

**ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СКЕЛЕТА НА СОВРЕМЕННОМ РЕНТГЕНОВСКОМ ОБОРУДОВАНИИ****А.А. Артемьев^{1, 2*}, А.Ю. Силин¹, А.Н. Ивашкин², Б.И. Максимов³, А.А. Шипулин⁴, Ю.С. Соловьев⁴**

¹ООО «Клинический госпиталь на Яузе», Москва, РФ; ²Институт медико-социальных технологий ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Россия; ³ГБУЗ «Городская клиническая больница №29 им. Н.Э. Баумана» Департамента здравоохранения Москвы, Москва, Россия; ⁴ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Современные травматология и ортопедия немислимы без качественной рентгеновской диагностики. В последние годы в практику внедрено специальное оборудование, позволяющее получать длинномерные изображения разных частей человеческого тела. Детали проведения обследования, укладка (установка) пациентов, положение конечности и многие другие особенности требуют знания и опыта.

Цель исследования: оптимизация методики рентгеновского обследования пациентов и расширение возможностей получения качественных длинномерных изображений отделов скелета на современном оборудовании. Представлены особенности определения осей и длин сегментов у пациентов с деформациями и укорочениями нижних конечностей, проанализированы наиболее типичные ошибки. Этот вид исследования имеет большое значение при проведении экспертизы, документировании данных в практической, научной и преподавательской деятельности.

Ключевые слова: деформация конечностей, разная длина ног, рентгенография, рентгеновский аппарат, лучевая диагностика

Конфликт интересов: не заявлен

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки

КАК ЦИТИРОВАТЬ: Артемьев А.А., Силин А.Ю., Ивашкин А.Н., Максимов Б.И., Шипулин А.А., Соловьев Ю.С. Возможности получения длинномерных изображений скелета на современном рентгеновском оборудовании. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2018;3-4:89-94. <https://doi.org/10.17116/vto201803-04189>

POSSIBILITIES FOR OBTAINING THE LENGTH-MEASURED IMAGES OF SKELETON USING MODERN X-RAYS EQUIPMENT**A.A. Artemiev^{1, 2*}, A.Yu. Silin¹, A.N. Ivashkin², B.I. Maximov³, A.A. Shipulin⁴, Yu.S. Solovyov⁴**

¹Clinical hospital on Yauza River, Moscow, Russia; ²Institute of Medical Social Technologies of Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia; ³Moscow city hospital №29 named after N.E. Bauman, Moscow, Russia; ⁴RUDN University, Moscow, Russia

Modern traumatology and orthopaedics is inconceivable without high-quality X-rays diagnostics. In the recent years special equipment that enables to obtain the length-measured images of different parts of a human body was introduced into clinical practice. The details of examination process, i.e. the position of a patient, position of an extremity and many others require special knowledge and experience. The aim of the study is to optimize the possibilities for obtaining the length-measured images of the different parts of a skeleton using modern X-rays equipment. The peculiarities of the determination of segments' axes and length in patients with lower extremity deformities and shortening are presented; the most typical mistakes are analyzed. The results of the study are of great importance for medical expertise as well as for data documentation in practical, scientific and teaching activities.

Keywords: leg deformity, leg length discrepancy, roentgenography, x-ray equipment, diagnostic radiology

Conflict of interest: the authors state no conflict of interest

Funding: the study was performed with no external funding

TO CITE THIS ARTICLE: Artemiev AA, Silin AY, Ivashkin AN, Maximov BI, Shipulin AA, Solovyov YuS. Possibilities for obtaining the length-measured images of skeleton using modern X-rays equipment. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2018;3-4:89-94. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/vto201803-04189>

Введение. Работа травматолога-ортопеда немислима без визуализации костных структур. Чем выше качество изображения, больше деталей и элементов представлено на снимке без искажения, тем больше возможностей у врача оценить степень и протяженность повреждения или поражения отдельных частей скелета и принять верное решение при пла-

нировании лечения. В связи с расширением спектра реконструктивно-восстановительных операций на конечностях все чаще возникает необходимость точной оценки так называемых референтных линий и углов (РЛУ), которые характеризуют осевые и угловые взаимоотношения костей и суставных поверхностей [1, 2]. Для этого необходимо по-

лучить изображение, на котором были бы представлены как минимум отдельные сегменты с захватом смежных суставов, а лучше вся конечность целиком. До начала эпохи цифровых технологий для решения подобных задач использовали определенные способы выполнения рентгенограмм (некоторые из них представлены на **рис. 1**) [2]. Интересно, что они сохранили свою актуальность до настоящего времени.

В последние годы появилось рентгеновское оборудование, специально предназначенное для получения длинномерных изображений разных участков человеческого тела. При этом в публикациях и презентациях на научных конференциях редко можно увидеть методически верно и качественно выполненные изображения, позволяющие точно определить РЛУ. Особые требования к качественному документированию изображений предъявляют при проведении экспертизы, демонстрации интересных клинических наблюдений в учебном процессе и научной работе [3].

Цель исследования — оптимизация методики рентгеновского обследования пациентов и расширение возможностей получения качественных длинномерных изображений разных отделов скелета на современном оборудовании.

В силу специфики профессиональных и научных интересов авторов основное внимание в работе было уделено нижним конечностям, что, одна-

ко, позволяет применять описанные ниже приемы при исследовании других отделов, в частности верхних конечностей, и конечно же позвоночника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В период с 2016 г. по настоящее время при обследовании пациентов ортопедического профиля для получения длинномерных изображений используют аппарат Digital Diagnost R2.0 Stitching «Philips» (далее Philips DDS; **рис. 2**).

Аппарат представлен традиционным столом для рентгенографических исследований, рентгеновской трубкой на телескопическом кронштейне, синхронизирующейся с вертикально перемещающимся цифровым рентгеновским детектором, расположенным на напольной стойке-штативе, которая стыкуется со специальной стойкой для позиционирования пациента. Управление исследованием происходит с помощью панели на рентгеновской трубке и с рабочего места оператора, оборудованного пультом и монитором.

Philips DDS обеспечивает условия для обследования объекта длиной 120 см (нижние конечности) или 80 см (позвоночник). Изображение объекта длиной 120 см формируется из трех отдельно выполняемых снимков, которые затем «сшиваются» автоматически или вручную. В итоге получается единое изображение без искажения, без ви-

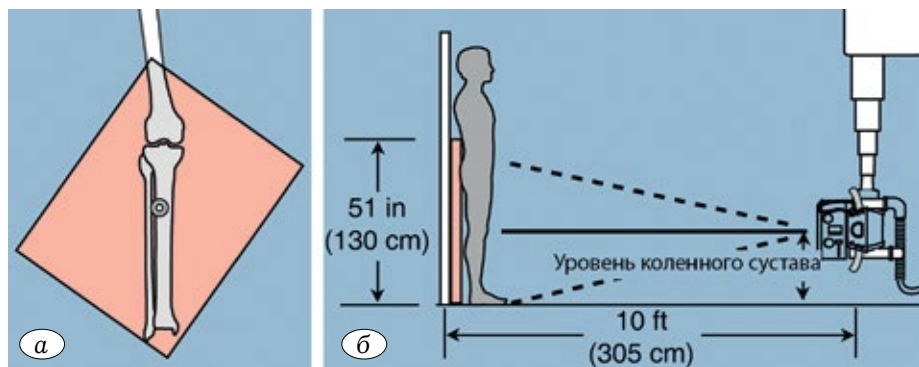


Рис. 1. Способы получения длинномерных изображений на обычном рентгеновском оборудовании [2].

a — укладка конечности по диагонали кассеты; *б* — проведение рентгенографии на специальных (или соединенных друг с другом обычных) кассетах с увеличением фокусного расстояния.

Fig. 1. Methods for obtaining length-measured images on a standard X-ray equipment [2].

a — placement of the extremity in a diagonal position; *б* — roentgenography on the special (or connected to each other standard) cassettes with increased focal distance.

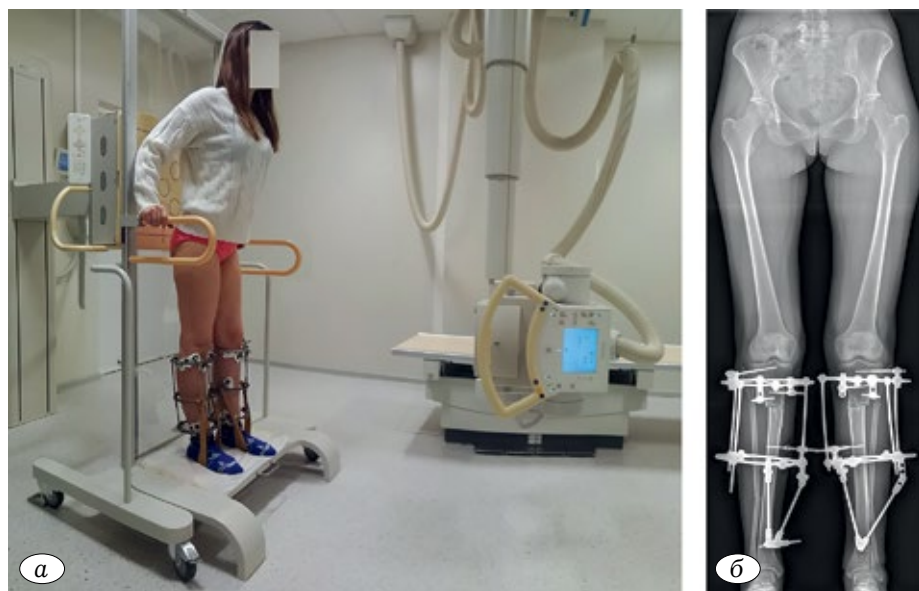


Рис. 2. Внешний вид аппарата Philips DDS в процессе выполнения исследования у пациентки после корригирующей операции на берцовых костях (*a*) и полученное при этом изображение (*б*).

Fig. 2. View of Philips DDS during examination of a patient after reconstructive surgical intervention on shin bones (*a*) and obtained image (*б*).

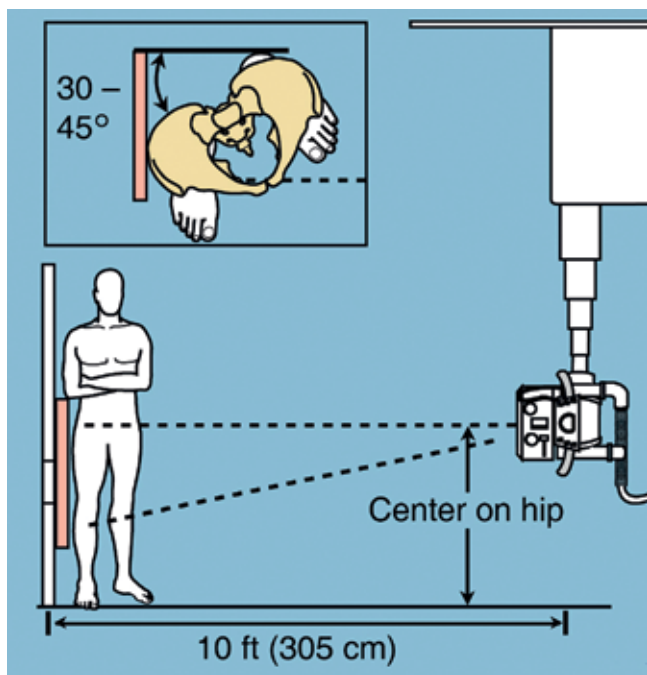


Рис. 3. Установка пациента при выполнении исследования в боковой проекции [2].

Fig. 3. Position of a patient for examination in a lateral projection [2].

димых границ шивки, а также различий в яркости и контрастности.

В цель исследования не входило изучение и представление технических характеристик аппарата Philips DDS (напряжение, сила тока, дозы облучения, особенности программного обеспечения и пр.). Настоящее исследование посвящено оценке достоинств и недостатков прибора, актуальных для травматологов-ортопедов, возможности извлечения максимальной информации при проведении процедуры,

а также анализу типичных ошибок, которые затрудняют адекватную оценку результатов исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Дизайн настоящего исследования являлся специфическим и позволил получить информацию, которая была разделена на основную и дополнительную.

Основная информация: положение референтных линий и величина образуемых ими углов, длина сегментов, расстояние между различными отделами обеих конечностей. Это та информация, которую нельзя в полном объеме получить при выполнении и анализе обычных рентгенограмм.

Дополнительная информация: плотность костной ткани, изменения в суставах, состояние костной мозоли или регенерата, мягких тканей, признаки поражения кости. Следует отметить, что если нет необходимости в получении основной информации, то назначать и выполнять подобное рентгеновское обследование не обязательно. Возможно, есть смысл ограничиться обычной рентгенографией.

Можно выделить следующие основные задачи, которые ставят врачи, назначая рентгеновское обследование с получением длинномерных изображений:

- определение локализации и величины деформации;
- оценка длины сегментов конечностей;
- определение расстояния между отдельными точками противоположных конечностей.

Рассмотрим особенности выполнения и анализа длинномерных изображений в зависимости от названных выше задач.

Оценка локализации и величины деформации. Установка пациента для выполнения рентгенографии в прямой (переднезадней) проекции не пред-



Рис. 4. Длинномерное изображение в двух проекциях при локализации патологических изменений на одной конечности.

Fig 4. Length-measured image in two projections at localization of pathological changes on one extremity.

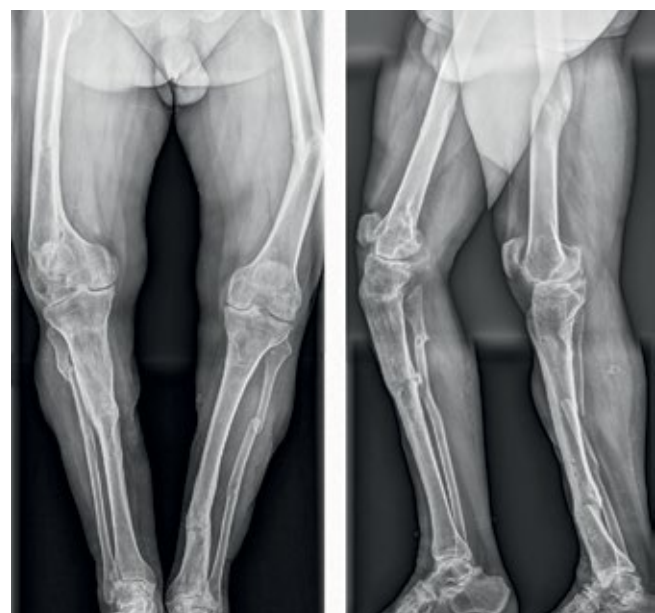


Рис. 5. Длинномерное изображение в двух проекциях при локализации патологических изменений на обеих конечностях.

Fig 5. Length-measured image in two projections at localization of pathological changes on both extremities.



Рис. 6. Правильная установка пациента с посттравматической вальгусной деформацией правой голени и комбинированным (истинным и кажущимся) укорочением левого бедра (а) и полученное при этом изображение (б).

Fig. 6. Proper positioning of the patient with posttraumatic valgus deformity of the right shin and combined (true and seeming) shortening of the left femur (a) and obtained image (б).

ставляет трудностей, чего нельзя сказать о боковой проекции. Выполнение снимков в боковой проекции имеет особенности в зависимости от локализации патологических изменений — на одной либо на обеих конечностях, а также протяженности патологически измененного участка. При поражении одной из конечностей необходимо выполнять установку пациента, как это показано на **рис. 3** [2].

При этом можно получить качественное изображение конечностей в прямой и боковой проекции. Необходимо учитывать, что относительно небольшой участок в верхней трети исследуемого бедра в таких случаях с трудом визуализируется из-за значительной толщины тканей. Если есть необходимость исследования именно этой зоны, целесообразно применять другие специальные укладки либо выполнять компьютерную томографию этой зоны. На всем остальном протяжении качество изображения позволяет провести точные измерения РЛУ и оценить состояние костной ткани (**рис. 4**). При повреждении или поражении одной конечности нет показаний к выполнению снимка здоровой конечности в боковой проекции для сравнения длины сегментов. Это можно сделать по изображению, выполненному в прямой проекции.

При локализации патологических процессов на обеих конечностях целесообразно выполнять

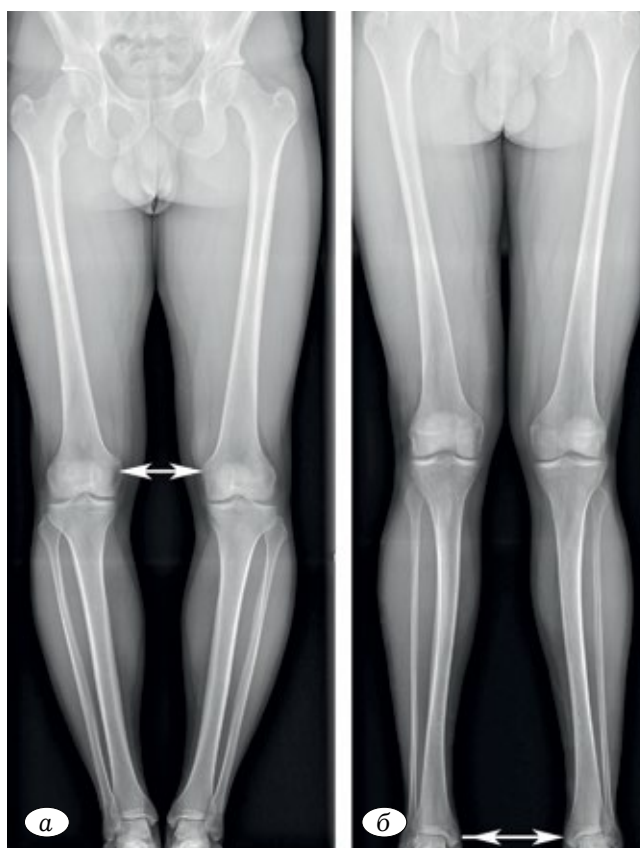


Рис. 7. Определение величины варусной (а) и вальгусной (б) деформации коленного сустава.

Fig. 7. Determination of the degree of knee joint varus (a) and valgus (б) deformities.

рентгенографию в боковой проекции сразу обеих ног, как это показано на **рис. 5**.

Оценка длины сегментов конечностей. Как правило, эти данные представляют интерес при обследовании пациентов с разной длиной ног или, иными словами, с укорочением одной из конечностей. Длина всей нижней конечности складывается из длины (высоты) отдельных сегментов (таз, бедро, голень, стопа). При укорочении одной из конечностей необходимо использовать подставку с целью максимально полной компенсации разницы длины ног. Как известно, укорочение бывает истинное, кажущееся и относительное [4]. При всех видах укорочения это исследование является методом выбора, существенно дополняющим данные клинического обследования и по своим возможностям существенно превосходящим компьютерную томографию. При определении вида и величины укорочения в каждом конкретном случае процедура имеет свои особенности. Чаще всего трудности и ошибки возникают при диагностике кажущегося укорочения (**рис. 6**). Получить точные данные клиническими методами в таких ситуациях очень трудно, а иногда практически невозможно.

Определение расстояния между отдельными точками противоположных конечностей. Измерение расстояния между определенными



Рис. 8. Рентгенограмма всего скелета пациентки, 10 лет. Прослеживается зависимость деформации позвоночника от укорочения правой нижней конечности.

Fig. 8. Roentgenogram of the whole skeleton of a 10 years old patient. Dependence of spine deformity on the right lower extremity shortening is observed.

(как правило, идентичными) точками обеих конечностей необходимо для количественной оценки величины варусной или вальгусной деформации (**рис. 7**).

Особое значение это имеет при экспертизе годности к службе в Вооруженных силах РФ. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 4 июля 2013 г. №565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе», расстояние между мыщелками бедренных костей является признаком варусной деформации, а расстояние между лодыжками — признаком вальгусной деформации нижних конечностей. Если указанные расстояния превышают 12 см, то имеются ограничения годности к службе в Вооруженных силах РФ.

Отсутствие технической возможности выполнить рентгенографию всего тела у взрослого человека несколько ограничивает объем получаемой информации в тех случаях, когда, например, требуется выявить связь деформации позвоночника



Рис. 9. Рентгенограмма пациента, при обследовании которого допущены наиболее типичные ошибки: линейка закрывает центральную часть изображения; стопы разведены в стороны.

Fig. 9. Roentgenogram of a patient after examination that was performed with the most common mistakes: The ruler covers the central image; the feet are spread apart.

и разной длины ног. При обследовании пациентов низкого роста такая возможность имеется (**рис. 8**).

Для получения максимального количества необходимой информации требуются слаженная работа, четкое взаимодействие и взаимопонимание сотрудников рентгенологической службы и врачей-клиницистов, при этом немаловажное значение имеет правильная установка пациента. Без участия заинтересованного в получении качественного снимка врача-клинициста полученные данные могут быть ограниченными или ошибочными. Участвующий в исследовании средний медицинский персонал, как правило, не знает (и не обязан знать) всех тонкостей укладки или установки пациента. Из-за этого могут возникнуть серьезные проблемы с интерпретацией данных. Ниже представлены основные ошибки, с которыми приходится сталкиваться в тех случаях, когда исследование выполняется без участия лечащего врача.

Перекрытие зоны исследования просвинцованной линейкой. Эта линейка служит не для измерения длины, а для качественной «сшивки» изображения (цифры на линейке должны полностью совпадать на «сшиваемых» изображениях). Эту линейку можно сдвинуть в сторону и даже вовсе обойтись без нее. Однако в случае отсутствия контроля со стороны заинтересованного специалиста она может быть размещена рентгенлаборантом по центру, закрывая собой важные элементы изображения.

Установка пациента с разведенными в стороны конечностями. Такая установка не позволяет измерить расстояние между отдельными точками противоположных конечностей, что исключает точное определение величины варусной или вальгусной деформации в соответствии с установленными требованиями, фактически делая невозможным проведение экспертизы.

Установка пациента без учета ротации конечности. Правильной считается установка пациента в положении, когда надколенники ориентированы кпереди. Несоблюдение этого правила приводит к тому, что обе или одна из конечностей могут быть развернуты в сторону, затрудняя точное определение положения РЛУ. На **рис. 9** представлены основные из перечисленных выше ошибок при установке пациента.

Для их предотвращения врач должен либо сам присутствовать при проведении процедуры, либо обучить персонал правилам позиционирования пациента в наиболее типичных случаях.

Заключение. Совершенствование диагностического рентгеновского оборудования расширяет возможности неинвазивной визуализации разных структур человеческого тела. Естественно, специалисты рентгеновской службы осваивают современные аппараты и изучают особенности их эксплуатации в рамках тех задач, которые перед ними стоят. При этом врачи-клиницисты далеко не всегда знают о достоинствах и преимуществах новой техники. Представленный в настоящей работе собственный опыт освоения аппара-

та Philips Digital Diagnost R2.0 Stitching с целью получения длинномерных изображений, безусловно, будет полезен травматологам-ортопедам, невропатологам, нейрохирургам и врачам других специальностей, которым для полноценной диагностики различных патологических состояний скелета необходимо получение качественных рентгенограмм отдельных сегментов на всем протяжении. Использованный рентгеновский аппарат является одним из многих, которые в настоящее время представлены на рынке и установлены в крупных клиниках. Приборы разных фирм-производителей несколько отличаются по своим техническим характеристикам и качеству получаемого изображения. Однако описанные в настоящей статье способы установки пациента и принципы оценки информации являются универсальными и могут быть использованы при работе на установках различных типов.

Сведения об авторах: *Артемьев Александр Александрович** — доктор мед. наук, профессор кафедры хирургии с курсами травматологии и ортопедии, анестезиологии и реаниматологии и нейрохирургии Института медико-социальных технологий МГУПП, e-mail: alex_artemiev@mail.ru; *Силин Антон Юрьевич* — зав. отделением лучевой диагностики Клинического госпиталя на Яузе; *Ивашкин Александр Николаевич* — доктор мед. наук, профессор кафедры хирургии с курсами травматологии и ортопедии анестезиологии и реаниматологии и нейрохирургии Института медико-социальных технологий МГУПП; *Максимов Борис Игоревич* — канд. мед. наук, зав. отделением травматологии ГКБ № 29 им. Н.Э. Баумана»; *Шипулин Александр Александрович* — соискатель кафедры травматологии и ортопедии РУДН; *Соловьев Юрий Сергеевич* — соискатель кафедры травматологии и ортопедии РУДН.

Для контактов: Артемьев А.А. — e-mail: alex_artemiev@mail.ru

Information about the authors: *Artemi'ev A.A.** — Dr. Sci. (Med.), professor, chair of surgery with courses on traumatology and orthopaedics, anesthesiology and resuscitation and neurosurgery, Institute of Medical Social Technologies of Moscow State University of Food Production, e-mail: alex_artemiev@mail.ru; *Silin A.Yu.* — head of radiologic department, Clinical hospital on Yauza River, Moscow, Russian Federation; *Ivashkin A.N.* — Dr. Sci. (Med.), professor, chair of surgery with courses on traumatology and orthopaedics, anesthesiology and resuscitation and neurosurgery, Institute of Medical Social Technologies of Moscow State University of Food Production; *Maximov B.I.* — Cand. Sci. (Med.), head of traumatologic department, Moscow city hospital № 29 named after N.E. Bauman; *Shipulin A.A.* — applicant, chair of traumatology and orthopaedics, RUDN University; *Solovyov Yu.S.* — applicant, chair of traumatology and orthopaedics, RUDN University.

Contact: Artem'ev A.A. — e-mail: alex_artemiev@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. *Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н. и др.* Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. СПб: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2010. [Solomin L.N., Shchepkina E.A., Kulesh P.N. et al. Determination of the reference lines and angles of long tubular bones: a manual for physicians. Saint-Petersburg: RNIITO im. R.R.Vredena; 2010. (in Russ.)].
2. *Paley D.* Principles of deformity correction. New York: Springer-Verlag; 2003.
3. *Иванов П.А., Неведров А.В., Каленский В.О. и др.* К вопросу о подготовке иллюстраций в публикациях травматолого-ортопедического профиля. Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2017; 1: 58-65 [Ivanov P.A., Nevedrov A.V., Kalenskiy V.O. et al. On preparation of illustrations for scientific publications on traumatology and orthopaedics. N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics. 2017; (1): 58-65 (in Russ.)]. <https://doi.org/10.32414/0869-8678-2017-1-58-65>
4. *Маркс В.О.* Ортопедическая диагностика (руководство-справочник). Минск: Наука и техника; 1978 [Marks V.O. Orthopedic diagnosis: manual-handbook. Minsk: Nauka i tekhnika, 1978. (in Russ.)].