https://doi.org/10.17116/sudmed201760549-52

Прочностные свойства биологических тканей: современное состояние вопроса

Д.м.н., доц. П.В. ПИНЧУК[1, 2]*, к.м.н. И.А. ЛЕВАНДРОВСКАЯ[1]

[1]111-й Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз (нач — д.м.н., доц. П.В. Пинчук) Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия, 105229; [2]кафедра судебной медицины (зав. — д.м.н., проф. Е.М. Кильдюшов) Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия, 117997

Приведен анализ научной литературы, посвященной проблеме изучения прочностных свойств биологических тканей человека. Установлено, что исследователи успешно применяли способы и методы технических дисциплин для изучения прочностных свойств таких биологических объектов, как кожа, сухожилия, сосуды, кости и т.д. Каких-либо значимых исследований по изучению прочностных характеристик внутренних органов еще не проводилось. Данное направление научных исследований представляется актуальным для более точного установления механизма образования повреждений внутренних органов, что повысит объективность экспертных заключений в случаях таких повреждений.

Ключевые слова: технические дисциплины, прочностные характеристики биологических тканей, травмы внутренних органов.

The mechanical strenth characteristics of the biological tissues: the current state-of-the-art

P.V. PINCHUK[1, 2]*, I.A. LEVANDROVSKAYA[2]

[1]The 111th Main State Centre of Forensic Medical and Criminalistic Expertises, Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia, 105229; [2]Department of Forensic Medicine, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russia, Moscow, Russia, 117997

This article reports the results of analysis of the publications in the scientific literature concerning the mechanical strength characteristics of the biological (human) tissues. It is shown that many researchers successfully used the methods and means finding wide applications in the technical disciplines for the investigations into the mechanical strength of such biological objects as skin, tendons, blood vessels, bones, etc. There are thus far no available reports on the studies of the mechanical strength characteristics of the internal organs. At the same time, such studies are of paramount importance for obtaining the materials that might greatly contribute to the better understanding of the mechanisms underlying the development of the lesions in the internal organs. They are likely to enhance objectiveness of expert conclusions in the framework of forensic medical expertise of the injuries to the human body.

Keywords: technical disciplines, mechanical strength characteristics of biological tissues, injuries to the internal organs.

Прочность биологических тканей к механическим воздействиям давно интересовала судебных медиков. Неприспособленность и недоступность техники для регистрации объема разрушения биологических объектов, отсутствие в достаточной мере разработанной для медицинских нужд методологической основы изучения прочностных свойств биологических объектов, прежде всего внутренних органов, а также скептицизм многих исследователей в необходимости применения «точных» наук для исследования тканей человека до настоящего времени не позволяют пристально начать изучать проблему устойчивости биологических тканей к действию различных внешних физических факторов.

Первые попытки установить прочностные свойства биологических объектов берут свое начало в XIX веке. Так, П.Ф. Лесгафт [1] указывал, что живой организм нельзя изучать с помощью одного метода. Он отмечал: «Описательный анатом знает только мертвый материал. Механику недостаточно известен ни живой, ни мертвый механизм, чтобы правильно уяснить существующие при этом отношения и структуры. Физиолог будет исследовать функцию живого организма только путем экспериментов. Любое одностороннее исследование, проведенное только с помощью одного метода, недостаточно объективно, чтобы исчерпать гармонические проявления жизни». В своих трудах П. Францевич [2] рассматривал следующие механические характеристики биологических тканей: крепость на растяжение и сжатие, коэффициент упругости на растяжение и сжатие, а также привел сведения о полученных результатах для плотной костной ткани, реберного и костного хрящей, сухожилий и стенки артерий.

Изучением упругих свойств стенок различных *сосудов* на протяжении почти целого столетия занимались отечественные ученые и зарубежные исследователи [3—16].

© П.В. Пинчук, И.А. Левандровская, 2017

*e-mail: pinchuk1967@mail.ru

Ученик П.Ф. Лесгафта М.И. Полетика [3] изучал эластичность продольных и поперечных срезов стенки артерий, которую определял путем последовательного увеличения массы груза. Он установил, что кривые эластичности для различных сосудов представлены различными формами; поперечная эластичность артерий меньше ее продольной; эластичность для большего веса уменьшается с уменьшением диаметра и толщиной их стенок. Им не было отмечено существенных различий в эластичности сосудистой стенки в 1-е сутки после смерти человека. А.М. Твердынский [6, 7] определил модуль упругости, коэффициент вязкости и модуль релаксации для стенок артерий, при этом обнаружил, что физиологическое состояние сосуда характеризует коэффициент вязкости. Большую научную работу по определению напряжения стенки различных *кровеносных сосудов* провела Л.И. Абросимова [15, 16]. Она рассчитала напряжение по формуле Г. Ламе и установила, что с увеличением диаметра сосуда увеличивается напряжение его стенки, а ее растяжимость пропорциональна растягивающему усилию, т.е. испытуемый материал подчиняется закону Р. Гука. Полученные исследователем количественные результаты показали, что уменьшение давления вызывает большее снижение напряжения стенки, чем уменьшение диаметра самого сосуда, но уменьшение толщины стенки способствует увеличению напряжения.

Многие исследователи [5, 9, 17] изучали растяжимость (эластичность) стенки *аорты,* нормальной и измененной патологическими процессами (склероз). Экспериментально доказано снижение эластичности аорты с возрастом и в связи с патологическими изменениями ее стенки. Первые исследования механической прочности стенки аорты провели А.С. Обысов и Н.А. Владиславлева [11—14]. Они выполнили эксперименты по установлению предельных нагрузок, требуемых для растяжения и полного разрыва стенки восходящей и нисходящей частей аорты человека. Был рассчитан предел прочности различных отделов аорты для людей разного пола и возраста, и установлены определенные закономерности разрыва сосуда. Кроме того, авторы определили относительное удлинение стенки грудной части аорты при разрыве и обнаружили прямую зависимость прочности аорты от состояния ее стенки.

Работы В.М. Шестакова и соавт. [18] и Н.Г. Копейкина [19—21] посвящены исследованию механических свойств *клапанов сердца*, а именно изучению прочности и запаса прочности сухожильных нитей створок клапанов, при этом в основе этих расчетов лежала теория балки с одним фиксированным концом (консоль).

Первые работы по изучению физико-механических свойств *сухожилий* появились еще в XIX веке [22]. Научная достоверность полученных результатов является относительной вследствие отсутствия систематизации материала (пол, возраст и т.д.). Глубокое исследование пяточного сухожилия провел А.С. Обысов [14, 23], который изучил его как модель, отражающую аналогичные свойства всех других сухожилий человека. Автор установил показатели упругих свойств сухожилия для различных возрастных групп, составленных на основе гистоморфологических преобразований структуры сухожилия в зависимости от возраста. Он отметил, что нарастание коэффициента упругости прямо пропорционально увеличению возраста; в прямой зависимости от возраста находится также и предельная нагрузка, необходимая для полного разрыва испытуемого участка сухожилия. Кроме того, автор исследовал прочностные свойства связочного аппарата верхних и нижних конечностей, используя некоторые положения теоретической механики с применением законов механики деформируемого твердого тела. А.С. Обысов [14] установил, что направления линий разрыва связок различны, что может быть связано с направлением деформирующих сил и их сложным взаимодействием.

Многие работы по определению прочностных свойств *кожи* в кожевенной промышленности относятся к началу XX века. Эксперименты производили на коже животных с использованием машины системы Шопера [24, 25]. Одна из первых экспериментальных работ по изучению эластичности кожи человека выполнена M. Ridge и соавт. [26], которые исследовали растяжимость полосок кожи из эпигастральной области, спины и предплечья, полученных при вскрытии с давностью смерти, не превышающей 24 ч. Авторы установили, что наиболее растяжима кожа, взятая из эпигастральной области.

Изучением упруго-вязких свойств кожи из области шеи, груди и живота занимались А.С. Обысов [14] и В.В. Милацкова [27]. Они определили такие параметры кожи, как относительное удлинение, предел прочности и др. В результате исследований установили, что наименьшие сопротивляемость разрыву и растяжимость у кожи шеи, а наибольшим пределом прочности и относительным удлинением обладает кожа живота у детей в возрасте от 5 до 9 лет и у взрослых 20—35 лет.

Анализ научной литературы показал, что большое количество работ было посвящено прочностным свойствам *костной ткани* и морфологии ее разрушения [14, 28—39]. Данные о прочностных характеристиках позвоночника приведены в работах Т.П. Виноградовой [40], Д.И. Фортушнова [28, 41], И.П. Дегтярева [42] и др. Авторы установили зависимость между прочностью позвоночного столба, обусловленной химическим и микроэлементным составом хрящей, и возрастом человека, объяснив данную закономерность сложностью анатомического строения позвоночника и его функциональной нагрузкой. Эксперименты по изучению биомеханики поясничного отдела позвоночника с применением статических и динамических нагрузок разной силы провели болгарские ученые Г. Глыбов и В. Васильев [29], которые установили, что межпозвонковые диски малоустойчивы к сжатию, особенно при ударе. А.С. Обысов и А.А. Саблин [14, 30, 31] изучали предел прочности позвонков и межпозвонковых дисков на сжатие и растяжение на прессе Гагарина и разрывной машине Шопера (тип МФ-100). Авторы наглядно продемонстрировали изменчивость сопротивляемости межпозвонковых дисков к механическим нагрузкам с увеличением возраста. Проф. В.Н. Крюков [32, 33] привел способы расчетов жесткости кости в зависимости от формы ее поперечного сечения, а также определил показатели устойчивости костной ткани к различным видам нагрузки (растяжение, сжатие, кручение). Проф. В.Э. Янковский [34, 35] занимался изучением прочностных особенностей костей и крупных суставов нижних конечностей.

Заимствование и применение некоторых методов исследования из технических дисциплин (сопротивление материалов, строительная механика и др.) встречаются во многих работах авторов [43—48], изучавших механизм образования повреждений костей и мягких тканей. Именно из технических наук были внедрены в судебную медицину методики регистрации (фрактография) и закономерности разрушения кости (фрактология) с учетом вида и направления травмирующего воздействия [49—54]. А.А. Каран-

дашев [55] использовал физические законы упругой деформации в решении вопросов о механизме травмы селезенки (место и направление травмирующего воздействия) при решении судебно-медицинских вопросов, связанных с тупой травмой живота.

Таким образом, многочисленные научные труды исследователей наглядно подтверждают успешное применение способов и методов технических дисциплин для изучения прочностных свойств биологических объектов, прежде всего костей, суставов, межпозвонковых дисков, мягких тканей и др. Вместе с тем анализ научной литературы показывает, что до настоящего времени каких-либо значимых исследований в области изучения прочностных характеристик внутренних органов еще не проводилось. Данное направление является актуальным и перспективным для более точного установления механизма образования повреждений внутренних органов, что без сомнения усилит доказательную базу экспертных заключений.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Лесгафт П.Ф. *Избранные труды по анатомии*. М.: Медицина. 1968. [Lesgaft PF. *Izbrannye trudy po anatomii*. M.: Medicina. 1968. (In Russ.)].
2. Лесгафт П.Ф. *Основы теоретической анатомии*. Изд. 2-е ч. 1. СПб.: Товарищество Художественной печати. 1905. [Lesgaft PF. *Osnovy teoreticheskoy anatomii*. Izd. 2-e ch.1. SPb.: Tovarishchestvo Khudozhestvennoy pechati. 1905. (In Russ.)].
3. Полетика М.И. *Материалы к вопросу об эластичности артериальных стенок*: Дис. ... д-ра мед. наук. СПб. 1884. [Poletika MI. *Materialy k voprosu ob ehlastichnosti arterial'nyh stenok*: Dis. ... d-ra med. nauk. SPb. 1884. (In Russ.)].
4. Hiller R. *Uber die Elasticitat der aorta*. Diss. Halle, 1884.
5. Хвиливицкая М.И. *Об эластичности и емкости аорты человека*. Труды VIII Всесоюзного съезда терапевтов. Л. 1926. [Hvilivickaya MI. *Ob ehlastichnosti i emkosti aorty cheloveka*. Trudy VIII Vsesoyuznogo s"ezda terapevtov. L. 1926. (In Russ.)].
6. Твердынский А.М. *Оптический метод одновременного определения на малом отрезке кровеносного сосуда некоторых физиологических констант: модуля упругости, модуля релаксации, коэффициента вязкости*. Труды ВМА им. С.М. Кирова. 1938;7. [Tverdynskij AM. *The optical method of simultaneous determination on a small segment of a blood vessel of some physiological constants: elastic modulus, relaxation modulus, the viscosity coefficient*. Trudy VMA im. S.M. Kirova. 1938;7. (In Russ.)].
7. Твердынский А.М. *Экспериментальные наблюдения за упруго-вязкими, свойствами сосудистой стенки с учетом явления релаксации*. Труды ВМА им. С.М. Кирова. 1941;34. [Tverdynskij AM. *The experimental observation of elastic-viscous properties of the vascular wall taking into account the phenomenon of relaxation*. Trudy VMA im. S.M. Kirova. 1941;34. (In Russ.)].
8. Hamilton W, Dow P, Remington J. Relationship between cardiac ejection curves and ballistocardiographic forces. *Am J Physiol.* 1945;144:557-570.
9. Всеволодов Г.Ф. *Упругие свойства стенки кровеносных сосудов*: Дис. ... канд. мед. наук. Л. 1947. [Vsevolodov GF. *Uprugie svojstva stenki krovenosnykh sosudov*: Dis. ... kand. med. nauk. L. 1947. (In Russ.)].
10. Савицкий Н.Н. *Некоторые методы исследования и функциональной оценки системы кровообращения*. Л.: Медицина, 1956. [Savitskij NN. *Nekotorye metody issledovaniya i funktsional'noj otsenki sistemy krovoobrasheniya*. L.: Medicina, 1956. (In Russ.)].
11. Владиславлева Н.А. *Возрастные особенности эластодинамических свойств грудной аорты человека*. 7-я научная конференция по возрастной морфологии, физиологии и биохимии: Материалы. М. 1965;34-35. [Vladislavleva NA. *Vozrastnye osobennosti ehlastodinamicheskih svojstv grudnoj aorty cheloveka*. 7-ya nauchnaya konferentsiya po vozrastnoj morfologii, fiziologii i biokhimii: Materialy. M. 1965;34-35. (In Russ.)].
12. Владиславлева Н.А. *Физико-механические свойства общих сонных артерий человека*. 1-я межвузовская научная конференция по вопросам физического воспитания, анатомии и физиологии спорта: Материалы. Горький. 1965;72-73. [Vladislavleva NA. *Fiziko-mekhanicheskie svojstva obshchih sonnyh arterij cheloveka*. 1-ya mezhvuzovskaya nauchnaya konferentsiya po voprosam fizicheskogo vospitaniya, anatomii i fiziologii sporta: Materialy. Gor'kij. 1965;72-73. (In Russ.)].
13. Обысов А.С., Владиславлева Н.А. *Эластодинамические свойства крупных сосудов человека*. Тезисы 7-го Всесоюзного съезда анатомов, гистологов, эмбриологов. Тбилиси. 1966. [Obysov AS, Vladislavleva NA. *Elastodinamicheskie svojstva krupnyh sosudov cheloveka*. Tezisy 7-go Vsesoyuznogo s»ezda anatomov, gistologov, ehmbriologov. Tbilisi. 1966. (In Russ.)].
14. Обысов А.С. *Надежность биологических тканей*. М.: Медицина. 1971. [Obysov AS. *Nadezhnost' biologicheskikh tkanej*. M.: Medicina. 1971. (In Russ.)].
15. Абросимова Л.И. *Характеристика состояния кровеносных сосудов по напряжению материала стенок*. III Республиканская научно-теоретическая конференция по физическому воспитанию и спорту детей и молодежи: Материалы. Ташкент. 1967;2:8-16. [Abrosimova LI. *Harakteristika sostoyaniya krovenosnyh sosudov po napryazheniyu materiala stenok*. III Respublikanskaya nauchno-teoreticheskaya konferentsiya po fizicheskomu vospitaniyu i sportu detej i molodezhi: Materialy. Tashkent. 1967;2:8-16. (In Russ.)].
16. Абросимова Л.И. *К механизму изменений артериальных осцилляций (по данным моделирования)*. III Республиканская научно-теоретическая конференция по физическому воспитанию и спорту детей и молодежи: Материалы. Ташкент. 1967;2:18-25. [Abrosimova LI. *K mekhanizmu izmenenij arterial'nyh oscillyacii (po dannym modelirovaniya)*. III Respublikanskaya nauchno-teoreticheskaya konferentsiya po fizicheskomu vospitaniyu i sportu detej i molodezhi: Materialy. Tashkent. 1967;2:18-25. (In Russ.)].
17 Моисеев Е.А. Исследование изменений упругих свойств аорты кролика в связи с возрастом и при экспериментальном атеросклерозе. *Архив биологических наук*. 1926;26.149. [Moiseev EA. Study of changes in elastic properties of the aorta of rabbit in context with age and with experimental atherosclerosis. *Arkh biol nauk*. 1926;26:149. (In Russ.)].
18. Шестаков В.М., Третьяков В.А. *Математический анализ повреждения хорд митрального клапана сердца*. Сборник научных работ (вопросы морфологии) Архангельского медицинского института. Вып. 1. Северо-западное кн. изд. 1964. [Shestakov VM, Tret'yakov VA. *Matematicheskij analiz povrezhdeniya hord mitral'nogo klapana serdca*. Sbornik nauchnykh rabot (voprosy morfologii) Arkhangel'skogo meditsinskogo instituta. Vyp. 1. Severo-zapadnoe kn. izd. 1964. (In Russ.)].
19. Копейкин Н.Г. *Возрастные особенности строения атриовентрикулярных клапанов сердца человека*. 7-я научная конференция по вопросам возрастной морфологии, физиологии и биохимии: Материалы. М. 1965;97-98. [Kopejkin NG. *Vozrastnye osobennosti stroeniya atrioventrikulyarnyh klapanov serdca cheloveka*. 7-ya nauchnaya konferentsiya po voprosam vozrastnoj morfologii, fiziologii i biokhimii: Materialy. M. 1965;97-98. (In Russ.)].
20. Копейкин Н.Г. О физико-механических свойствах атриовентрикулярных клапанов сердца человека. *Кардиология*. 1965;5:85-86. [Kopejkin NG. On physico-mechanical properties of the atrioventricular valves of the human heart. *Kardiologiya*. 1965;5:85-86. (In Russ.)].
21. Копейкин Н.Г. *Строение и упругие свойства атриовентрикулярных клапанов сердца человека*. Ученые записки. Вып. 58. Серия «Анатомия, физиология». Горький: Волго-Вятское книжное изд-во. 1965;68-78. [Kopejkin NG. *Structure and elastic properties of the atrioventricular valves of the human heart*. Uchenye zapiski. Vyp. 58. Seriya «Anatomiya, fiziologiya». Gor'kij: Volgo-Vyatskoe kn. izd. 1965;68-78. (In Russ.)].
22. Wertheim G. *Ann chim et Phys.* 1849;21.
23. Обысов А.С. *Особенности методики определения упруго-вязких свойств сухожилий человека*. Материалы итоговой научной сессии ВНИИФК за 1967 г. М. ВНИИФК. 1968. [Obysov AS. *Osobennosti metodiki opredeleniya uprugo-vyazkih svojstv suhozhilij cheloveka*. Materialy itogovoj nauchnoj sessii VNIIFK za 1967 g. M. VNIIFK. 1968. (In Russ.)].
24. Чернов Н.В. *Учение о качестве кожи*. М.—Л.: Гизлегпром. 1939. [Chernov NV. *Uchenie o kachestve kozhi*. M.—L. Gizlegprom. 1939. (In Russ.)].

25. Михайлов А.Н. *Физико-химические основы технологии кожи*. М.: Гизлегпром. 1949. [Mikhajlov AN. *Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii kozhi*. M.: Gizlegprom. 1949. (In Russ.)].

26. Ridge M, Wright D. The description of skin stiffness. *Biology*. 1964;2:67-74.

27. Милацкова В.В. *Физико-механические свойства и гистологические особенности кожи человека*. 1-я межвузовская научная конференция по вопросам физического воспитания, анатомии и физиологии спорта: Материалы. Горький. 1965. [Milatskova VV. *Fiziko-mekhanicheskie svojstva i gistologicheskie osobennosti kozhi cheloveka*. 1-ya mezhvuzovskaya nauch. konf. po voprosam fizicheskogo vospitaniya, anatomii i fiziologii sporta: Materialy. Gor'kij. 1965. (In Russ.)].

28. Фортушнов Д.И. *Материалы к вопросу о строении пояснично-крестцового отдела позвоночного столба и клиническое значение некоторых вариантов его развития*: Дис. ... канд. мед. наук. Саратов. 1952. [Fortushnov DI. *Materialy k voprosu o stroenii poyasnichno-kresttsovogo otdela pozvonochnogo stolba i klinicheskoe znachenie nekotorykh variantov ego razvitiya*: Dis. ... kand. med. nauk. Saratov. 1952. (In Russ.)].

29. Глыбов Г., Васильев В. *Источники биомеханики люмбальной части позвоночника*. Изд. инст. морфологии Болгарской АН. 1965;11:79-103. [Glybov G, Vasil'ev V. *Istochniki biomekhaniki lyumbal'noj chasti pozvonochnika*. Izd. inst. morfologii Bolgarskoj AN. 1965;11:79-103. (In Russ.)].

30. Саблин А.А. *К методике определения упруго-вязких свойств позвоночного столба человека*: Материалы. 1-я Межвузовская научная конференция по вопросам физического воспитания, анатомии и физиологии спорта. Горький. 1965;73-75. [Sablin AA. *K metodike opredeleniya uprugo-vyazkih svojstv pozvonochnogo stolba cheloveka:*. Materialy. 1-ya Mezhvuzovskaya nauchnaya konferentsiya po voprosam fizicheskogo vospitaniya, anatomii i fiziologii sporta. Gor'kij. 1965;73-75. (In Russ.)].

31. Саблин А.А. *Становление упруго-вязких свойств межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночного столба человека в онтогенезе*: Дис. ... канд. мед. наук. М. 1967. [Sablin AA. *Stanovlenie uprugo-vyazkikh svojstv mezhpozvonkovykh diskov poyasnichnogo otdela pozvonochnogo stolba cheloveka v ontogeneze*: Dis. ... kand. med. nauk. M. 1967. (In Russ.)].

32. Крюков В.Н. *Механизмы переломов костей*. М.: Медицина. 1971. [Kryukov VN. *Mekhanizmy perelomov kostej*. M.: Medicina. 1971. (In Russ.)].

33. Крюков В.Н. *Механика и морфология переломов*. М. 1986. [Kryukov VN. *Mekhanika i morfologiya perelomov*. M. 1986. (In Russ.)].

34. Янковский В.Э. Некоторые математические обоснования прочности бедренной и большеберцовой костей в зависимости от формы их поперечного сечения. *Вопросы судебной медицины и экспертной практики*. 1973;5:285-288. [Yankovskij VE. Some of the mathematical study of the strength of the femur and tibia depending on the shape of the cross section. *Voprosy sudebnoj meditsiny i ehkspertnoj praktiki*. 1973;5:285-288. (In Russ.)].

35. Янковский В.Э. *Материалы о биомеханических особенностях длинных трубчатых костей и крупных суставов нижних конечностей (Обоснование судебно-мед. критериев экспертизы повреждений)*: Дис. ... д-ра мед. наук. М. 1974. [Yankovskij VE. *Materialy o biomekhanicheskikh osobennostyakh dlinnykh trubchatykh kostej i krupnykh sustavov nizhnikh konechnostej (Obosnovanie sudebno-med. kriteriev ehkspertizy povrezhdenij)*: Dis. ... d-ra med. nauk. M. 1974. (In Russ.)].

36. Кнетс И.В., Пфафорд Г.О., Саулгозис Ю.Ж. *Деформирование и разрушение твердых биологических тканей*. Рига: Зинатне. 1980. [Knets IV, Pfaford GO, Saulgozis YuZh. *Deformirovanie i razrushenie tverdykh biologicheskikh tkanej*. Riga: Zinatne. 1980. (In Russ.)].

37. Адамович И.С. *Моделирование напряженно-деформированного состояния трубчатых костей человека*: Дис. ... д-ра тех. наук. Рига. 1989. [Adamovich IS. *Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya trubchatykh kostej cheloveka*: Dis. ... d-ra tekh. nauk. Riga. 1989. (In Russ.)].

38. Леонов С.В., Ловцов А.Д. *Прочностные характеристики длинных трубчатых костей в зависимости от условий их опирания. Строительная механика и механика материалов*: Сборник ХГТУ. Хабаровск. 1999;30-36. [Leonov SV, Lovtsov AD. *Prochnostnye harakteristiki dlinnyh trubchatyh kostej v zavisimosti ot uslovij ih opiraniya. Stroitel'naya mekhanika i mekhanika materialov*: Sbornik KHGTU. Khabarovsk. 1999;30-36. (In Russ.)].

39. Леонов С.В., Ловцов А.Д. *Прочностные свойства конечностей (как конструкции) в зависимости от условий их опирания. Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы*. Хабаровск. 2001;4:30-35. [Leonov SV, Lovtsov AD. *The strength properties of the limbs (like designs) depending on the conditions of their bearing. Izbrannye voprosy sudebno-meditsinskoj expertizy*. Khabarovsk. 2001;4:30-35. (In Russ.)].

40. Виноградова Т.П. О некоторых особенностях роста позвонков человека. *Архив патологии*. 1951;13(3):73-76. [Vinogradova TP. Some features of the growth of human vertebrae. *Arkh pat*. 1951;13(3):73-76. (In Russ.)].

41. Фортушнов Д.И. *Некоторые возрастные и индивидуальные особенности строения позвонков*. Труды 5-й научной конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии. Изд. АПН РСФСР. М. 1962. [Fortushnov DI. *Nekotorye vozrastnye i individual'nye osobennosti stroeniya pozvonkov*. Trudy 5-j nauchnoj konferentsii po vozrastnoj morfologii, fiziologii i biokhimii. Izd. APN RSFSR. M. 1962. (In Russ.)].

42. Дегтярев И.П. Морфологическое и гистохимическое изучение хрящевой пластинки поясничных межпозвонковых дисков человека. В кн.: *Патология позвоночника*. Новосибирск. 1966. [Degtyarev IP. Morphological and histochemical study of the cartilage plate of the lumbar intervertebral discs of man. V kn.: *Patologiya pozvonochnika*. Novosibirsk. 1966. (In Russ.)].

43. Копылов Г.И. *Морфологические критерии прочности длинных трубчатых костей в судебно-медицинском отношении*: Дис. ... канд. мед. наук. Барнаул. 1972. [Kopylov GI. *Morfologicheskie kriterii prochnosti dlinnykh trubchatykh kostej v sudebno-meditsinskom otnoshenii*: Dis. ... kand. med. nauk. Barnaul. 1972. (In Russ.)].

44. Гребенникова Н.В. *Биомеханические и биофизические исследования кожи как критерии по экспертизе повреждений тупыми предметами*: Дис. ... канд. мед. наук. Барнаул. 1975. [Grebennikova NV. *Biomekhanicheskie i biofizicheskie issledovaniya kozhi kak kriterii po ehkspertize povrezhdenij tupymi predmetami*: Dis. ... kand. med. nauk. Barnaul. 1975. (In Russ.)].

45. Тупиков А.Е. *Судебно-медицинское установление направления удара при травме грудной клетки твердыми тупыми предметами методом векторографического анализа*: Дис. ... канд. мед. наук. М. 1989. [Tupikov AE. *Sudebno-meditsinskoe ustanovlenie napravleniya udara pri travme grudnoj kletki tverdymi tupymi predmetami metodom vektorograficheskogo analiza*: Dis. ... kand. med. nauk. M. 1989. (In Russ.)].

46. Крюков В.Н. *Основы механо- и морфогенеза переломов*. М.: Фолиум. 1995. [Kryukov VN. *Osnovy mekhano- i morfogeneza perelomov*. M.: Folium. 1995. (In Russ.)].

47. Байбулатов Т.Д. *Судебно-медицинское установление механизмов образования переломов коротких трубчатых костей кисти при различных видах травмирования твердыми тупыми предметами*: Дис. ... канд. мед. наук. Барнаул. 2005. [Bajbulatov TD. *Sudebno-meditsinskoe ustanovlenie mekhanizmov obrazovaniya perelomov korotkikh trubchatykh kostej kisti pri razlichnykh vidakh travmirovaniya tverdymi tupymi predmetami*: Dis. ... kand. med. nauk. Barnaul. 2005. (In Russ.)].

48. Леонов С.В. *Рубленые повреждения кожного покрова и костей*. Хабаровск: изд. ИПКСЗ. 2006. [Leonov SV *Rublenye povrezhdeniya kozhnogo pokrova i kostej*. Khabarovsk: izd. IPKSZ. 2006. (In Russ.)].

49. Хачатрян А.С. Некоторые морфологические особенности переломов диафиза бедренной кости при ударе твердым тупым предметом. *Актуальные вопросы судебной медицины и экспертной практики*. 1988. [Hachatryan AS. Nekotorye morfologicheskie osobennosti perelomov diafiza bedrennoj kosti pri udare tverdym tupym predmetom. *Aktual'nye voprosy sudebnoj meditsiny i ehkspertnoj praktiki*. 1988. (In Russ.)].

50. Хачатрян А.С. *Особенности переломов диафизов длинных трубчатых костей нижних конечностей в возрастном аспекте в зависимости от вида внешнего воздействия*: Дис. ... канд. мед. наук. М. 1990. [Hachatryan AS. *Osobennosti perelomov diafizov dlinnykh trubchatykh kostej nizhnikh konechnostej v vozrastnom aspekte v zavisimosti ot vida vneshnego vozdejstviya*: Dis. ... kand. med. nauk. M. 1990. (In Russ.)].

51. Клевно В.А. *Комплексная судебно-медицинская оценка множественных переломов грудной клетки при травме тупыми предметами*: Дис. ... д-ра наук. СПб. 1991. [Klevno VA. *Kompleksnaya sudebno-meditsinskaya otsenka: mnozhestvennykh perelomov grudnoj kletki pri travme tupymi predmetami*: Dis. ... d-ra nauk. SPb. 1991. (In Russ.)].

52. Горяинов О.П. *Закономерности микроразрушений I диафизов длинных трубчатых костей нижних конечностей в зависимости от вида внешнего воздействия (удар, медленный изгиб)*: Дис. ... канд. мед. наук. М. 1992. [Goryainov OP. *Zakonomernosti mikrorazrushenij I diafizov dlinnykh trubchatykh kostej nizhnikh konechnostej v zavisimosti ot vida vneshnego vozdejstviya (udar, medlennyj izgib)*: Dis. ... kand. med. nauk. M. 1992. (In Russ.)].

53. Шадымов А.Б. *Судебно-медицинское определение механогенеза и идентификационной причастности переломов черепа при основных видах внешнего воздействия*: Дис. ... д-ра мед. наук. М. 2006. [Shadymov AB. *Sudebno-medicinskoe opredelenie mekhanogeneza i identifikacionnoj prichastnosti perelomov cherepa pri osnovnyh vidah vneshnego vozdejstviya*: Dis. ... d-ra med. nauk. M. 2006. (In Russ.)].

54. Шадымов А.Б. *Переломы черепа*. Барнаул. 2009. [Shadymov AB. *Perelomy cherepa*. Barnaul. 2009. (In Russ.)].

55. Карандашев А.А., Русакова Т.И. *Возможности судебно-медицинской экспертизы по выявлению условий возникновения повреждений селезенки и давности образования*. М: Медпрактика-М. 2004. [Karandashev AA, Rusakova TI. *Vozmozhnosti sudebno-meditsinskoj ehkspertizy po vyyavleniyu uslovij vozniknoveniya povrezhdenij selezenki i davnosti obrazovaniya*. M.: Medpraktika-M. 2004. (In Russ.)].