

УДК: 611.74:577.95

© Стрижков А.Е., 2011

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ВОЗРАСТА ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА ПО ФРАГМЕНТАМ СКЕЛЕТА НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Стрижков А.Е.

ГБОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России (Уфа, Россия)

**Стрижков А.Е.** Математические модели оценки возраста плода человека по фрагментам скелета нижней конечности // Украинський морфологічний альманах. – 2011. – Том 9, № 3 (додаток). – С. 43-44.

Представлен способ оценки возраста плода человека по системе математических моделей, описывающих зависимость возраста от линейных размеров фрагментов нижней конечности.

**Ключевые слова:** математическая модель, пренатальный онтогенез, скелет, нижняя конечность, голеностопный сустав, антропометрия.

**Стрижков О.Е.** Математичні моделі оцінки віку плоду людини по фрагментах скелета нижньої кінцівки // Український морфологічний альманах. – 2011. – Том 9, № 3 (додаток). – С. 43-44.

Представлений спосіб оцінки віку плоду людини за системою математичних моделей, що описують залежність віку від лінійних розмірів фрагментів нижньої кінцівки.

**Ключові слова:** математична модель, пренатальний онтогенез, скелет, нижня кінцівка, гомілковостопний суглоб, антропометрія.

**Strizhkov A.E.** Mathematical model estimates of the age of the human fetus by the parts of the skeleton of the lower limbs // Украинський морфологічний альманах. – 2011. – Том 9, № 3 (додаток). – С. 43-44.

Presented a way to estimate the age of the human fetus on a system of mathematical models, which describe the dependence of the age of the linear sizes of the fragments of the lower limbs.

**Key words:** mathematical model, prenatal ontogenesis, the skeleton, the lower limb, ankle, anthropometry.

При морфологических исследованиях и в практике судебно-медицинской экспертизы возникает потребность диагностики возраста плода человека по расчлененным его остаткам [1,2]. Однако в литературе сведений об оценке биологического возраста плода по фрагментам его нижней конечности скудны и отрывисты [3]. Выявление математических закономерностей роста органов и их частей позволяет прогнозировать строение этих органов на разных этапах их онтогенеза, что имеет не только теоретическое, но прикладное значение для медицины.

**Целью** настоящего исследования явилось построение модели оценки возраста плода по антропометрическим параметрам костей и некоторых суставов нижней конечности.

**Материал и методы исследования.** Объектом исследования служили трупы 15 плодов человека, 15 новорожденных детей человека, не имеющие патологии опорно-двигательного аппарата. Возраст плода определяли по результатам измерения его теменно-копчиковой и теменно-пяточной длин с использованием логико-аналитическая модель [4].

Использовались морфометрические методы: измерялись длина и диаметры ноги, бедра, голени и стопы у плодов известного возраста. Детально исследовался мягкий остов голеностопный сустав плода. Исследовались медиальная (дельтовидная) (МКС) и латеральная (ЛКС) коллатеральные связки сустава. Первая состоит из четырех частей: передней большеберцово-таранной части (pars tibiotalaris anterior), большеберцово-ладьевидной части (pars tibionavicularis), большеберцово-пяточной части (pars tibioalcaneae) и задней большеберцово-таранной части (pars tibiotalaris posterior). Вторая - латеральная - из трех: передней таранно-малоберцовой связки (ligamentum talofibulare anterius), пяточно-малоберцовой связки (ligamentum calcaneofibulare) и задней таранно-малоберцовой связки (ligamentum talofibulare posterius). Измерялись длина, ширина и толщина связок на нативных и окрашенных [5] препаратах суставов с использова-

нием окулярной линейки микроскопа МБС-10.

Математико-статистические анализ количественных параметров и математическое моделирование проводились стандартными методами («Анализ данных» MS Office Excel 2010).

Регрессионный анализ установил сильную корреляционную связь ( $r > 0,85$ ) между длинами ноги с целом и отдельными ее сегментами с одной стороны и возрастом плода – с другой. В связи с этим основой для моделирования явилось уравнение линейной регрессии.

Корреляционный анализ указывает на наличие сильной линейной зависимости возраста плода от длины ноги. Коэффициент парной корреляции  $r$  для параметров длина правой ноги – возраст плода составляет 0,905, а левой – соответственно 0,910.

Регрессионный анализ позволил формализовать эти зависимости в виде математических моделей ( $p < 0,05$ ) для правой (1) и левой (2) ноги:

$$T = 0,18 * L + 5,23 \quad (1)$$

$$T = 0,18 * L + 5,31 \quad (2)$$

где  $T$  – возраст плода в неделях,  $L$  – длина ноги в мм.

Корреляционный анализ установил сильную зависимость возраста плода от длины бедра ( $r = 0,898$  и  $r = 0,901$  для правого и левого бедра соответственно).

В связи с этим мы провели регрессионный анализ, результатом которого явились математические модели оценки возраста плода по длине правого (3) и левого (4) бедра в плодном периоде пренатального онтогенеза:

$$T = 0,39 * L + 3,76 \quad (3)$$

$$T = 0,40 * L + 3,70 \quad (4)$$

где  $T$  – возраст плода в неделях,  $L$  – длина бедра в мм.

Корреляционный анализ выявил наличие сильных связей между показателями: возраст плода и длина голени. Коэффициент парной корреляции возраст – длина составил 0,890 и 0,889 для правой и левой голени соответственно. Это позволило провести регрессионный анализ и рас-

считать линейные модели оценки возраста плода по длине правой (5) и левой (6) голеней человека в плодном периоде пренатального онтогенеза:

$$T = 0,39 * L + 4,40 \quad (5)$$

$$T = 0,40 * L + 4,13 \quad (6)$$

где T – возраст плода в неделях, L – длина голени в мм.

Корреляционный анализ выявил высокую зависимость длины стопы от возраста плода – коэффициент парной корреляции составил соответственно для правой и левой стопы 0,766 и 0,764. Это позволило провести линейный регрессионный анализ и формализовать эту зависимость в виде моделей:

$$T = 0,57 * L + 4,01 \quad (7)$$

$$T = 0,58 * L + 3,92 \quad (8)$$

где T – возраст плода в неделях, L – длина стопы в мм.

Формула (7) описывает зависимость возраста от длины правой стопы, а формула (8) – от левой.

Исследования голеностопного сустава показало, что для определения возраста плода второй половины беременности можно использовать его связочный аппарата. В первой половине плодного периода развития (12-22-й неделях внутриутробного развития) макроскопически связки голеностопного сустава не выявлялись. На 23-24-й неделях обнаруживаются отдельные части связок сустава, которые представляют собой локальные утолщения фиброзной мембраны по бокам сустава с однонаправленной ориентацией пучков коллагеновых волокон. В других отделах капсулы сустава (спереди и сзади) фиброзная мембрана истончена, и через суставную сумку просвечивает полость сустава.

Линейные параметры (длина и ширина) разных частей МКС голеностопного сустава равномерно увеличивались в плодном периоде. Однако, для некоторых участков связки были отмечены периоды ускоренного роста, когда средние значения отличались от соответствующих предыдущей возрастной группы ( $p < 0,05$ ). Так длина большинства участков МКС достоверно увеличивалась на 23-24-й, 29-30-й неделях и в конце внутриутробного периода развития человека. Возрастная динамика ширины на разных уровнях измерения: наверху, у места начала, в средней части и внизу, у места прикрепления – у отдельных частей медиальной связки голеностопного сустава была различной. Скорость роста передней большеберцово-таранной части несколько замедлялась на 29-34-й неделях внутриутробного развития плода. Прирост ширины большеберцово-пяточной части в этом же возрастном периоде вообще не отмечался, а средние значения ширины даже уменьшались на 31-32-й неделях. Однако, это снижение было недостоверно ( $p > 0,05$ ).

Размеры ЛКС голеностопного сустава плодов и новорожденных детей человека: длина, ширина на разных уровнях – равномерно росли на протяжении всего плодного периода. Каких-либо статистически значимых ( $p < 0,05$ ) изменений скорости роста выявлено не было.

Учитывая выявленные закономерности роста связок голеностопного сустава нами были по-

строены модели, позволяющие определить возраст плода по длине связок голеностопного сустава (9-15).

Рост МКС голеностопного сустава в плодном периоде был формализован в виде математических моделей (9-12), входными параметрами которых являлась длина разных частей связки (L), а функцией являлся возраст плода в неделях (T):

$$T = 2,96 * L_1 + 10,17 \quad (9)$$

$$T = 7,70 * L_2 + 1,48 \quad (10)$$

$$T = 2,15 * L_3 + 7,42 \quad (11)$$

$$T = 3,77 * L_4 + 1,95 \quad (12)$$

где L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> – длины соответственно передней большеберцово-таранной, большеберцово-ладьевидной, большеберцово-пяточной и задней большеберцово-таранной частей МКС голеностопного сустава.

Так же были построены математические модели роста ЛКС голеностопного сустава (13-15), входными параметрами которых являлась длина разных частей связки (L), а функцией являлся возраст плода в неделях (T):

$$T = 5,38 * L_1 + 0,41 \quad (13)$$

$$T = 7,75 * L_2 + 1,19 \quad (14)$$

$$T = 4,98 * L_3 + 1,69 \quad (15)$$

где L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> – длины соответственно передней таранно-малоберцовой, пяточно-малоберцовой и задней таранно-малоберцовой связок ЛКС голеностопного сустава.

Для оценки возраста плода желательнее рассчитать его по нескольким уравнениям. Истинная оценка возраста будет находиться в промежутке между минимальным и максимальным значениями, определенными по формулам (1-15).

**Вывод:** Разработанная система математических моделей позволяет с высокой точностью оценить биологический возраст плода человека по фрагментам его нижней конечности.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Суворов, В.В. Судебно-медицинское определение пола, длины тела и принадлежности одному скелету костей верхней конечности методом математического моделирования. Автореферат дисс. ... канд мед. наук. – Барнаул, 1983. – 17 с.
2. Бабичев, В.И. Экспертно-диагностические особенности определения возраста по фрагментам большеберцовой кости человека. Автореферат дисс. ... канд мед. наук. – Воронеж, 1977. – 21 с.
3. Кабак, С.А. Костно-суставная система: морфологические и биохимические аспекты формирования / Кабак С.А., Фещенко С.П., Аниськова Е.П. – Минск, 1990. – С. 57-88.
4. Стрижков, А.Е.. Математическая модель оценки возраста плода человека по его наружным антропометрическим показателям // Российские морфологические ведомости. - № 1-2. – М., 2000. – С.94-99.
5. Стрижков, А.Е. Новый способ импрегнации серебром анатомических и гистологических препаратов // Вопросы теоретической и практической медицины. Материалы 57-й молодежной научной конференции, посвященной 60-летию института. - Уфа, 1992.- С. 14.

Надійшла 13.09.2011 р.

Рецензент: проф. В.І.Лузін