

Воспроизводимость основных рентгенометрических параметров деформаций нижних конечностей у детей с системными дисплазиями скелета

Е.С. Моренко, В.М. Кенис, А.В. Сапоговский

ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России
Ул. Парковая, д. 64-68, Пушкин, 196603, Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Введение. Угловые деформации нижних конечностей у детей приводят к неравномерному распределению нагрузки на разные отделы коленного сустава, что может способствовать развитию остеоартрита. Независимо от причины их возникновения, основная цель лечения — предотвращение дегенеративных изменений в суставах нижних конечностей. Для определения величины деформации, ее вершины, а также степени необходимой коррекции используют различные методы расчета.

Цель исследования — оценить воспроизводимость основных рентгенометрических параметров, характеризующих деформации нижних конечностей во фронтальной плоскости у детей с системными дисплазиями скелета, на основании расчета межэкспертной надежности (inter-rater reliability)

Материал и методы. В статье представлены расчеты основных ангулометрических параметров коленного сустава (девиация механической оси, соотношение между осями и суставными линиями) у 18 пациентов с системными дисплазиями скелета (30 нижних конечностей) с угловыми деформациями нижних конечностей во фронтальной плоскости на уровне коленного сустава (основная группа). В контрольную группу включены результаты аналогичных расчетов ангулометрических параметров у 19 детей (30 нижних конечностей) с вальгусными и варусными деформациями коленного сустава без системных дисплазий скелета (идиопатические угловые деформации, посттравматические деформации, пороки развития нижних конечностей). Произведена оценка межэкспертной надежности (interrater reliability) в программе SPSSv. 23.

Результаты. Проведенный анализ показал, что расчет референтных показателей у детей с системными дисплазиями скелета внутриклассовый коэффициент корреляции для отклонения механической оси составил 0,861% [0,763–0,926]. Это соответствует нормальной воспроизводимости данного параметра: для мПГУ — 0,586% [0,295–0,781], для мДБУ — 0,796% [0,653–0,892]. При расчете этих же показателей у детей контрольной группы внутриклассовый коэффициент корреляции с 95% доверительным интервалом (ICC [95% CI]) при расчете референтных углов мПГУ, мДБУ составил 0,981% [0,971–0,991] и 0,993% [0,989–0,997] соответственно, для ДМО — 0,996% [0,993–0,998].

Заключение. При расчете выраженности угловых деформаций нижних конечностей у детей с системными дисплазиями скелета наиболее воспроизводимым является показатель отклонения механической оси нижних конечностей по сравнению с исследуемыми ангулометрическими параметрами.

Ключевые слова: системные дисплазии скелета, угловые деформации нижних конечностей, механическая ось нижних конечностей.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-74-79

Моренко Е.С., Кенис В.М., Сапоговский А.В. Воспроизводимость основных рентгенометрических параметров деформаций нижних конечностей у детей с системными дисплазиями скелета. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(1):74–79. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-74-79.

Cite as: Morenko E.S., Kenis V.M., Sapogovskii A.V. [Reproducibility of the Basic X-ray Parameters of Lower Extremity Deformations in Children with Skeletal Dysplasia]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(1):74–49. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-74-79.

Кенис Владимир Маркович. Ул. Парковая, д. 64-68, Пушкин, Санкт-Петербург, 196603, Россия / Vladimir M. Kenis. 64-68, Parkovaya ul., Pushkin, St. Peteraburg, 196603, Russian Federation; e-mail: kenis@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 02.11.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 05.02.2018.

Reproducibility of the Basic X-ray Parameters of Lower Extremity Deformations in Children with Skeletal Dysplasia

E.S. Morenko, V.M. Kenis, A.V. Sapogovskii

Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics
64-68, Parkovaya ul., Pushkin, St. St. Petersburg, 196603, Russian Federation

Abstract

Introduction: axial deformities in the lower extremities of children lead to an uneven distribution of the load in different compartments of the knee joint, which can contribute to the development of osteoarthritis. Regardless of the cause of their occurrence, the main goal of treatment is the restoration of the mechanical axis. Various calculation methods are used to determine the amount of deformity, its apex and the degree of required correction.

The aim: to evaluate the reproducibility of the basic X-ray parameters characterizing the deformities of the lower extremities in the frontal plane in children with skeletal dysplasia based on the calculation of inter-rater reliability.

Materials and Methods: the article presents calculations of the main angulometric parameters of the knee joint (deviation of the mechanical axis — MAD, distal mechanical angle of the femur — mL DFA, proximal angle of the tibia — MPTA) in 18 patients with skeletal dysplasia (30 lower extremities) that had axial deformities of the lower extremities in the frontal plane at the level of the knee joint. The control group included the results of similar calculations of the angulometric parameters in 19 children (30 lower extremities) with valgus and varus deformities of the knee joint without skeletal dysplasia (idiopathic axial deformations, posttraumatic deformities, malformations of the lower limbs). The estimation of inter-expert reliability was made in the SPSSv. 23.

Results: the analysis demonstrated that calculation of reference parameters in children without primary lesion of the growth plate has a high degree of inter-rater reliability: an intra-class correlation coefficient with a 95% confidence interval (ICC [95% CI]) when calculating the reference angles of mMPTA and mL DFA was 0.981% [0.971–0.991] and 0.993% [0.989–0.997] respectively, for MAD 0.996% [0.993–0.998]. When calculating the same parameters in children with skeletal dysplasia, the results differed. Thus, the intra-class correlation coefficient for the deviation of the mechanical axis was 0.861% [0.763–0.926] (which corresponds to the normal reproducibility of this parameter), for mMPTA — 0.586% [0.295–0.781], for mL DFA — 0.796% [0.653–0.892]. This indicates a low reproducibility and may lead to errors in the planning of correction of axial deformities of the lower limbs in children with skeletal dysplasia.

Conclusion: when calculating the severity of axial deformities in the lower extremities in children with skeletal dysplasia, the most reproducible parameter is the determination of the deviation of the mechanical axis of the lower extremities as compared to the studied angulometric methods.

Keywords: axial deformities, mechanical axis of lower limbs, skeletal dysplasia.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-74-79

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Введение

Угловые деформации нижних конечностей приводят к неравномерному распределению нагрузки на разные отделы коленного сустава, что может способствовать развитию остеоартрита [1, 2]. При этом основной целью устранения этих деформаций является перераспределение нагрузки на коленный сустав в результате восстановления механической оси нижней конечности [3, 4]. Для определения величины деформации, ее вершины, а также степени необходимой коррекции используют различные методы расчета.

Наиболее часто используемыми рентгенометрическими показателями, характеризующими варусные и вальгусные деформации на уровне коленных суставов, являются: девиация/отклонение механической оси (ДМО), дистальный механичес-

кий угол бедренной кости (мДБУ) и проксимальный механический угол большеберцовой кости (мПГУ) [5].

Разработанные методы расчетов созданы для определения наличия и выраженности деформаций бедренной и большеберцовой костей у взрослых пациентов. У детей имеются определенные особенности рентгенологической картины, затрудняющие использование тех же методов расчета деформаций, которые разработаны для взрослых. Одна из главных этих особенностей заключается в неполной оссификации эпифизов трубчатых костей. У детей с системными дисплазиями скелета на фоне задержки, а самое главное — асимметрии оссификации эпифизов, могут возникать трудности в использовании указанных схем расчетов.

Цель исследования — оценить воспроизводимость основных рентгенометрических параметров, характеризующих деформации нижних конечностей во фронтальной плоскости у детей с системными дисплазиями скелета на основании расчета межэкспертной надежности (inter-rater reliability).

Материал и методы

В настоящем исследовании проведен анализ данных, полученных при расчете по панорамным рентгенограммам нижних конечностей 18 пациентов (30 нижних конечностей) с системными дисплазиями скелета (основная группа). В качестве контрольной группы использованы данные, полученные при расчете по панорамным рентгенограммам нижних конечностей 19 детей (30 нижних конечностей) без системных дисплазий скелета. Распределение пациентов основной и контрольной групп по нозологиям представлено в таблице.

Возраст пациентов основной группы составил $8,3 \pm 2,4$ лет, контрольной группы — $9,1 \pm 2,9$ лет. У всех детей имелись угловые деформации нижних конечностей во фронтальной плоскости на уровне коленных суставов. Пациентам на этапе планирования оперативного вмешательства выполнялась панорамная рентгенограмма нижних конечностей в прямой проекции в положении стоя с идентич-

ным фокусным расстоянием 220 см. У всех пациентов отсутствовали сгибательные контрактуры в коленных суставах.

Для оценки величины межэкспертной надежности измерений пяти врачам предлагалось по указанным рентгенограммам произвести независимо друг от друга расчеты основных рентгенометрических показателей, характеризующих указанные деформации: девиация механической оси — ДМО, дистальный механический угол бедренной кости — мДБУ, проксимальный механический угол большеберцовой кости — мПГУ.

мДБУ рассчитывался путем пересечения механической оси бедренной кости с линией сустава (наиболее выступающие точки мыщелков бедренной кости), для построения мПГУ были использованы также механическая ось большеберцовой кости и наиболее низкие точки субхондральной линии мыщелков большеберцовой [6]. Центр головки бедренной кости у пациентов с нарушениями ее оссификации определяли на уровне середины проксимальной ростковой зоны бедренной кости [7].

Расстояние между линией механической оси нижней конечности и центром коленного сустава определяли как ДМО [8]. Расчеты выполнялись на стационарных компьютерах в программе TraumaCad 2.5 (рис. 1).

Таблица/Table

Распределение пациентов по нозологическим группам
Patients distribution per pathology types

Группа пациентов	Диагноз	Количество пациентов/конечностей
Основная	Множественная эпифизарная дисплазия	7/12
	Метафизарная дисплазия	2/4
	Спондилоэпифизарная дисплазия	3/4
	Диастрофическая дисплазия	2/2
	Псевдоахондроплазия	2/4
	Дисплазия Стиклера	1/2
	Мегатропная дисплазия	1/2
	И т о г о	18/30
Контрольная	Идиопатические угловые деформации	13/23
	Посттравматические деформации	4/5
	Пороки развития конечностей	2/2
	И т о г о	19/30



Рис. 1. Пациент 12 лет, диагноз: спондилоэпифизарная дисплазия. Варусная деформация нижних конечностей. Представлены расчеты основных рентгенометрических показателей на панорамной рентгенограмме нижних конечностей в прямой проекции в программе TraumaCad 2.5

Fig. 1. Patient of 12 y.o., diagnosis: spondyloepiphyseal dysplasia. Varus deformity of lower limbs. Key x-ray parameters are calculated based on panoramic AP x-ray in TraumaCad 2.5

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics, версия 23.

Для оценки межэкспертной надежности (inter-rater reliability) определяли внутрикласовый коэффициент корреляции (ICC – intraclass correlation coefficient) с 95% доверительным интервалом (95%CI).

Результаты

Размах значений угловых показателей (мДБУи мПГУ), полученных каждым из пяти врачей, у па-

циентов основной группы значительно выше, чем у пациентов контрольной группы (рис. 2). В то же время, размах значений показателей девиации механической оси не имел существенной разницы между группами пациентов. Средние значения измерявшихся параметров (линейные графики), отражающие средние значения степени отклонения механической оси, полученные разными исследователями, имеют вид, приближающийся к прямой, что соответствует высокой воспроизводимости результатов изменений как для основной, так и для контрольной групп. Для угловых показателей (мДБУи мПГУ) приближенный к линейному характер графиков был получен только в контрольной группе.

Оценка межэкспертной надежности (inter-rater reliability) показала следующие результаты: у пациентов контрольной группы внутрикласовый

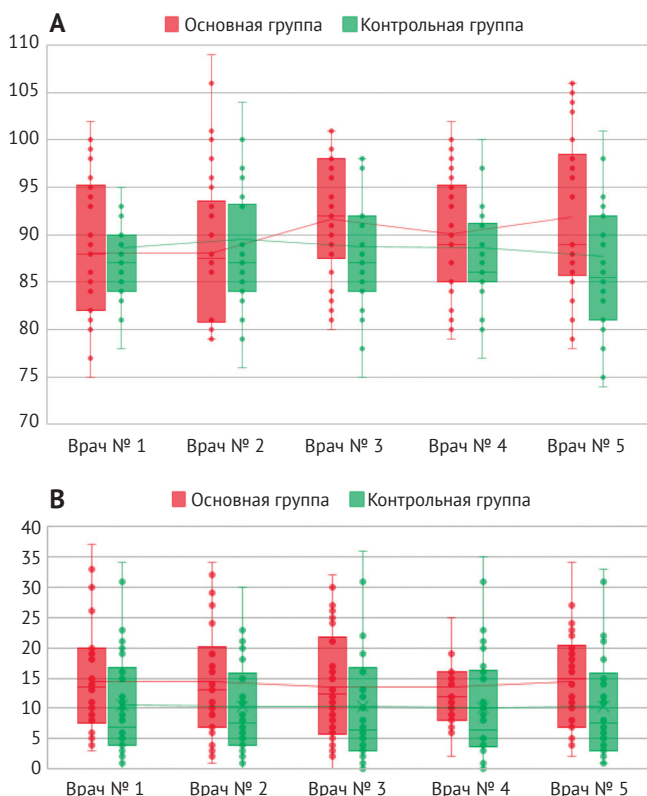


Рис. 2. Распределение полученных данных по каждому врачу в основной и контрольной группах: А – диаграмма размаха значений мДБУ, град Б – диаграмма размаха значений мПГУ, град В – диаграмма размаха значений ДМО, мм

Fig. 2. Data distribution per each surgeon in main and control groups: А – diagram of values range for mL DFA, ° Б – diagram of values range for mMP TA, ° В – diagram of values range for MAD, mm

коэффициент корреляции (ICC [95% CI]) при расчете референтных углов мПГУ имДБУ составил 0,981 [0,971–0,991] и 0,993 [0,989–0,997] соответственно, для ДМО — 0,996 [0,993–0,998]. Следовательно, у пациентов контрольной группы отмечается высокая степень межэкспертной надежности как для угловых, так и для линейного (ДМО) параметров.

При расчете тех же показателей у детей с системными дисплазиями скелета полученные результаты имели существенные различия. Внутриклассовый коэффициент корреляции для отклонения механической оси составил 0,861 [0,763–0,926], однако при расчете референтных углов данный коэффициент для мПГУ составил всего 0,586 [0,295–0,781], а для мДБУ — 0,796 [0,653–0,892].

Обсуждение

Системные дисплазии скелета представляют собой гетерогенную группу наследственных заболеваний, обусловленных нарушениями развития костной и хрящевой тканей, что проявляется в основном в виде нарушений роста и формирования костей скелета. Частота встречаемости всех скелетных дисплазий составляет 1:5000 живорожденных детей [9]. Хотя существует большое количество типов скелетных дисплазий, для каждого из которых характерны определенные рентгенологические особенности. У большинства детей с заболеваниями этой группы наблюдается задержка и асимметрия оссификации эпифизов, что может приводить к диагностическим ошибкам на этапе планирования и выбора тактики оперативного лечения. Из-за асимметрии оссификации эпифиза его костная модель не всегда соответствует хрящевой. В свою очередь, данная особенность не позволяет с высокой точностью определить костные ориентиры, необходимые для построения референтных линий и углов. Так, при расчете пятью независимыми врачами референтных углов у детей основной группы внутриклассовый коэффициент корреляции для указанных ангулометрических показателей свидетельствует о низкой их воспроизводимости и может обуславливать трудности при оценке выраженности имеющихся деформаций. В то же время, при расчете исследуемых параметров у детей контрольной группы анализ межэкспертной надежности продемонстрировал показатели, свидетельствующие о высокой воспроизводимости показателей (мПГУ — 0,981, мДБУ — 0,993, ДМО — 0,996). Вероятнее всего, высокие показатели воспроизводимости измерений девиации механической оси, а также отсутствие значимых различий коэффициента межэкспертной надежности у пациентов основной и контрольной групп связаны с меньшей зависимостью данного параметра от степени оссификации эпифизов по сравнению с ангулометрическими па-

раметрами. Использование величины девиации механической оси повышает воспроизводимость данного параметра, так как разногласия экспертов в ряде случаев ограничиваются одной зоной и не снижают общую межэкспертную надежность.

Лимитирующими факторами данного исследования являются: относительно небольшое количество наблюдений, разнородность нозологических единиц, отсутствие дифференциации исследуемых рентгенометрических параметров в разных возрастных группах.

Следует подчеркнуть, что целью настоящего исследования являлась обобщенная характеристика воспроизводимости некоторых стандартных рентгенометрических параметров в группе пациентов с системными дисплазиями скелета. Несмотря на то, что каждая из нозологических единиц в структуре этих заболеваний является редкой, в целом они представляют достаточно существенную проблему в практике детского ортопеда. Для детей характерны значительные закономерные изменения основных анатомических (и рентгеноанатомических) параметров в зависимости от возраста. Эти изменения характерны и для рентгенологических параметров нижних конечностей во фронтальной плоскости [10]. В рамках исследования нами не проводился анализ этой корреляции, указанные особенности получают дальнейшую интерпретацию по мере накопления клинического материала.

Таким образом, рентгенометрическим параметром, характеризующим степень выраженности деформации и обладающим высоким коэффициентом межэкспертной надежности в группе пациентов с системными дисплазиями скелета, является девиация механической оси — ДМО (ICC — 0,861).

Знание особенностей межэкспертной надежности исследуемых параметров, а также комплексное использование рентгенометрических показателей, характеризующих угловые деформации нижних конечностей, позволяет повысить точность оценки ее выраженности и планирование будущего оперативного вмешательства.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Jelinek E., Bittersohl B., Martiny F., Scharfstädt A., Krauspe R., Westhoff B. The 8-plate versus physeal stapling for temporary hemiepiphysodesis correcting genu valgum and genu varum: a retrospective analysis of thirty-five patients. *Int Orthop.* 2012;36(3):599-605. DOI: 10.1007/s00264-011-1369-5.
2. Brouwer G.M., van Tol A., Bergink A., Belo J.N., Bernsen R.M., Reijman M., Pols H.A., Bierma-Zeinstra S.M. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of

- radiographic osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum.* 2007;56(4):1204-1211. DOI:10.1002/art.22515.
3. Моренко Е.С., Кенис В.М. Коррекция осевых деформаций коленного сустава у детей методом управляемого роста (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2016;4(1):57-62. DOI: 10.17816/PTORS4157-62.
Morenko E.S., Kenis V.M. [Guided growth for correction of axial deformities of the knee in children: a literature review]. *Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta* [Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery]. 2016;4(1): 57-62. (in Russian). DOI: 10.17816/PTORS4157-62.
 4. Boero S., Michelis M.B., Riganti S. Use of the eight-Plate for angular correction of knee deformities due to idiopathic and pathologic physis: initiating treatment according to etiology. *J Child Orthop.* 2011;5(3):209-216. DOI:10.1007/s11832-011-0344-4.
 5. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Виленский В.А., Скоморошко П.В., Тюляев Н.В. Коррекция деформаций бедренной кости по Илизарову и основанным на компьютерной навигации аппаратом «Орто-СУВ». *Травматология и ортопедия России.* 2011;(3):32-39.
Solomin L.N., Shchepkina E.A., Vilenskiy V.A., Skomoroshko P.V., Tyulyaev N.V. [Correction of femur deformities by Ilizarov method and by apparatus "Ortho-SUB" based on computer navigation]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2011;3(61):32-39. (in Russian).
 6. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н., Виленский В.А., Корчагин К.Л., Скоморошко П.В. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена; 2012. 48 с.
Solomin L.N., Shchepkina E.A., Kulesh P.N., Vilenskii V.A., Korchagin K.L., Skomoroshko P.V. Opredelenie referentnykh linii i uglov dlinnykh trubchatykh kostei [Definition of reference lines and angles of long bones]. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2012. 48 p. (in Russian).
 7. Amador A., Gil C., Gutiérrez J., Duque C. Center of the femoral head in children: anatomic-radiologic correlation. *J Pediatr Orthop.* 2003;23(6):703-707. DOI: 10.1097/01241398-200311000-00004.
 8. Paley D. Principles of deformity correction. Berlin; New York: Springer, 2005. 806 p.
 9. Chong C., Jiang Y., Xu C., Liu X., Hu L., Xiang Y. et al. Skeleton Genetics: a comprehensive database for genes and mutations related to genetic skeletal disorders. *Database (Oxford).* 2016:1-8. DOI: 10.1093/database/baw127.
 10. Sabharwal S., Zhao C., Edgar M. Lower limb alignment in children: reference values based on a full-length standing radiograph. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(7):740-746. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318186eb79.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Моренко Екатерина Сергеевна — аспирант отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

Кенис Владимир Маркович — д-р мед. наук, заместитель директора по развитию и внешним связям, руководитель отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

Сапоговский Андрей Викторович — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии стопы, нейроортопедии и системных заболеваний ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Ekaterina S. Morenko — Graduate Student, Department of Foot Pathology, Neuroorthopedics and Systemic Diseases, Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Vladimir M. Kenis — Dr. Sci. (Med.), Deputy Director of Development and International Relations, Head of the Department of Foot Pathology, Neuroorthopedics and Systemic Diseases, Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Andrey V. Sapogovskii — Cand. Sci. (Med.), Senior Research Associate, Department of Foot Pathology, Neuroorthopedics and Systemic Diseases, Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation