

## ТЕМПЫ ОСТЕОГЕНЕЗА У МАЛЬЧИКОВ ПОДРОСТКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

© Аида Равильевна Хисамутдинова, Елена Николаевна Комиссарова

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., 2

Контактная информация: Аида Равильевна Хисамутдинова – к.м.н., доцент кафедры анатомии.  
E-mail: aidaspb13@mail.ru

**РЕЗЮМЕ:** проанализированы 290 рентгенограмм кисти и голеностопного сустава в прямой проекции у мальчиков-подростков для оценки динамики и темпов остеогенеза под влиянием эндогенных и экзогенных факторов. По результатам изучения процессов остеогенеза у подростков с задержкой роста необходимо отметить следующее: наряду с различным уровнем скелетной зрелости, также были выявлены псевдоэпифизы и асимметрия точек окостенения. Раннее синостозирование костей голени у спортсменов, по сравнению с подростками, не занимающимися спортом, объясняется влиянием ударно-толчковых нагрузок и свидетельствует о более раннем исчерпании резервов роста костей в длину.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** эндогенные и экзогенные факторы, остеогенез, псевдоэпифизы, асимметрия точек окостенения, ударно-толчковые нагрузки, более раннее синостозирование костей голени.

## RATES OF OSTEOGENESIS IN ADOLESCENT BOYS UNDER THE INFLUENCE OF ENDOGENOUS AND EXOGENOUS FACTORS

© Aida R. Hisamutdinova, Elena N. Komissarova

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University  
194100, Saint-Petersburg, Litovskaya str., 2

Contact information: Aida R. Hisamutdinova — Assistant Professor of Anatomy. E-mail: aidaspb13@mail.ru

**ABSTRACT:** 290 X-rays of the hand and ankle joint in direct projection in boys of teenagers were analyzed to estimate the dynamics and rate of osteogenesis under the influence of endogenous and exogenous factors. The processes of osteogenesis in adolescents with growth retardation should be noted as follows: along with different levels of skeletal maturity, pseudoepiphyses and asymmetry of the points of concoction have also been identified. Early synostosis of shin bones in athletes compared to adolescents who are not engaged in sports is due to the influence of shock-push loads and indicates an earlier exhaustion of bone growth reserves in length.

**KEY WORDS:** Endogenous and exogenous factors, osteogenesis, pseudoepiphysis, asymmetry of points of occlusion, shock-push loads, earlier synostosis of tibia bones.

### ВВЕДЕНИЕ

Физическое развитие является одним из важнейших критериев оценки и прогноза соматического развития детей. Применительно к детям физическое развитие определяется как процесс формирования структурно-функциональных свойств растущего организма. Физи-

ческое развитие, отражая процессы роста и формирования организма, непосредственно зависит не только от конституционального типа, но также и от состояния здоровья, так как имеющееся серьезное заболевание может надолго задержать процесс роста и созревания.

Темпы индивидуального развития представляют собой основную биологическую

характеристику организма человека, а ее выраженные изменения оцениваются как фактор риска в ходе нормального онтогенеза [11]. Изучение зависимости между типом соматического развития и характером остеогенеза представляет значительный интерес, так как скелетный возраст наиболее объективно отражает процессы роста и развития организма и позволяет оценить уровень биологической зрелости у детей [2]. Индивидуальные колебания процессов роста и развития послужили основанием для введения такого понятия, как биологический возраст. Одним из критериев биологического возраста является скелетная зрелость (порядок и сроки окостенения скелета), которая объективно отражает уровень биологической зрелости во все возрастные периоды [10]. В то же время процессы роста и развития существенно зависят от социальных, экономических, санитарно-гигиенических и других условий. Нередко наблюдается несоответствие между паспортным возрастом ребенка и уровнем морфо-функциональной зрелости [9], а темпы роста у детей с разными типами соматического развития не совпадают, поэтому необходимость анализа процессов остеогенеза у детей остается весьма актуальной.

Установлено, что рост костей, как и скелетная зрелость, в значительной степени обусловлен генетическими факторами, причем наследуемость скелетной зрелости выше, чем роста костей [8]. Генетическое влияние на рост костей кисти у мальчиков проявляется более отчетливо, чем у девочек. При этом уровень наследственной обусловленности изменяется, уменьшаясь в период полового созревания и, соответственно, увеличивается влияние средовых и социальных факторов [3].

Возрастная эволюция скелета — это показатель физического развития человека. По срокам появления центров окостенения и наступления синостозов можно судить о состоянии общей морфологической дифференцировки организма [7]. Появление центров окостенения и наступления синостозов в костях кисти и стопы, дистального отдела предплечья и голени характеризуется наиболее выраженной последовательностью [4]. Хотя имеется корреляция между состоянием процессов окостенения и возрастом, колебания в сроках появления центров окостенения (особенно в первые годы жизни) и синостозирования (в период полового созревания) очень значительны. Это зависит от многих эндогенных и экзогенных факторов [1, 5].

Механические ударные нагрузки, возникающие во время двигательной деятельности (прыжки в длину, с шестом, спортивные игры и т. д.), вызывают при многократных воздействиях морфологическую перестройку костной и хрящевой тканей. Эти нагрузки могут быть кратковременными, но по величине воздействия иногда значительно превышают биологическую прочность тканей, особенно у подростков.

Именно поэтому анализ процессов развития костной системы приобретает большое значение, так как эти данные помогут объективно оценить характер и индивидуальные особенности роста подростков под воздействием эндогенных и экзогенных факторов.

## ЦЕЛЬ

Оценить динамику и темпы остеогенеза у мальчиков-подростков под влиянием эндогенных и экзогенных факторов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Подростковый возраст у мальчиков 13–16 лет характеризуется интенсивным ростом тела, значительным совершенствованием и усилением функциональных возможностей организма. Б. А. Никитюк (2000) отмечает, что пубертатный период развития является критическим, так как известная генетическая «раскованность» организма усиливает его ответ на влияние воздействия (стимулируя или затормаживая рост) и вместе с тем провоцирует уязвимость организма [6]. Изучение остеогенеза производилось путем визуализации костей предплечья, кисти и голени посредством рентгеновских лучей. Для установления влияния эндогенных факторов (задержка роста конституционального генеза, задержка роста соматогенного генеза) на процессы остеогенеза дистальных эпифизов костей предплечья и кисти проанализировано 50 рентгенограмм мальчиков-подростков. Проводилась оценка уровня скелетной зрелости и соответствия костного возраста паспортному. Оценка уровня скелетной зрелости и процессов остеогенеза производилась посредством анализа рентгенограмм и визуального определения наличия или отсутствия точек окостенения и псевдоэпифизов в исследуемом отделе скелета.

Влияния экзогенных факторов (ударно-толчковые нагрузки в легкой атлетике) на процессы синостозирования дистальных эпифизов костей голени определяли на

240 рентгенограммах голеностопного сустава подростков, занимающихся легкой атлетикой (ударная нагрузка заключается в механических воздействиях, возникающих в результате соударения нижней конечности с опорой, следствием чего являются сжимающие и растягивающие деформации костной и хрящевой тканей указанных отделов скелета) и на 112 рентгенограммах подростков, не занимающихся спортом. Рентгенография выполнена по медицинским показаниям в лечебных учреждениях, рентгенологически патологических изменений в аппарате движения у обследованных не обнаружено. Степень синостозирования дистальных эпифизов голени оценивалась по шестибалльной системе Б. А. Никитюка и В. В. Бевзюка (1970).

Для получения рентгеновского изображения была использована стационарная рентгеновская установка РУМ-20 М, РУМ-20 с УРИ. Рентгенологическое исследование проводилось с соблюдением правил противолучевой защиты.

Статистическая обработка материала производилась по методикам, рекомендованным в биологических исследованиях (К. И. Журавлева, 1972; Л. С. Каминский, 1974; А. И. Венчиков, 1974).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенного исследования были выявлены определенные особенности остеогенеза у детей с задержкой роста. Установлено, что дети с одинаковым морфологическим статусом, характерным для задержки роста, неоднородны по степени дифференцированности скелета: большая часть детей — 68% — имеет уровень скелетной зрелости меньше паспортного возраста, у 29% детей костный возраст соответствует паспортному, а у 3% детей костный возраст опережает паспортный возраст.

Среди мальчиков были обнаружены псевдоэпифизы I, II, III, V пястных костей и фаланг, в основном во II пястной кости. Наибольшее число псевдоэпифизов выявляется у детей, костный возраст которых отстает от паспортного. Псевдоэпифизы несколько преобладают у детей с задержкой роста соматогенного генеза (37,5%).

Необходимо отметить следующее: псевдоэпифизы преобладают у детей, костный возраст которых соответствует паспортному и при всех формах задержки роста число псевдоэпифизов приблизительно одинаково. Это

свидетельствует, вероятно, о том, что псевдоэпифизы могут рассматриваться в качестве фазы физиологического остеогенеза.

Асимметрия точек окостенения (особенно в сочетании с отставанием костного возраста от паспортного), вероятно, может быть следствием и свидетельством нарушения нейроэндокринных механизмов роста и развития, так как наиболее характерна для детей с задержкой роста соматогенного генеза ( $P < 0,05$ ) — 23,5%.

**Синостозирование дистальных эпифизов костей голени подростков, занимающихся спортом и неспортсменов.** Степень синостозирования зон роста в дистальных эпифизах костей голени у юных прыгунов с шестом, у подростков и юношей, не занимающихся спортом, имеет межгрупповые различия.

**Большеберцовая кость.** Степень синостозирования зон роста дистального эпифиза большеберцовой кости у подростков и юношей, не занимающихся спортом, ниже, чем у прыгунов с шестом того же возраста. В возрасте 14 лет межгрупповые различия наиболее выражены ( $P < 0,01$ ). Позже они несколько нивелируются, сохраняя статистическую достоверность до 16 лет.

**Малоберцовая кость.** Разница в ускоренных сроках синостозирования зон роста дистального эпифиза малоберцовой кости у юных спортсменов, по сравнению с подростками, не занимающимися спортом, наибольшая в 14 лет ( $P < 0,001$ ) и составляет примерно 14,6%. Синостозирование зон роста дистальных метаэпифизов костей голени у спортсменов и неспортсменов протекает неравномерно. По интенсивности процессы окостенения большеберцовой кости превосходят малоберцовую до 15 лет, к 16 годам различия выравниваются.

Разница в сроках синостозирования зон роста этих костей наибольшая в тринадцатилетнем возрасте, что более выражено у прыгунов с шестом. Процессы синостозирования зависят не только от возраста, но и от продолжительности воздействия специализированных нагрузок (спортивный стаж), в данном случае — ударно-толчкового характера.

Ускорение сроков синостозирования большеберцовой кости отмечены в наиболее нагружаемой конечности (толчковой), по сравнению с маховой. Эти различия проявляются в большей степени к 4–5 годам занятий спортом. Процессы синостозирования в дистальных эпифизах костей голени отмечаются в период

от 13 до 16 лет. Окостенение дистальных эпифизов костей голени (в частности, у прыгунов с шестом) наступает раньше, чем у спортсменов ( $P < 0,01$ ). Такое же опережение в сроках синостозирования наблюдается в костях толчковой ноги, по сравнению с маховой у прыгунов с шестом ( $P < 0,05$ ). Интенсивность синостозирования в вышеуказанном возрастном периоде, безусловно, связана также и с гормональными сдвигами, бурно протекающими в период полового созревания. Паратгормон и кальцитонин активизируют ростовые процессы в хрящевой и костной тканях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рассматривая процессы остеогенеза у подростков с задержкой роста, необходимо отметить следующее: наряду с различным уровнем скелетной зрелости, также были выявлены псевдоэпифизы и асимметрия точек окостенения.

Процессы синостозирования в дистальных эпифизах костей голени связаны с влиянием гормональных сдвигов и с увеличением на кости голени динамических нагрузок, особенно у прыгунов с шестом. Раннее синостозирование метаэпифизарных хрящей костей голени у спортсменов, по сравнению с подростками, не занимающимися спортом, объясняется влиянием специализированных нагрузок на неподготовленный у них костно-суставной аппарат и свидетельствует о более раннем исчерпании резервов роста костей в длину.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баиров Г.А., Горенштейн А.И., Баиндурашвили А.Г., Казанцева Н.Д., Земская А.Г., Ковалева Н.Н., Луковский Р.В., Дмитриев М.Л., Алексеева В.Г., Манкина Н.С. Детская травматология. СПб.; 2000.
2. Карелина Н.Р., Хисамутдинова А.Р. Остеогенез костей предплечья и кисти как надежный критерий определения биологического возраста. Российские биомедицинские исследования. СПб.: 2017; 2(4): 42–7.
3. Комиссарова Е.Н. Возрастные и адаптивные изменения голеностопного сустава и стопы под влиянием ударно-толчковых нагрузок (на примере прыгунов с шестом). Автореф. дисс... канд. биол. наук. М.; 1989.
4. Корнев М.А. Рентгеноанатомическая характеристика костей кисти в раннем детском возрасте. Сб. науч. трудов. М.; 1998.
5. Лавринова А.П. Показатели физического развития Севера в различных стадиях полового созревания.

- Сборник научн. ст. Проблемы экологии человека. Архангельск; 2000: 116–8.
6. Никитюк Б.А. Интеграция знаний в науке о человеке. М.: Спортакадемпред; 2000.
  7. Садофьева В.И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы у детей. Л.: Медицина; 1990: 131–43.
  8. Фрабер Д.А. с соавт. Физиология роста и развития детей и подростков. М.; 2000.
  9. Хисамутдинова А.Р. Остеогенез костей кисти и дистального отдела предплечья у детей и подростков с задержкой роста. Морфология. СПб.: Эскулап. 2016; 149(3): 219–20.
  10. Юрьев В.В. с соавт. Рост и развитие ребенка. СПб.; 2003.
  11. Ямпольская Ю.А. Грацилизация и внутригрупповое распределение типов конституции московских подростков во второй половине XX века. Педиатрия. 2007; 2: 120–3.

### REFERENCES

1. Bairov G.A., Gorenshyeyn A.I., Baidurashvili A.G., Kazantseva N.D., Zemskaya A.G., Kovaleva N.N., Lukovskiy R.V., Dmitriyev M.L., Alekseyeva V.G., Mankina N.S. Detskaya travmatologiya. [Pediatric traumatology]. St.-Petersburg; 2000. (In Russian).
2. Karelina N.R., Khisamutdinova A.R. Osteogenez kostey predplech'ya i kisti kak nadezhnyy kriteriy opredeleniya biologicheskogo vozrasta. [Osteogenesis of the forearm and hand bones as a reliable criterion for determining biological age]. Rossiyskiye biomeditsinskiye issledovaniya. St.-Petersburg: 2017; 2(4): 42–7. (In Russian).
3. Komissarova Ye.N. Vozrastnyye i adaptivnyye izmeneniya golenostopnogo sustava i stopy pod vliyaniem udarno-tolchkovykh nagruzok (na primere prygunov s shestom). [Age-related and adaptive changes in the ankle joint and foot under the influence of shock and push loads (for example, pole vaulters)]. Avtoref. diss... kand. biol. nauk. Moscow; 1989. (In Russian).
4. Kornev M.A. Rentgenoanatomicheskaya kharakteristika kostey kisti v rannem detskom vozraste. [X-ray anatomical characteristics of the bones of the hand in early childhood]. Sb. nauchn. trudov. Moscow; 1998. (In Russian).
5. Lavrinova A.P. Pokazateli fizicheskogo razvitiya Severa v razlichnykh stadiyakh polovogo sozrevaniya. [Indicators of the physical development of the North at various stages of puberty]. Sbornik nauchn. st. Problemy ekologii cheloveka. Arkhangel'sk; 2000: 116–8. (In Russian).
6. Nikityuk B.A. Integratsiya znanij v nauke o cheloveke. [Integration of knowledge in human science]. Moscow: Sportakadempred Publ.; 2000. (In Russian).
7. Sadof'yeva V.I. Normal'naya rentgenoanatomiya kostno-sustavnoy sistemy u detey. [Normal X-ray anatomy of the osteoarticular system in children]. Leningrad: Meditsina Publ.; 1990: 131–43. (In Russian).

8. Fraber D.A. s soavt. Fiziologiya rosta i razvitiya detey i podrostkov. [Physiology of growth and development of children and adolescents]. Moscow; 2000. (In Russian).
9. Khisamutdinova A.R. Osteogenez kostey kisti i distal'nogo otdela predplech'ya u detey i podrostkov s zaderzhkoy rosta. [Osteogenesis of the bones of the hand and the distal forearm in children and adolescents with growth retardation]. Morfologiya. St.-Petersburg: Eskulap Publ. 2016; 149(3): 219–20. (In Russian).
10. Yur'yev V.V. s soavt. Rost i razvitiye rebenka. [Child growth and development]. St.-Petersburg; 2003. (In Russian).
11. Yampol'skaya Yu.A. Gratsilizatsiya i vnutrigruppovoye raspredeleniye tipov konstitutsii moskovskikh podrostkov vo vtoroy polovine KHKH veka. [Gracilization and intragroup distribution of constitutional types in Moscow adolescents in the second half of the 20th century]. Pediatriya. 2007; 2: 120–3. (In Russian).