

# ЛИНЕЙНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗНАЧЕНИЙ ПАЛЬЦЕВОГО (2D:4D) ИНДЕКСА У ЛИЦ МУЖСКОГО ПОЛА<sup>1</sup>

Р.М. Хайруллин<sup>1</sup>, Е.Н. Филиппова<sup>1</sup>, А.А. Бутов<sup>2</sup>, А.В. Кастерина<sup>1</sup>, Ф.Р. Хайруллин<sup>2</sup>, Ю.Ф. Зеркалова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра анатомии человека медицинского факультета Ульяновского государственного университета;

<sup>2</sup> Кафедра прикладной математики факультета математики и информационных технологий Ульяновского государственного университета

**Введение.** Пальцевой 2D:4D индекс или индекс Мэннинга (ИМ) отношения длин указательного и безымянного пальцев как оригинальный морфометрический показатель кисти человека взаимосвязан, согласно некоторым мнениям, с уровнем пренатального уровня тестостерона, программирующего наряду с длиной пальцев соответствующее развитие мозга и связанные с этим особенности поведения. В ряде работ допускается некритичное толкование изменчивости не вполне однозначного морфометрического параметра, ставящее под сомнение диагностическое значение средних величин индекса в разных группах людей. Целью исследования являлось изучение вариабельности значений ИМ.

Материалом послужили измерения длин указательных и безымянных пальцев на левой и правой руке, полученные у 477 лиц мужского пола 15–49 лет, однородной по этническому составу, территории проживания, социальным и гендерным характеристикам, измеренные классическим дактилометрическим методом М.В. Волоцкого.

Результаты исследования показали, что дисперсии показателя, обусловленные изменчивостью длины безымянных пальцев как одноименной стороны, так и противоположной стороны намного ниже его дисперсии, обусловленные изменчивостью длины указательного пальца. Таким образом, ИМ в большей степени зависит от длины указательных пальцев, нежели безымянных, несмотря на большую абсолютную длину последних. Прямолинейная регрессия не является адекватным инструментом описания зависимости ИМ от длин пальцев. Несмотря на то, что более 60% изменчивости длины II пальца обусловлено соотносительной изменчивостью длины IV и наоборот, всего 6–15% дисперсии ИМ обусловлено регрессионным уравнением, что ставит под сомнение наличие указанных прямолинейных зависимостей от длин пальцев вообще. Варьирующим компонентом является небольшая по значению часть индекса в 10% (от +5% до –5%) у 80% исследованных, имеющих разницу в длине пальцев не более чем в 4 мм. Исходя из этого, авторы доказывают, что средние значения величины индекса могут быть адекватно заменены константными значениями уравнений линейной зависимости, полученными с помощью метода графических моделей сглаживания поверхности. Для левой руки оно составляет 0.973, для правой руки – 0.988. Также показано, что принадлежность кисти к разным типам, ульнарному (мужскому) или радиальному (женскому), определяет лишь около 30% дисперсии ИМ. Остальная дисперсия определяется как абсолютной длиной, выступающей за пределы ладони части пальцев, так и соотношением длины пястных костей и изменчивостью положения основания проксимальной фаланги пальца. Авторы считают, что рост костей как в пре-, так и постнатального онтогенезе, определяется не только и не столько уровнем пренатального или постнатального тестостерона. Инвариантный рост костей кисти, особенно средней и дистальной фаланг, продолжается у мужчин до 70–79 летнего возраста, он имеет возрастную и половую специфику. В молодом и зрелом возрасте рост костных лучей пальцев кисти происходит за счет роста пястных костей и проксимальных фаланг. Таким образом, рост трубчатых костей кисти неравномерный в разных ее лучах в течение всего онтогенеза может вызывать существенные колебания значений различных морфометрических индексов, в том числе и ИМ.

В заключении авторы отмечают, что правомерность достоверных суждений об уровне пренатального тестостерона и степени его маскулинизирующего воздействия на мозг плода по соотношению дефинитивной длины структур органа, имеющего собственные закономерности количествен-

<sup>1</sup> Исследование, по результатам которого публикуется настоящая статья, выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-04-99059) и Федерального агентства по науке и инновациям РФ (государственный контракт № 02.740.11.0610).

ной возрастной динамики на протяжении всего онтогенеза, маловероятна. Речь может идти лишь о давно известном в морфологии и физиологии человека и животных явлении – соотносительной корреляции признаков.

Ключевые слова: морфология кисти, биометрия пальцев, пальцевые индексы, биоинформационные модели

## Введение

В последнее десятилетие, начиная с 1998 г., в зарубежных, большей частью психологических, и, отчасти, антропологических, анатомических научных изданиях были опубликованы результаты значительного числа исследований, посвященных так называемому «2D:4D Digit Ratio», представляющему собой отношение длины указательного (II-го) пальца кисти к длине безымянного (IV-го) пальца [Voracek and Loibl, 2009]. Пальцевое отношение длин указательного и безымянного пальцев, как оригинальный морфометрический показатель кисти человека, был предложен Джоном Теодором Мэннингом, исследователем группы популяционной биологии из школы биологических наук Ливерпульского университета (Великобритания) с соавторами [Manning et al., 1998]. Статья, ставшая классической ссылкой всех последующих исследований этого показателя, называлась «Отношение длины 2-го и 4-го пальцев: предиктор числа спермиев, концентрации тестостерона, лютеинизирующего гормона и эстрогена». В работе описывались, обнаруженные авторами корреляции пальцевого отношения с соответствующими физиологическими показателями и было высказано предположение о том, что, якобы (мы вынуждены это подчеркнуть), оно является индикатором пренатального уровня тестостерона, программирующего наряду с пальцевым отношением соответствующее развитие мозга и связанные с этим особенности поведения и некоторые психологические признаки. Эта работа вызвала сенсацию среди психологов, нейрофизиологов, так что в 2009 году появился цитируемый выше обзор австрийского психолога из Венского университета Майкла Ворачека с наукометрическим анализом научных публикаций, посвященных индексу Мэннинга [Voracek and Loibl, 2009]. Однако, наряду с исследованиями, подтверждающими сопряженность этого индекса с концентрацией тестостерона даже в слюне исследуемых [Beaton et al., 2010], рядом физических, гендерных и психологических особенностей человека [McIntyre, 2006], появились и такие, в которых указанные корреляции не подтверждались, а результаты противоречили данным, полученным Мэннингом и его соавторами [Koehler, 2004; Lilley et al., 2009; Lujan, 2010; Dressler et Voracek, 2010; Hichkey et al., 2010; и мн. др.]. Мы не будем в на-

стоящей работе излагать собственную точку зрения по этому поводу, однако заметим, что, в исходной работе 1998 года, Мэннингом и соавт. были получены относительно противоречивые и, со статистической точки, зрения неоднозначные результаты. Ее детальный анализ показывает, что статистически значимые корреляции были получены только для индекса правой руки, но не обеих рук в равной степени. После внесения авторами необходимых поправок на возраст, вес и рост исследуемых вероятность ошибки статистической значимости коэффициента корреляции концентрации тестостерона с правосторонним индексом возросла с пограничного значения  $p < 0.03$  до не достоверного  $p = 0.07$  (!). К сожалению это не вызвало ни у авторов, ни у тех, кто цитировал и продолжает цитировать эту работу, ни малейшего сомнения в корректности результатов и необходимости их дополнительных проверок. Вместо этого, впоследствии, по мере накопления публикаций с сомнениями в однозначности толкования этих результатов, появились работы, в том числе и самого Мэннинга, с методическими рекомендациями по возможности увеличения точности измерений посредством их многократности, как одного из факторов, обуславливающих противоречивость и различие результатов работ разных исследователей [Voracek, Manning and Dressler, 2007; Voracek, Pietschnig, Oeckher, 2008]. Этому вопросу мы наеемся посвятить отдельную публикацию, предварительно отметив, что все возможные методические погрешности были давно известны и описаны автором способа измерения так называемой флексорной длины пальцев М.В. Волоцким [Волоцкой, 1932]. Именно ему и только ему принадлежит приоритет такого способа измерения длины пальцев, которая была использована Мэннингом и соавт. (1998) для разработки пальцевого индекса, чего в личном письме на имя одного из соавторов настоящей статьи не отрицал сам Дж. Мэннинг. Многократные измерения, как это в антропологии известно, еще со времен разработки классических антропологических методов Р. Мартином, их точности не увеличивают, они лишь служат доказательством высокой изменчивости морфологии живого человека.

В настоящее время в мире число исследований посвященных пальцевому 2D:4D индексу насчитывается более трех сот, включая трехкратное

переиздание монографии Дж. Мэннинга [Mapping, 2002, 2008, 2010]. В России и странах ближнего зарубежья число опубликованных исследований пальцевого индекса едва ли достигает пяти, что, кроме других причин их малочисленности, может быть расценено и как настороженное отношение к этому показателю. Это два исследования в области спортивной антропологии [Врублевский, 2009; Уздинова с соавт., 2009], одно – гендерной психологии [Исаев, Шмидт, 2009] и одно-два – психологии агрессии [Буркова, 2008, Буркова, Бутовская, 2010]. И, если, в англоязычной литературе, это работы, посвященные, главным образом, лицам мужского пола, в русскоязычной, наоборот, женского. Следует также отметить, что в работах наших соотечественников допускается некритичное толкование изменчивости не вполне однозначного по сути морфометрического параметра. Как и в большинстве зарубежных публикаций, их авторами а priori принимается никем, в том числе, как нами указывалось выше, экспериментально не доказанный и ничем не обоснованный постулат о том, что уровень пренатального тестостерона программирует развитие структурных и функциональных признаков взрослого организма и его поведение, включая 2D:4D индекс. Причем, в большинстве работ авторы странным образом избегают классических для биологии описаний методов исследования, статистических значений и границ изменчивости показателя так, что из перечисленных работ трудно вообще сделать какие-либо определенные выводы и сопоставления [Исаев, Шмидт, 2009; Уздинова с соавт., 2009; и др.]. Исходя из этого, нами предпринято исследование некоторых количественных закономерностей изменчивости индекса Мэннинга (далее сокращенно именуемого ИМ) на группе российских мужчин для получения референтных величин и сопоставления их с результатами аналогичных исследований.

### Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили прямые измерения длины указательного и безымянного пальцев обеих рук 477 лиц мужского пола от 15 до 49 лет. Большую часть исследованного контингента составили юноши и молодые мужчины, группа которых была относительно однородной по этническому составу, территории проживания, социальным и гендерным характеристикам. Манипуляции с исследуемыми проводились с соблюдением прав и свобод, определенных законодательством РФ, этических норм и принципов в

соответствии с Декларацией Хельсинки (1964) со всеми последующими дополнениями и изменениями, регламентирующими научные исследования на человеке, а также международным руководством для биомедицинских исследований с вовлечением человека (International ethical guidelines for biomedical research involving human subjects) Совета международных организаций медицинских наук (CIOMS). В соответствии требованиями п.3 ст.6 действующего Федерального закона РФ 152-ФЗ «О персональных данных» все первичные результаты исследований были обезличены. Измерения проводились стандартным циркуль-калипером фирмы «Rosscraft Innovation Inc.» (США) с точностью до 0.1 мм. Длина пальца измерялась точно от середины, лежащей в основании пальца, на границе с ладонью, наиболее проксимальной кожей борозды до его кончика (дактилиона) по методу М.В. Волоцкого [Волоцкой, 1932] в мм. Измерения проводились однократно, так как размерность измеряемого параметра, по нашему мнению, не требует повторных измерений, не увеличивает его точность и качество исследования. ИМ рассчитывался как частное от деления длины указательного пальца на длину безымянного пальца на одноименной кисти. Тип кисти определялся по методу М.В. Волоцкого [Волоцкой, 1935] с точностью до 0.5 мм. Статистическая обработка результатов произведена с помощью лицензионной программы Statistica 6.0 фирмы StatSoft Inc. (США). Определяли среднее значение показателей и среднее квадратичное отклонение ( $M \pm SD$ ), ошибку средней ( $m$ ), максимальное и минимальное значения ( $min-max$ ), коэффициенты асимметрии ( $as$ ) и эксцесса ( $ex$ ). Для установления различий в показателях и их корреляций использовались параметрические и непараметрические статистики. Коэффициенты абсолютного сходства выборок определяли по формуле, предложенной А.С. Константиновым на основе теории множеств [Алексеев, 1985]. Линейные зависимости исследовались двумя методами в рамках опций программы Statistica 6.0 – методом множественной регрессии и графических трехмерных моделей с линейным сглаживанием поверхности.

### Результаты исследования

Как видно из табл. 1, безымянные пальцы на обеих руках по длине статистически значимо, превосходят указательные пальцы, что характерно для лиц мужского пола, подавляющее большинство которых характеризуется ульнарным типом кисти. Различия на левой кисти составили  $2.85 \pm 2.21$  мм (0–18 мм), на правой кисти  $2.39 \pm 2.17$  мм (0–18 мм). Нами были обнаружены также билате-

**Таблица 1. Статистические показатели флексорной длины II-го и IV-го пальцев кисти (мм) и индекса Мэннинга у лиц мужского пола 15–49 лет (число наблюдений 477)**

Показатель	M±SD*	m*	min÷max*	as*	ex*
Длина II пальца левой руки	75.37±4.80 <sup>2</sup>	0.22	61.1-90.0	0.025	0.18
Длина IV пальца левой руки	76.88±4.76 <sup>2/*</sup>	0.22	65.2-94.1	0.360	0.31
ИМ левой руки	0.981±0.042 <sup>1</sup>	0.0019	0.8-1.123	0.170	1.18
Длина II пальца правой руки	75.26±4.92 <sup>3</sup>	0.22	61.2-92.3	0.061	0.28
Длина IV пальца правой руки	76.39±4.79 <sup>3/*</sup>	0.22	60.1-93.2	0.003	0.38
ИМ правой руки	0.986±0.039 <sup>1</sup>	0.0018	0.778-1.112	-0.452	2.54

Примечания. \* – обозначения см. в разделе «Материал и методы исследования»

<sup>1</sup> – различия между показателями,  $p < 0.018$

<sup>2, 3/\*</sup> – различия между показателями,  $p < 0.000$

ральные различия, характерные для праворуких лиц с преобладанием длины безымянных пальцев на правой кисти ( $p < 0.001$ ) со средней разницей в  $2.02 \pm 1.79$  мм (0–12 мм). Длины указательных пальцев левой и правой рук не различались ( $p < 0.3$ ). ИМ на левой руке статистически был значимо более низким, чем ИМ на правой руке (табл. 1) с разницей в 0.5% значения показателя и составил  $0.981 \pm 0.042$  против  $0.986 \pm 0.039$ .

Поскольку в наших предыдущих исследованиях было установлено влияние фактора морфологического типа кисти на дисперсию ИМ в пределах  $z^2 = 30\%$ , то нами было также определено распределение типов кисти в исследованной группе. Для правой руки 63.31% составили кисти ульнарного типа с дистальным выступанием безымянного пальца (IV>II), 26.42% – радиального типа с дистальным выступанием указательного пальца (II>IV) и 10.27% – промежуточного типа (II=IV). Для левой руки эти частоты были соответственно 68.76%, 22.64% и 8.6%, что не выходит за пределы типичного распределения морфологических типов кисти, характерных для мужских групп. Лица с билатерально симметричными типами кисти составили 67.9%, что не позволило полностью исключить влияние фактора типа кисти и объединить данные ИМ по левой и правой руке для определения обобщенного показателя обеих рук. Несмотря на то, что коэффициент абсолютного сходства распределений морфологических типов кисти левой и правой рук составил 0.9455 или 94.55%, уровень значимости их различий, согласно критерию Вилкоксона, был равен  $p < 0.0537$ , т.е. имел пограничное значение и не позволил достаточно уверенно отвергнуть нулевую гипотезу. ИМ является параметром зависимым как от длины

II-го, так и IV-го пальца в разной степени и направленности. Исходя из этого, мы сочли необходимым определить корреляционные связи исследованных показателей.

Коэффициенты линейной корреляции Пирсона указательных и безымянных пальцев одноимённых рук составили  $0.77 \pm 0.018$  ( $r \pm m$ ) для левой и  $0.81 \pm 0.016$  – для правой, билатерально различных указательных пальцев –  $0.87 \pm 0.011$ , безымянных пальцев –  $0.85 \pm 0.013$ , при уровне статистической значимости  $p < 0.01$ . Корреляции ИМ с длиной безымянных пальцев противоположной руки оказались чрезвычайно низкими по значениям, отрицательными по знаку и статистически не значимыми (0.07–0.09). Результаты исследования корреляции показателя непараметрическим способом (коэффициент корреляции Спирмена) подтвердили нелинейность корреляции, поскольку известно, что его мощность и значения для оценки линейной корреляции намного ниже, чем коэффициента Пирсона. Как видно из табл. 2, в ряде случаев значения непараметрического коэффициента были выше, чем параметрического.

Нами было установлено, что значения критерия Фишера уравнений линейной регрессии ИМ от длин безымянных пальцев меньше, чем от длин указательных ( $F = 45.39$  против  $F = 83.64$ ,  $RI = 0.087$  против  $RI = 0.149$  – для левых рук и  $F = 32.27$  против  $F = 73.91$ ,  $RI = 0.064$  против  $RI = 0.135$  – для правых, соответственно). Из полученных данных по регрессии было также ясно, что лишь небольшая доля дисперсии ИМ, всего в пределах не более 6–15% объясняется прямолинейной моделью зависимости. В таких случаях, как нами было показано ранее, могут использоваться биоинформационные модели [Бурмистрова с соавт., 2010].

Таблица 2. Коэффициенты прямолинейной корреляции Пирсона ( $r_{pm}$ ) и корреляции рангов Спирмена показателей кисти у лиц мужского пола 15–49 лет (число наблюдений 477,  $p < 0.01$ )

Значение коэффициента корреляции	Между индексами обеих рук	С длиной 2 пальца одноимённой руки	С длиной 4 пальца одноимённой руки	С длиной 2 пальца противоположной руки
Индекс Мэннинга правой руки	0.44±0.037 0.45*	0.37±0.039 0.33*	-0.25±0.043 -0.22*	0.21±0.044 0.23*
Индекс Мэннинга левой руки		0.39±0.039 0.41*	-0.30±0.042 -0.22*	0.20±0.044 0.22*

Примечание: \* – значения коэффициента корреляции Спирмена,  $p < 0.01$

Исходя из этого, для построения уравнения наиболее вероятной модели зависимости ИМ от длин обоих пальцев нами был использован графический метод трехмерного графика сглаживания поверхности. Подгонку данных осуществляли методом линейного сглаживания, апробация других методов сглаживания данных и аппроксимирования поверхности в рамках опций программы Statistica 6.0 не дали существенного преимущества и не изменяли внешний вид графика поверхности. Эмпирические уравнения линейной зависимости, предложенные программой, выглядели следующим образом:

i) левый ИМ =  $0.9732 + 0.013 \cdot L2 - 0.0126 \cdot L4$ , (в котором L2 – длина указательного пальца, L4 – длина безымянного пальца левой руки);

ii) правый ИМ =  $0.9877 + 0.0129 \cdot R2 - 0.0127 \cdot R4$ , (в котором R2 – длина указательного пальца, R4 – длина безымянного пальца правой руки).

Как видно в полученных уравнениях, значение коэффициента при переменных практически идентично (т.е. 0.013) за счет высокой степени взаимной линейной корреляции длин пальцев одноимённой кисти. Оптимальное значение ИМ равно значению свободного члена уравнения  $\pm 0.23$ , исходя из максимальных различий в длине пальцев в 18 мм, т.е.  $0.9732 \pm 0.23 \cdot 1.2 - 0.74$  и  $0.9877 \pm 0.23 \cdot 1.2 - 0.76$ . Различие между свободными членами эмпирического уравнения в три раза больше (0.015), чем различие между значениями средних величин ИМ левой и правой рук (0.005, табл. 1). Выявленные зависимости дополнительно подтверждаются тем, что 80.5% левых кистей и 84.3% правых кистей исследованных мужчин демонстрируют абсолютное значение межпальцевой разницы в 4 и менее мм, что в 4,5 раза меньше ее максимального значения и не оказывает существенного влияния на значение ИМ.

## Обсуждение

Полученные в настоящем исследовании результаты мы сравнили с результатами самого масштабного исследования, организованного по инициативе Мэннинга с соавторами [Mapping et. al., 2007], путем интернет-анкетирования английской компанией «BBC Co., UK», в котором были проанализированы результаты измерений ИМ в 255 116 наблюдениях, из которых 143 320 были лицами мужского пола. Билатеральная направленность ИМ, установленная нами для средних значений на руках, противоположна полученным Мэннингом и соавт. (слева меньше, чем справа) и несколько выше по значению, если их сравнивать с приведенными в тексте оригинальной статьи результатами. Однако, в резюме статьи Мэннинг с соавт. сообщают о превалировании индекса на левой руке, по-видимому, принимая во внимание только результаты исследованных групп американцев, европейцев и жителей Среднего и Ближнего востока, составляющих абсолютное большинство исследованных – 174 643 человек. Другую часть составили 19 615 человек – жители Южной и Юго-Восточной Азии, Китая и представители негроидной расы. У этой части исследованных наблюдалось либо равенство ИМ на руках (жители Южной и Юго-Восточной Азии), либо преобладание его значения на правых руках, аналогично нашим результатам (жители Китая и представители негроидной расы). При сравнении средних значений ИМ, полученных нами для российских мужчин, с данными по крупным мужским этническим группам или отдельным странам, полученных Мэннингом и соавт., совпадений по величине индекса обнаружено не было. Ни в одной из групп мужчин, проанализированных Мэннингом по странам Европы и США, превалирования индек-

са на правой руке не наблюдалось. У жителей США и Швейцарии наблюдались равные на обеих руках показатели. Полученные нами результаты, при их сравнении с показателями мужчин европейских стран и США, по значениям наиболее близки к показателям мужчин Великобритании и США (0.985–0.986). При сравнении величин ИМ, обращает на себя внимание высокая зависимость обнаружения значимых различий от числа наблюдений, что делает малодостоверным сравнительный анализ средних величин ИМ небольших по численности выборок. Это явление не в последнюю очередь обусловлено соотносительной изменчивостью длины пальцев и двунаправленной зависимостью ИМ от длины указательного и безымянного пальцев одновременно. В целом, билатеральные различия, по нашему мнению, в значительной степени обусловлены соотношением в исследуемых группах праворуких и леворуких лиц, при этом у праворуких – соответствующим относительным преобладанием длины безымянных пальцев на правой кисти.

Из результатов, полученных нами по корреляции ИМ с длинами пальцев, следует, что дисперсии этого показателя, обусловленные изменчивостью длины безымянных пальцев одноименной стороны (значимые, но меньшие по величине корреляции) и противоположной стороны (отсутствие корреляций) намного ниже его дисперсии, обусловленные изменчивостью длины указательного пальца. Иначе говоря, у мужчин общая изменчивость ИМ в большей степени зависит от длины указательных пальцев, нежели чем безымянных, несмотря на большую абсолютную длину последних. Прямолинейная регрессия, как следует из результатов настоящего исследования, не является адекватным инструментом описания зависимости ИМ от длин пальцев. Несмотря на то, что более 60% изменчивости длины II пальца обусловлено соотносительной изменчивостью длины IV и наоборот, всего 6–15% дисперсии ИМ обусловлено регрессионным уравнением, что, строго говоря, ставит под сомнение наличие указанных прямолинейных его зависимостей от длин пальцев вообще. Попытка придать линейный характер зависимости с помощью графических инструментов приводит к тому, что следует признать наличие некоторого постоянного компонента ИМ, значение которого для каждой руки в отдельности практически не определяется изменчивостью длин пальцев или взаимно, противоположно направленно, погашается ими. Варьирующим компонентом является небольшая по значению часть индекса в 10% (от +5% до –5%) у 80% исследованных, имеющих разницу в длине пальцев не более чем в 4 мм. Иначе говоря, у 80% исследованных нами российских мужчин разность между

длиной указательного и безымянного пальцев кисти не превышает 4 мм и обуславливает изменчивость значения ИМ в пределах не более 10% от его постоянного значения 0.973 на левой руке и 0.988 – на правой руке. Исходя из этого, мы полагаем, что более значимы для групповых характеристик, в том числе и с определенным уровнем вероятности не исключая оценки маскулинизации поведения (если таковая по данным исследований, проведенных зарубежными психологами возможна на основе ИМ), не средние значения, а иные величины. В частности, как показано в настоящем исследовании ими могут служить константы линейных уравнений, полученных на основе графических методов статистики со сглаживанием значений. Их можно принять за величину, характеризующую постоянную составляющую значения индекса. Переменная составляющая обусловлена индивидуальными различиями длины между указательным и безымянным пальцами у каждого исследованного. Величина ИМ в 0.973 на левой руке и в 0.988 на правой руке в соответствии с эмпирическими уравнениями линейной зависимости, на наш взгляд, наилучшим образом характеризуют его групповые значения, они соответствуют значению медиан соответствующих выборок. Эти константные величины можно использовать в отличие от средних за стандартные, не зависящие от вариабельности длины пальцев и величины их различий. Вариабельность и индивидуальные особенности ИМ могут при этом также быть оценены для каждой группы на основе коэффициентов при переменных составляющих, которыми являются длина указательного и длина безымянного пальцев.

Индексы соотношения длин отдельных сегментов конечностей человека и животных, как важнейшие характеристики их пропорциональности, сравнительно-анатомические и онтогенетические характеристики, позволяющие вскрыть фундаментальные закономерности структурной организации в морфологии используются давно, приблизительно с конца IX века [Pfitzner, 1892, 1893]. В качестве эталона длины в таких исследованиях используются обычно длины отдельных костных фаланг или длины костных лучей пальцев или кисти в целом (включая пястные кости). В 1998 г. английским психологом Дж. Т. Мэннингом [Manning et al., 1998] был предложен индекс соотношения флексорных (сгибательных) длин указательного и безымянного пальцев, измеренных на живом человеке по методу М.В. Волоцкого [Волоцкой, 1932], как биологическая характеристика для оценки влияния пренатального уровня тестостерона в крови на развитие дистальных отделов конечности и мозга. По мнению автора, по соотношению дефинитивных длин этих двух

пальцев можно судить об уровне пренатального тестостерона крови и, соответственно, о степени маскулинизации мозга, которая определяет особенности поведения в зрелом периоде онтогенеза. В своих исследованиях, в выборе конкретных пальцев Мэннинг опирался на известные данные о морфологических типах кисти, описанных еще А. Эккером в 1875 г. [Von Ecker, 1875]. Адекватность выбора автором указательных и безымянных пальцев не вызывает сомнений, в наших предыдущих исследованиях была доказана морфогенетическая организующая роль именно этих двух лучей на архитектуру кисти в целом, определяющая не только особенности скелета, но и других структур кисти. Однако, принадлежность кисти к тому или иному типу (ульнарному – мужскому или радиальному – женскому) или топографию дистального конца пальцев определяет лишь около 30% дисперсии ИМ. Остальная дисперсия (как минимум) определяется как абсолютной длиной, выступающей за пределы ладони части пальцев, так и соотношением длины пястных костей и изменчивостью положения основания проксимальной фаланги пальца. В свою очередь рост костей как в пре-, так и постнатальном онтогенезе, определяется не только и не столько уровнем пренатального или постнатального тестостерона. Еще в 1970 г. диссертационной работой В.В. Бевзюк [Бевзюк, 1970] под руководством чл.-корр. РАМН Б.А. Никитюка и профессора Л.Е. Этингена было доказано, что инвариантный рост костей кисти, особенно средней и дистальной фаланг, продолжается у мужчин до 70–79 летнего возраста, он имеет возрастную и половую специфику. В молодом и зрелом возрасте рост костных лучей пальцев кисти происходит за счет роста пястных костей и проксимальных фаланг. Таким образом, рост трубчатых костей кисти, и, весьма вероятно, в разных ее лучах неравномерный, в течение всего онтогенеза может вызывать существенные колебания значений различных морфометрических индексов, в том числе и ИМ. Поэтому возможность и научная правомерность достоверных суждений об уровне пренатального тестостерона и степени его маскулинизирующего воздействия на мозг плода по соотношению дефинитивной длины структур органа, имеющего собственные закономерности количественной возрастной динамики, на протяжении всего онтогенеза, в этом смысле – маловероятна. Перечисление в качестве аргумента десятка или более косвенных и систематически не подтвержденных фактов [Manning et. al., 2007] даже в исследованиях, включающих более сотни тысяч измерений на взрослом человеке, не дают оснований и возможности однозначной оценки уровня тестостерона в крови в пренатальном

периоде жизни, тем более, его воздействия на созревание мозговых структур.

Речь можно вести лишь о давно известном в морфологии и физиологии человека и животных явления – соотносительной корреляции признаков, истинные закономерности которых выясняются не на основе концептуальных умозаключений, а в экспериментальных исследованиях. Этот известный анатомам и антропологам и, по-видимому, не известный психологам факт, привел к весьма справедливому критическому отношению к предложенному Мэннингом (информативному, прежде всего, в групповой оценке) показателю, со стороны первых и неоправданному с научной точки зрения интересу и многочисленным публикациям со стороны вторых [Voracek and Loibl, 2009]. Поэтому последними и был проведен странный на первый взгляд наукометрический анализ по популярности использования ИМ в разных областях психологии и биологии человека, а не по сравнению значений индекса и его реальной информативной ценности по оценке отдельных групп людей, представляющей действительный научный интерес. Впоследствии авторы неизбежно вынуждены были отказаться от целого ряда категорических утверждений по поводу неизменности индекса в течение жизни, попытались сгладить противоречия, полученные в разных лабораториях особенностями методики измерения и т.д. [Voracek, Manning and Dressler, 2007].

## Заключение

Таким образом, анализ линейных зависимостей ИМ от соотносительной длины указательного и безымянного пальцев кисти российских мужчин показывает, что стандартом его значений следует считать постоянные составляющие линейных уравнений, их описывающих, для левой руки – 0,973, для правой руки – 0,988. Научно-практическая значимость исследований, аналогичных настоящему, состоит в получении новых биометрических стандартов, относительно которых можно осуществлять идентификацию, в том числе и живых лиц при наличии соответствующих критериев, разработанных на основе достаточных по объему баз данных. Биометрические стандарты ИМ позволят с высоким уровнем вероятности, установить пол, степень маскулинизации, связанную с агрессивностью поведения, в ряде случаев возраст, этническую, профессиональную принадлежность. Залогом этого служит, прежде всего, профессиональный и компетентный подход к интерпретации получаемых результатов, а не апри-

орное соглашение с экспериментально не подтвержденными концепциями и толкование любого морфологического или антропометрического признака как строго генетического или пренатально предопределенного.

### Благодарности

Авторы благодарят РФФИ (грант № 08-04-99059) и Федеральное агентство по науке и инновациям РФ (государственный контракт № 02.740.11.0610) за финансовую поддержку исследования, результаты которого изложены в настоящей статье.

### Конфликты интересов

Авторы заявляют об отсутствии каких бы то ни было конфликтов интересов с кем бы, то ни было в отношении идеи, планирования, выполнения и опубликования результатов настоящего исследования и их последующего использования в коммерческих или иных целях.

### Библиография

Алексеев В.П. Человек: эволюция и таксономия (некоторые теоретические вопросы). 1985. 288 с.

Бевзюк В.В. Некоторые возрастные особенности трубчатых костей кисти человека по рентгеноанатомическим данным. Автореф. дисс. ... канд. мед наук. Душанбе, 1970.

Буркова В.Н. Пальцевой индекс, агрессия и личностные черты у российских подростков // Вестник НГУ. Серия: Психология. 2008. Т. 2. Вып. 2. С. 79–84.

Буркова В.Н., Бутовская М.Л. Пальцевой индекс и его связь с агрессивным поведением у подростков // Человек: его биологическая и социальная история: Тр. междунар. конф., посвящ. 80-летию акад. РАН В.П. Алексеева (Четвертые Алексеевские чтения). М.: Одиноцкий гуманитарный институт, 2010. Т. 2. С. 161–168.

Бурмистрова В.Г., Бутов А.А., Раводин К.О., Савинов Ю.Г., Филиппова, Е.Н., Хайруллин Ф.Р. Метод построения локальных характеристик для системы морфологической идентификации // Обзорение прикладной и промышленной математики. 2010. Т. 17. Вып. 1. С. 97–98.

Волоцкой М.В. Антропометрическое исследование кистей рабочих применительно к стандартизации технических резиновых перчаток // Антропологический журн. 1932. № 1. С. 74–95.

Волоцкой М.В. Новый способ антропометрической характеристики дистального профиля кисти // Антропологический журн. 1935. № 1. С. 113–117.

Врублевский Е.П. Индивидуализация тренировочного процесса спортсменов в скоростно-силовых видах легкой атлетики. М.: Советский спорт, 2009. 232 с.

Исаев Д.Д., Шмидт Ю.О. Различия гендерных установок у женщин с разным уровнем пренатальной маскулинизации/дефеминизации // Грани познания. Электронное периодическое издание, научно-образовательный журнал. 2009. № 3. 3 с. URL: <http://www.grani.vspu.ru/?page=1&jur=4> (дата обращения 10.04.2011).

Уздинова О.И., Белова Д.В., Захарова М.А. Физиолого-генетическая оценка эффективности двигательной деятельности по прогностически значимому морфометрическому признаку «Пальцевая пропорция Maninga 2D:4D» // Физическая культура, спорт, биомеханика, безопасность жизнедеятельности: матер. IV Междунар. электрон. науч. конф., 25–26 декабря 2009 г. Ч. I. Майкоп: Изд-во АГУ, 2009. С. 214–218.

Beaton A.A., Rudling N., Kissling C. et al. Digit ratio (2D:4D), salivary testosterone and handedness // *Laterality*. 2010. N 20. P. 1–20.

Dressler S.G. et Voracek M. No association between two candidate markers of prenatal sex hormones: Digit ratios (2D:4D and other) and finger-ridge counts // URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/dev.20488/pdf> (дата обращения 10.04.2011).

Hichkey M., Doherty D.A., Hart R. et al. Maternal and umbilical cord androgen concentrations do not predict digit ratio (2D:4D) in girls: A prospective cohort study // *Psychoneuroendocrinology*. 2010. Mar 16. [E-pub. ahead of print].

Koehler N., Simmons L.W. and Rhodes G. How well does second-to-fourth-digit ratio in hands correlate with other indications of masculinity in males? // *Proc. R. Soc. Biol. Letters*. 2004. Vol. 271. B (Suppl.). Vol. 271. P. 296–298.

Lilley T., Laaksonen T., Huitu O., Helle S. Maternal corticosterone level is associated with the ratio of second-to-fourth digit length (2D:4D) in field vole offspring (*Microtus agrestis*) // *Physiol. Behav.* 2010. Vol. 99. N 4. P. 433–437.

Lujan M.E., Bloski T.G., Chizen D.R. et al. Digit ratios do not serve as anatomical evidence of prenatal androgen exposure in clinical phenotypes of polycystic ovary syndrome // *Human Reproduction*. 2010. Vol. 25. N 1. P. 204–211.

Manning J.T. Digit ratio: A pointer to fertility, behavior, and health. Rutgers University Press: New Brunswick, NJ, 2002. 173 p.

Manning J.T. Finger ratio: Sex, Behavior and Disease Revealed in the Fingers. London: Faber & Faber, 2008. 192 p.

Manning J.T. The Finger Book: Sex, Behavior and Disease Revealed in the Fingers. London: Faber & Faber, 2010. 192 p.

Manning J.T., Churchill A.J., Peters M. The effect of sex, ethnicity and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D:4D) // *Archives of Sexual Behavior*. 2007. Vol. 36. N 2. P. 223–233.

Manning J.T., Scutt D., Wilson J., Lewis-Jones D.I. The ratio of 2nd to 4th length: a predictor of sperm numbers and concentration of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen // *Human Reproduction*. 1998. Vol. 13. P. 3000–3004.

McIntyre M.H. The use of digit ratios as markers for perinatal androgen action // *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2006. N 4. Publ. 10.

Pfizzner W. Beitrage zur Kenntniss des menschlichen Extremitatenskeletts. Abt. 1. Einleitung. Allgemeines. Methoden. Morphol. Arb. Hrsg. Schwalbe. 1892. Vol. 1. P. 1–120.

Pfizzner W. Beitrage zur Kenntniss des menschlichen Extremitatenskeletts. Abt. 5. Anthropologische Beziehungen



der Hand- und Fusmasse. Morphol. Arb. Hrsg. Schwalbe. 1893. Vol. 2. P. 93–205.

Von Ecker A. Einige Bemerkungen über einen schwankenden Charakter in der Hand des Menschen // Arch. für Anthropologie. 1875. Bd. VIII. S. 67–74.

Voracek M. and Loibl L.M. Scientometric analysis and bibliography of digit ratio (2D:4D) research, 1998–2008 // Psychological Reports. 2009. Vol. 104. P. 922–956.

Voracek M., Manning J.T. & Dressler S.G. Repeatability and Interobserver Error of Digit Ratio (2D:4D) Measurement Made by Experts // Amer. J. Hum. Biol. 2007. Vol. 19. P. 142–146.

Voracek M., Pietschnig J., Oeckher M. Finger, sex, and side differences in fingertip size and lack of association

with image-based digit ratio (2D:4D) measurements // *Percept. Mot. Skills*. 2008. Vol. 107. P. 507–512.

Контактная информация:

Хайруллин Радик Магзинурович. Раб. тел. (842) 232-65-65.

E-mail: khayrullin@list.ru;

Филиппова Елена Николаевна. Раб. тел. (842) 232-70-82.

E-mail: anat@ulsu.ru;

Бутов Александр Александрович. Раб. тел. (842) 232-10-37.

E-mail: pm@ulsu.ru;

Кастерина Анастасия Владимировна. Раб. тел. (842) 232-70-82.

E-mail: anat@ulsu.ru;

Хайруллин Фархад Радикович. Раб. тел. (842) 232-10-37.

E-mail: pm@ulsu.ru;

Зеркалова Юлия Феликсовна. Раб. тел. (842) 232-70-82.

E-mail: anat@ulsu.ru.

## LINEAR DEPENDENCY OF 2:4 DIGIT RATIO VALUES IN MALES

R.M. Khayrullin<sup>1</sup>, E.N. Filippova<sup>1</sup>, A.A. Butov<sup>2</sup>, A.V. Kasterina<sup>1</sup>, F.R. Khayrullin<sup>2</sup>, Y.F. Zerkalova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Human Anatomy Department, Medical Faculty of Ulyanovsk State University

<sup>2</sup> Applied Mathematics Department, Mathematics and Information Technology Faculty of Ulyanovsk State University

*Introduction: 2:4 digits ratio or Manning index (MI), the ratio between the length of index and ring fingers is the original morphometric parameters of human hand, according to some views, correlated with prenatal testosterone levels, programming, along with the length of the fingers, brain development and related behaviors. A number of studies contain an uncritical interpretation of this morphometric parameter. This casts doubt on the diagnostic value of the average values of the index in different groups of people. The purpose of this paper was to study the MI values in a group of 477 males aged 15–49 years, homogeneous in ethnic composition, the territory of residence and social characteristics.*

*From the results it follows that the dispersion of the resulting variability in the length of the ring finger on the same side as well as on the opposite side is much lower than its dispersion, due to variability in the index finger length. The overall variability of MI much greater depends on the length of the index finger, rather than anonymous finger, despite the large absolute length of the latter. Over 60% of the variability of index finger lengths is due to the correlative variation of ring finger length and vice versa. Varying component is small in value – about 10% (+5% to –5%) of the MI in 80% of persons with the difference in the length of the fingers of no more than 4 mm. Accordingly, the authors believe that the average value of the index can be adequately replaced by constant values of equations of the linear dependence obtained by the method of graphic models of smoothing the surface. For the left hand, it is 0.973 for the right hand – 0.988. It is shown that different hand types, ulnar (male) or radial (feminine), determine only about 30% of the variance of MI. The authors believe that the growth of bones in both pre- and postnatal development, is determined not only by the level of prenatal or postnatal testosterone. It is known that the invariant growth of hand bones, especially those of the middle and distal phalanges, continues in men of 70–79 years of age. Thus, the growth of tubular hand bones, uneven across its rays, throughout ontogeny can cause significant fluctuations in the values of different morphometric indices, including MI.*

*Conclusion: It is considered that a reliable judgment about the level of prenatal testosterone and the degree of masculinization effects on fetal brain by the digit ratio is unlikely.*

*Key words: hand morphology, fingers biometrics, digit ratio, bio-information models*