цвета костного мозга, к снижению влаги в костномозговой ткани и, как следствие, его сухости. Это подтверждают исследования и других авторов [12], изучавших костный мозг грудины у лиц пожилого возраста, у которых он имел красный и светло-красный цвет.

Заключение

При травме, сопровождающейся кровопотерей менее 500 мл, сохраняется нормотонус артериальных и венозных сосудов. При значительной кровопотере, как правило, свыше 1000 мл вследствие выхода крови из сосудов происходит снижение тонуса и спадение синусоидальных и истинных капилляров, повышение тонуса артерий. В наших наблюдениях не было истинного спазма сосудов. Сужение просвета артерий происходило за счет набухания эндотелия, его переориентации, что сопровождалось вакуолизацией цитоплазмы клеток эндотелия и мышечного слоя. Такое состояние артерий наблюдается при общей сосудистой реакции на травму, сопровождающуюся шоком и кровопотерей.

Кардинальными макромикроскопическими признаками состояния костного мозга являются цвет, влажность, которые находятся в прямой зависимости от интенсивности эритропоэза, кровенаполнения и жировой перестройки костного мозга. Кровенаполнение костного мозга зависит от величины кровопотери. Одним из факторов, оказывающих влияние на цвет и влажность костного мозга, является степень жирового перерождения, которое находится в значительной зависимости от пола и возраста человека. Процесс замещения активного костного мозга жировым у мужчин начинается раньше, чем у лиц женского пола. После 50 лет жировое перерождение костного мозга грудины отмечалось с одинаковой частотой у лиц обоих полов и оказывало влияние на цвет и влажность костного мозга.

Кровопотеря и давность травмы – основные факторы, приводящие к изменению кровенаполнения костного мозга, жировых клеток. Эти признаки, как правило, наиболее выражены с увеличением объема кровопотери и давности травмы. Давность наступления смерти оказывает свое влияние на сохранение клеток костного мозга, что ограничивает использование данных миелограммы для оценки прижизненности повреждений.

Выводы

Первоначальной реакцией костного мозга на травму является сосудистая, которая характеризуется сужением артерий, опустошением синусоидальных капилляров.

Одной из ранних реакций на кровопотерю являются мобилизация и выход эритроцитов из костного мозга, что подтверждается уменьшением их количества в синусоидальных капиллярах и мазках костного мозга. Ранней реакцией на шок и кровопотерю является выход из костного мозга зрелых форм лейкоцитов. Эти изменения наиболее выражены и закономерны в своей интенсивности при давности травмы свыше 30 мин и кровопотере свыше 1500 мл.

Цвет костного мозга обусловлен степенью его кровенаполнения и интенсивностью эритропоэза. Полагаем, что темно-красный цвет свойственен костному мозгу грудины здорового человека и наблюдается при травме, сопровождающейся кровопотерей менее 500 мл. Величина прижизненной кровопотери, в связи с которой происходит изменение цвета костного мозга, должна превышать 1000 мл.

В остром периоде травмы происходят изменения жировых клеток костного мозга, что наблюдается при кровопотере свыше 1000 мл вследствие запустения и спадения синусоидальных и истинных капилляров, что приводит к падению и снижению тонуса жировой ткани и изменению оболочки и формы жировых клеток.

Жировое перерождение костного мозга не является острой реакцией на травму и, следовательно, как признак прижизненности не оценивается, однако оказывает влияние на цвет и сочность мозга. В случаях выраженного жирового перерождения, что наблюдается преимущественно у лиц пожилого возраста, ретроспективно оценивать прижизненность травмы и величину кровопотери по цвету и сочности следует весьма осторожно.

Морфофункциональное состояние костного мозга при травме, сопровождающееся кровопотерей, может быть использовано для решения вопроса о прижизненности повреждения.

Список использованных источников

1. Лаптев, З. Л. Половые особенности грудины в судебно-медицинском отношении / З. Л. Лаптев // Суд.-мед. экспертиза – 1972. – № 3. – С. 28–31.
2. Пашкова, В. И. Судебно-медицинское отождествление личности по костным останкам / В. И. Пашкова. – Саратов : СарГУ, 1978. – 320 с.
3. Медико-криминалистическая идентификация / под ред. В. В. Тамелина. – Издат. группа НОРМА-ИНФРА, 2000. – 472 с.
4. Артюшкевич, В. С. Возрастные изменения костного мозга грудины / В. С. Артюшкевич, С. Б. Горелик // Материалы 1-го конгресса морфологов Беларуси. – Минск, 1996. – Т. 2. – С. 6–7.
5. Артюшкевич, В. С. Морфофункциональное состояние грудной кости у лиц пожилого возраста / В. С. Артюшкевич, В. Г. Романовский // Менеджмент социально значимых услуг в гериатрии : материалы респ. науч.-практ. конф., посвящ. дню пожилых людей. – Минск, 2015. – С. 11–14.
6. Москаленко, Л. М. Диагностика прижизненности переломов плоских костей по морфологии костного мозга / Л. М. Москаленко, В. М. Борзаев // Вопросы совершенствования судебно-медицинской науки и практики. – Минск, 1981. – Вып. 2. – С. 131–133.
7. Артюшкевич, В. С. Костный мозг при механической травме / В. С. Артюшкевич // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы : сб. науч. тр. / НИИ ПККиСЭ М-ва юстиции Респ. Беларусь; редкол. : А. С. Рубис (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2005. – № 1/18. – С. 260–262.
8. Автандилов, Г. Г. Краткая шкала цветов / Г. Г. Автандилов. – М., 1962. – 17 с.
9. Новиков, И. И. Кровеносные сосуды костного мозга : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / И. И. Новиков. – М., 1968. – 23 с.
10. Абрикосов, А. И. Частная патологическая анатомия. Органы кроветворения и крови / А. И. Абрикосов. – М., 1947.
11. Елисеев, В. Г. Гистология / В. Г. Елисеев. – М. : Медгиз, 1963. – 672 с.
12. Мазуренко, М. Д. Морфология костного мозга грудины трупов лиц, умерших скоропостижно от атеросклероза и гипертонической болезни / М. Д. Мазуренко // Труды ЛенГИДУВа.– Ленинград, 1967. – Вып. 50. – С. 41–45.
13. Хэм, А. Гистология / А. Хэм, Д. Кормак; пер. с англ. – М. : Мир, 1983. – Т. 2. – 254 с.

Дата поступления: 21.11.2016

V. S. Artiushkevich

state medical forensic expert of the main department of forensic examinations
of the State forensic examination committee of the Republic of Belarus

**MORPHOLOGICAL FUNCTIONAL CONDITION OF BONE MARROW
OF STERNUM WITH VARYING DEGREE OF BLOOD LOSS**

*Study of bone marrow of sternum was made from corpses of people died from mechanical trauma.
Colour changes of body marrow depend on blood loss and the cause of death.*

Keywords: trauma, blood loss, shock, sternum, bone marrow, colour, humidity, fat degeneration.