

<sup>1)</sup> *Институт этнологии и антропологии РАН, Ленинский пр-т, 32А, Москва, 119334, Россия;*<sup>2)</sup> *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Мясницкая, д. 20, Москва, 101000, Россия*<sup>3)</sup> *Российский государственный гуманитарный университет, Миусская пл., д. 6, корп. 2, г. Москва, 125047, Россия*

## ПАЛЬЦЕВОЙ ИНДЕКС КАК МАРКЕР ПРЕНАТАЛЬНОЙ АНДРОГЕНИЗАЦИИ И ЕГО ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ДЛЯ АНТРОПОЛОГОВ И ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПСИХОЛОГОВ: «ЗА» И «ПРОТИВ»

*Пальцевой индекс [соотношение второго к четвертому пальцу на руке] находится в центре пристального внимания специалистов разных областей науки, прежде всего, антропологов и эволюционных психологов. Этот интерес не случаен, и объясняется возможностью использовать 2D:4D индекс в качестве маркера пренатальной андрогенизации. Причиной столь высокой заинтересованности в пальцевом индексе являются прежде всего неинвазивность метода измерения и высокая воспроизводимость получаемых результатов.*

**Результаты.** *Пальцевой индекс достоверно ниже у мужчин по сравнению с женщинами в пределах одной популяции, и заметно варьирует между популяциями. Накапливается все больше данных о связи пальцевого индекса с чертами личности, ассоциированными с маскулинностью и соотношением мужских и женских половых гормонов, репродуктивным успехом, соотношением потомства мужского и женского пола у женщин, профессиональной ориентацией и предрасположенностью к различным заболеваниям. Данные генетики свидетельствуют о наследуемости значений пальцевого индекса и наличии комплекса генов, ассоциированных с развитием второй и четвертой фаланг пальцев в эмбриогенезе.*

**Заключение.** *По все видимости, дискуссия о применимости пальцевого индекса для проверки «организационной гипотезы» пренатальной андрогенизации будет продолжена. Однако, с очевидностью, этот показатель следует рассматривать не как абсолютный маркер пренатальной андрогенизации, а как один из индикаторов полового диморфизма в ряду других признаков, дифференцирующих в пределах популяции представителей мужского и женского пола. В предлагаемом обзоре проанализированы основные работы по теме за последние 20 лет, обозначены возникшие проблемы и предложены пути их возможного решения.*

**Ключевые слова:** *пальцевой индекс; 2D:4D; половой диморфизм; пренатальная андрогенизация; фемининность; маскулинность; черты личности*

История изучения пальцевого индекса восходит к концу XIX в., когда исследователи обратили внимание на взаимосвязь половых различий и соотношения длин указательного и безымянного пальцев на руке у человека [Esker, 1875; Vaker, 1888]. В 30-ые годы XX М.В. Волоцкой и Р. Джорж получили данные, указывающие на достоверный половой диморфизм по пальцевому индексу [George, 1930; Волоцкой, 1932]. Еще в 1950-ые годы была высказана идея о том, что тестостерон и другие половые гормоны стимулируют развитие мозга и оказывают влияние на организм с самых первых моментов эмбрионального разви-

тия и определяют в дальнейшем индивидуальные и половые различия в поведении и психике человека. С этого времени в науке пытаются обнаружить связь между влиянием пренатальных гормонов и различными морфологическими и психологическими показателями, когнитивными способностями, сексуальной ориентацией. В 1983 г. Г. Вильсон обнаружил связь между уровнем напористости (психологический признак) и пальцевым индексом у женщин [Wilson, 1983; подробнее см. обзор Бутовская с соавт., 2015а].

Отчетливый всплеск интереса к пальцевому индексу начался с 1998 года. Количество работ

по данной теме за последние 20 лет превысило 1400 публикаций (причем основной массив исследований пришелся на последние 5 лет), что требует их обобщения и детальнейшего анализа. 2D:4D индекс является одним из показателей факторов риска с рядом важнейших заболеваний современного человека – бесплодие, нарушения половой сферы, сердечно-сосудистые заболевания, эндокринологические нарушения, заболевания опорно-двигательной системы, рак и др. Однако измерить уровень пренатальных гормонов у человека трудно в силу целого ряда этических и технических причин – ранее для этого приходилось брать кровь или слюну у респондентов. Последние десятилетия специалисты-антропологи, психологи, физиологи, генетики, эндокринологи, медики активно заняты поисками неинвазивных биомаркеров и индикаторов, указывающих на баланс половых гормонов в период их внутриутробного развития у представителей разных групп населения. На сегодняшний день пальцевой индекс (2D:4D) является одним из наиболее известных маркеров такого рода, и дискуссии о его реальной значимости приобретают все более острый характер [Manning et al., 1998; Fink et al., 2004; Voracek et al., 2010; Khairullin, 2011; Butovskaya et al., 2012, 2013a, 2015, 2019; Zhang et al., 2013; Manning, Fink, Trivers, 2018].

Пальцевой индекс (2D:4D) – соотношение второго к четвертому пальцу на руке – демонстрирует выраженный половой диморфизм: мужчины, как правило, имеют более длинный четвертый палец, а женщины – второй, во всех изученных популяциях. Данные различия между полами носят статистический характер (это означает, что в популяции будут встречаться мужчины с фемининными пальцевыми индексами и женщины с маскулинными индексами), при этом средние для мужчин и женщин пальцевые индексы, вычисленные для одной популяции, могут существенно отличаться от средних показателей для другой, даже соседней популяции. Однако, в последнее время идея использования пальцевого индекса в качестве маркера пренатальной андрогенизации подвергается активной критике. Оппоненты настаивают на том, что пальцевой индекс является просто артефактом аллометрии, и не обнаруживает связи с половым диморфизмом [Kratochvil, Flegel, 2009; Lolli et al., 2017].

### **Пальцевой индекс, пренатальные гормоны и половой диморфизм**

«Организационная гипотеза» («Organizational hypothesis») предполагает, что пренатальные по-

ловые гормоны, в частности тестостерон, изменяют развивающуюся нервную систему в критические периоды развития и таким образом могут влиять на поведение в более позднем возрасте [Phoenix et al., 1959; Lutchmaya et al., 2004]. Воздействие андрогенов на плод в определенный период внутриутробного развития запускает маскулинизацию мужского организма, что представляет собой обширный процесс, захватывающий множество органов и тканей, в том числе и развивающийся мозг [Luetjens, Weinbauer, 2012; Beking et al., 2018]. Впоследствии это приводит к появлению половых различий в физиологии, морфологии и поведении. Исследования на животных моделях в значительной степени поддерживают эти взгляды [Arnold, Breedlove, 1985; Talarovicova et al., 2009]. Эти выводы получили подтверждение также и при работе с модельным объектом (мыши) [Zheng, Cohn, 2011]. З. Зэн и М. Кон предоставили прямое доказательство того, что половые различия по пальцевому индексу являются следствием действия механизмов активации андрогенов и эстрогенов в процессе пренатального развития [Zheng, Cohn, 2011]. Одна из уникальных работ, проведенная на человеческих эмбрионах в возрасте от 9 до 40 недель беременности (83 мужчины, 78 женщин) без каких-либо патологий развития, показала, что пальцевой индекс был значительно выше у женщин по сравнению с мужчинами, и что среднее значение 2D:4D индекса не изменилось в последующие периоды эмбрионального развития [Malas et al., 2006]. Другое исследование, проведенное на более крупной выборке (327 погибших эмбрионов сроком от 14 до 42 недель), также выявило хотя и небольшой, но все же значительный половой диморфизм в указанном направлении [Galis et al., 2010]. При этом, значения пальцевого индекса были ниже, чем значения для детей и взрослых, полученные в других работах. По всей видимости, 2D:4D индекс увеличивается после рождения как у мужчин, так и у женщин, причем второй палец растет быстрее, чем четвертый (положительный аллометрический рост второго пальца) и, возможно, быстрее у женщин, чем у мужчин [Galis et al., 2010].

Исследование, проведенное у детей от рождения до 2 лет, показало, что половые различия 2D:4D индекса в этом возрасте были меньше по сравнению со взрослыми и не достигали статистической значимости [Knickmeyer et al., 2011]. Анализ взаимосвязи тестостерона в образцах материнской плазмы и пальцевого индекса у новорожденных свидетельствует о том, что у мальчиков среднее соотношение 2D:4D индекса было ниже, чем у девочек, однако этот диморфизм был значимым только для левой руки [Ventura et al., 2013].

Ранее предполагалось, что индекс 2D:4D остается относительно стабильным в течение жизни с раннего детства [Manning, 2008], но с накоплением данных о пренатальной и постнатальной стадиях онтогенеза это утверждение было в некоторой степени скорректировано. По-видимому, некоторые изменения могут происходить во внутриутробном периоде, в течение первых двух лет после рождения, а также во время более поздней индивидуальной истории жизни, а половые различия могут немного усиливаться с детства до подросткового возраста [Malas et al., 2006; Trivers et al., 2006; Galis et al., 2010; Knickmeyer et al., 2011; Kralik et al., 2017]. В целом же, пальцевой индекс остается относительно стабильным на протяжении всей жизни [Trivers et al., 2006; McIntyre et al., 2011].

### Пальцевой индекс: генетические составляющие

Пальцевой индекс может напрямую зависеть от генетических факторов. Одним из наиболее активно обсуждаемых в этом контексте генов-кандидатов является ген рецепторов андрогенов (*AR*) [Loehlin et al., 2012]. Полиморфизм по числу триплетных повторов CAG в первом экзоне этого гена от 10 до 30 повторов, ассоциирован с чувствительностью рецепторов к тестостерону. Максимальная чувствительность наблюдается в варианте *AR* с минимальным числом CAG повторов [La Spada et al., 1991]. В ряде работ показана положительная связь между 2D:4D индексом и CAGn у мужчин [Manning et al., 2003; Butovskaya et al., 2012], тогда как в других исследованиях этой связи обнаружено не было [Hurd et al., 2011; Loehlin et al., 2012; Zhang et al., 2013]. В одной из публикаций отмечается положительная связь между пальцевым индексом на левой руке и CAGn у женщин [Loehlin et al., 2012]. Недавний мета-анализ широкогеномных ассоциаций с пальцевым индексом выявил хотя и слабую, но все же устойчивую связь между числом *AR* CAG повторов и 2D:4D индексом на обеих руках [Warrington et al., 2018]. И вновь эта связь оказалась достоверной только для женской выборки.

Неоднозначность полученных результатов может указывать на более сложный, нелинейный характер зависимости между пальцевым индексом и числом CAG повторов, в частности, оба этих параметра могут быть связаны с третьей переменной, например, с уровнем секреции тестостерона. В отношении ассоциаций между CAGn и уровнем тестостерона, однако, также нет однозначной связи. Одни авторы сообщают об отсутствии такой корреляции у взрослых [Hampson, Sankar, 2012]. Другие сообщают об отсутствии взаимосвя-

зи CAGn и тестостерона у новорожденных по отдельности с пальцевым индексом, и достоверной корреляции обобщенного показателя CAGn + тестостерон [Knickmeyer et al., 2011]. В этом исследовании низкое число CAG повторов и высокий уровень тестостерона были ассоциированы с низким 2D:4D индексом. Кроме того, было показано, что мужчины с низким числом повторов CAG давали более высокие самооценки по агрессивному поведению [Butovskaya et al., 2013b].

Генетические исследования свидетельствуют в пользу высокой наследуемости пальцевого индекса [Paul et al., 2006; Gobrogge et al., 2008; Kalichman et al., 2019]. Полученные на близнецах данные дают оценку генетической составляющей в 60% [Medland, Loehlin, 2008]. Однако, исследователи пока не пришли к однозначному выводу о том, какой конкретно генетический полиморфизм [или комплекс полиморфизмов] ответственен за столь высокий уровень наследуемости. Как уже говорилось выше, в связи с тем, что пальцевой индекс предложен в качестве маркера пренатальной андрогенизации, главные усилия были сконцентрированы на исследовании полиморфизма по гену рецепторов андрогенов. Все исследования в этом направлении дают крайне противоречивые результаты. Одни указывают на положительную связь между числом *AR* CAG повторов и 2D:4D индексом у мужчин [Manning et al., 2003]. Другие – на слабую ассоциацию значений этого индекса с чувствительностью к тестостерону у женщин [Warrington et al., 2018]. Третьи сообщают об отсутствии достоверной связи между этими показателями [Butovskaya et al., 2012; Hampson, Sankar, 2012; Honekopp, 2013; Zhang et al., 2013; Voracek, 2014; Warrington et al., 2018].

Ряд авторов предположили, что популяционные различия пальцевых индексов могут быть следствием различий в распределении полиморфных вариантов гена *SMOC1* [Medland et al., 2010]. Несколькими годами позже, Э. Лоренс-Овен с соавторами [Lawrance-Owen et al., 2013] продемонстрировали высокий уровень ассоциации между пальцевым индексом и полиморфизмом по гену *SMOC1*. Они же представили доказательства в пользу медиаторной функции гена, опосредующей секрецию пренатальных гормонов и соотношением второго к четвертому пальцу. Другие исследования показывают также, что ген *SMOC1* участвует в половой дифференциации гонад [Pazin, Albrecht, 2009]. Некоторые авторы предположили, что пальцевой индекс определяется соотношением тестостерона и эстрогена, воздействующим на многочисленные рецепторы андрогенов и эстрогенов, расположенные на фалангах четвертого пальца [Zheng, Sohn, 2011]. Они установили, что активность таких рецепторов регулируют экспрессию скелетогенных

генов, контролирующих пролиферацию хондроцитов. Причем, в отношении второго и четвертого пальца этот процесс реализуется независимо [Zheng, Sohn, 2011]. Ранее другие авторы уже отмечали, что активность генов *SMOC1* активируется андрогенами [Schaeffer et al., 2008; Love et al., 2009] и подавляется эстрогенами [Coleman et al., 2006] в тканях простаты. На этом фоне, влияние андрогенов и эстрогенов на экспрессию гена *SMOC1*, в контексте формирования пальцевого индекса в эмбриогенезе также не вызывало удивления.

С. Медленд с соавторами идентифицировали еще один ген-кандидат, достоверно ассоциированный с пальцевым индексом, *LIN28B* [rs314277] [Medland et al., 2010]. А в прошлом году, М. Занбин с коллегами предложили еще один вероятный ген-кандидат – ген ароматазы, *CYP19A1* [Zhanbing et al., 2019]. Этот ген кодирует цитохром P450 ароматазу – фермент, естественным путем преобразующий андрогены в эстрогены и влияющий на развитие пальцевого индекса [Zhanbing et al., 2019]. При детальной проверке 6 SNP гена *CYP19A1*, лишь один, rs4775936, был связан с пальцевым индексом. Более низкий пальцевой индекс достоверно чаще встречался у носителей Т аллеля по сравнению с носителями С аллеля, как у мужчин, так и у женщин. К настоящему моменту, генетические исследования, со всей очевидностью предостерегают от упрощенного использования пальцевого индекса в качестве маркера пренатальной андрогенизации. Вместе с тем, они предлагают все больше убедительных аргументов в пользу генетического наследования этого показателя, а также биологических механизмов развития 2D:4D индекса в онтогенезе.

### Пальцевой индекс, размеры тела и фактор аллометрии

Связь между 2D:4D индексом и размерами тела рассматривалась в ряде исследований. Сообщалось о значительной отрицательной связи между пальцевым индексом и размерами тела при рождении у мужчин [длина и/или вес] в популяциях Европы и Африки [Ronalds et al. 2002; Danborn et al., 2010; Klimek et al., 2014]. Мужчины из сельской польской популяции с более низким 2D:4D индексом имели более высокую массу тела в детстве и подростковом возрасте [Klimek et al., 2014]. С другой стороны, в некоторых исследованиях сообщалось об отсутствии значимых взаимосвязей [Barut et al., 2008; Danborn et al., 2008]. Наконец, в третьей группе работ, отмечалась положительная связь между 2D:4D индексом и размерами тела у взрослых [Van Dongen, 2009; Almasry et

al., 2011] или отрицательная связь между 2D:4D индексом и весом [Fink et al., 2003]. Такие расхождения могут возникать из-за межпопуляционных вариаций в питании и поведении, которые влияют на состав и размер тела на протяжении всей жизни [Klimek et al., 2016].

В недавней работе Л. Лолли с соавторами [Lolli et al., 2017] было заявлено, что половой диморфизм пальцевых индексов – не что иное, как артефакт аллометрии. Это значит, что половых различий на самом деле нет, за исключением того, что мужчины обычно большего размера по сравнению с женщинами, таким образом, нет необходимости учитывать эффект половых гормонов на развитие пальцев, чтобы объяснить различия между мужчинами и женщинами. Являются ли такие утверждения правильными или нет, имеет большое значение, учитывая длительное обсуждение роли 2D:4D индекса как маркера пренатальной андрогенизации и огромного количества работ в этой области [McIntyre, 2006; Malas et al., 2006; Honekopp et al., 2007; Berenbaum et al., 2009; Wu et al., 2017; Gooding, Chambers, 2018], а также в целом для понимания большого массива данных о связи пальцевого индекса с рядом морфологических, физиологических, психологических и поведенческих признаков. Эта точка зрения уже подверглась критике с методологической точки зрения [Forstmeier, 2018], поскольку Л. Лолли и его коллеги анализировали аллометрию и половой диморфизм путем регрессии длины второго пальца 2D (зависимой переменной) по длине четвертого пальца 4D (предиктор), но использованный ими метод наименьших квадратов (OLS) не может адекватным образом учитывать «биологический шум», «естественную вариацию» [Smith, 2009] или «биологическое отклонение» [Shingelton, 2019].

Дж. Мэннинг и Б. Финк [Manning, Fink, 2018] предоставили эмпирические данные, которые как минимум ставят под сомнение утверждение, что пальцевой индекс является сугубо производным аллометрического эффекта. Наши последние данные по трем большим человеческим расам на выборке из 7582 человек (европеиды (n=3043), негроиды (n=2844) и монголоиды (n=1695)) также демонстрируют, что значения 2D:4D индексов и половой диморфизм по этому признаку оставались стабильными на протяжении всего онтогенеза, пол и происхождение были стабильно надежными предикторами пальцевых индексов во всех возрастных группах. Таким образом, соотношение 2D:4D не является простым артефактом аллометрии, более того, в выборках детей и подростков до наступления половой зрелости вклад аллометрии в изменчивость пальцевого индекса и вовсе оказывается проблематичным [Butovskaya et al., 2020 (неопубликованные данные)].

## Пальцевой индекс и популяционные различия

Многочисленные исследования демонстрируют этнические различия пальцевого индекса [Бутовская с соавт., 2015а, 2015б; Бутовская, Мкртчян, 2016; Апалькова с соавт., 2018; Буркова с соавт., 2019; Manning et al., 2004; Manning, 2008; Нцнекорр, Schuster, 2010; Butovskaya et al., 2013а; 2015, 2019; Manning et al., 2014b; Dey, Kapoor, 2016; Rostovtseva et al., 2019]. В большинстве случаев, мужчины имели более низкий индекс 2D:4D, чем женщины из тех же популяций. Исключение составляют данные по яви Папуа-Новой Гвинеи [Marczak et al., 2018] и одной выборки хадза Танзании [Aricella et al., 2016]. Обращает на себя внимание, однако, тот факт, что более представительные по численности выборки по хадза, полученные нами, показывают значимый половой диморфизм в ожидаемом направлении как у детей, так и у взрослых [Бутовская с соавт., 2010, 2015а]. Вместе с тем, степень выраженности половых различий по пальцевому индексу варьирует в разных этнических группах, при этом группы с наименьшими половыми различиями по 2D:4D индексу имеют также и более низкие показатели гендерного неравенства [Manning et al., 2014а]. Исследование Д. Меннинга с соавторами среди поляков показало, что мужчины в Польше имеют более феминизированный индекс по сравнению с немцами (мужчинами и женщинами), а по сравнению с коренными жителями Ямайки и поляки, и немцы имеют более феминизированный средний пальцевой индекс [Manning et al., 2000; Manning, 2002]. Обширное кросс-культурное исследование (255 116 человек) показало, что пальцевой индекс в целом выше у европейцев и монголоидов (исключая китайцев), и ниже у китайцев и африканцев из субсахарной Африки [Manning et al., 2007].

Кросс-культурное исследование среди детей, основанное на довольно большой выборке (798 детей в целом), представило дополнительные доказательства наличия стабильных гендерных различий пальцевого индекса у представителей разных рас – европеоидов, монголоидов и негроидов [Manning et al. 2004]. Позднее этот вывод подтвердили данные, полученные на еще большей выборке подростков из африканских популяций [Oladipo et al., 2009; Butovskaya et al., 2010] и на российской выборке [Butovskaya et al., 2013а] – пальцевой индекс был значительно ниже у мальчиков по сравнению с девочками, и эти различия не коррелировали с возрастом.

Более того, в одном исследовании указывалось, что 2D:4D индекс на правой руке может сильно различаться не только в зависимости от этнической принадлежности, но и от географической

широты местности проживания. В более северных районах европейское население имеет более низкие значения пальцевого индекса [Manning et al., 2004]. Данные, полученные на российской выборке, также учитывали помимо этнического фактора и региональные различия в вариациях пальцевого индекса в пределах одной этнической группы. На большей выборке детей и подростков (1452 ребенка: 709 мальчиков и 743 девочки) в возрасте от 8 до 17 лет из пяти регионов России [Butovskaya et al., 2013а] было показано, что географическая широта является значимым предиктором пальцевого индекса на правой руке у обоих полов, как во всей выборке, так и в выборке, ограниченной только индивидами, указавших свою национальность как русские. Самое высокое значение индекса было найдено в самых северных регионах (Центральная Россия) [Butovskaya et al., 2013а]. Наши данные по танзанийским детям и подросткам из одного региона (район озера Эяси, Северная Танзания) также согласуются с этими результатами – представители разных этнических групп, проживающие в одном регионе, могут существенно отличаться по средним показателям соотношения 2D:4D, в том числе может варьировать и степень половых различий [Butovskaya et al., 2010].

## Пальцевой индекс, маскулинность/фемининность и репродуктивный успех

Большое количество исследований показывают ассоциации между пальцевым индексом и чертами, зависимыми от пола человека. Самые высокие корреляции с 2D:4D индексом обнаружены для спортсменов и лиц с различными нарушениями развития (например, аутизм), а также с некоторыми чертами личности в норме [Manning, Fink, 2018].

Интересны исследования о связи пальцевого индекса с сексуальной ориентацией [Grimbos et al., 2010; Halil et al., 2013; Breedlove, 2017; Skorska, Bogaert, 2017; Salmon, Hehman, 2018; Bogaert, Skorska, 2020]. К сожалению, сравнение данных в этом случае осложняется по причинам методологического характера (авторы этих работ использовали разные способы измерения пальцев: фотокопии, сканы и прямые измерения), и это обстоятельство не дает возможности сделать выводы о наличии общих тенденций [Robinson, Manning, 2000; Williams et al., 2000; Leinung, Wu, 2017]. В одном из исследований мужчины транссексуалы имели более высокий (более фемининный) пальцевой индекс, чем гетеросексуальные мужчины [Schneider et al., 2006], в другом – женщины-транссексуалы имели более низкий пальцевой индекс, чем контрольная группа [Wallien et al., 2008].

Мета-анализ 2010 года показал, что у гомосексуальных женщин среднее значение 2D:4D индекса было ниже, чем у гетеросексуальных женщин, но пальцевой индекс у гомосексуальных мужчин не отличался от такового у гетеросексуальных мужчин [Grimbos et al., 2010]. Солидное интернет-исследование, организованное при поддержке Би-би-си, привело к выводу, что гомо- и гетеросексуальные женщины не различались по пальцевому индексу, но у гомосексуальных мужчин данный показатель имел значительно более высокие значения, чем у гетеросексуальных мужчин [Manning, Fink, 2008].

В ряде работ поднимался вопрос о связи пальцевого индекса родителей с их фертильностью, а также с полом детей. Мужчины с низким 2D:4D индексом являлись более фертильными [Manning et al., 2000; Manning, Fink, 2008; Voracek et al., 2010; Klimek et al., 2014], в то время как женщины с более высоким пальцевым индексом имели более высокий репродуктивный успех [Klimek et al., 2016]. Женщины с более женским 2D:4D индексом так же вступали в брак в более раннем возрасте [Manning, Fink, 2008; Sorokowski et al., 2012] и имели более ранний срок наступления первых месячных [Matchock, 2008; Helle, 2010]. В одном из исследований в Южной Корее анализировалась связь между соотношением индекса 2D:4D у родителей и полом их потомства: лучшим предиктором пола детей был определен пальцевой индекс матери [Kim et al., 2015]. При этом, женщины с более низким показателем 2D:4D индексом имели больше шансов родить мальчиков по сравнению с женщинами с более фемининным соотношением. Турецкие данные продемонстрировали, что инбридинг (родители являлись двоюродными братьями-сестрами) может существенно повышать эмбриональный стресс и способствовать внутриутробной маскулинизации [Ertugrul, Ozener, 2019].

### Пальцевой индекс и черты личности

Исследования связи пальцевого индекса и различных психологических черт личности (например, Большой пятерки черт личности, которая включает в себя экстраверсию, доброжелательность, открытость опыту, добросовестность и нейротизм), склонностью к риску, выбору друзей того же пола, показывают слабые, но значимые связи [Austin et al., 2002; Fink et al., 2004; Lippa, 2006; Manning, Fink, 2011, 2018; Turanovic et al., 2017; Salmon, Nehman, 2018; Butovskaya et al., 2019]. Слабые ассоциации пальцевого индекса с характеристиками личности, противоречивость полученных результатов, прежде всего обусловлены использованием различных протоколов измерения,

то есть методикой измерения [Manning, Fink, 2011, 2018]. Было показано, что непрямые измерения пальцев (фотокопия или сканирование рук), приводят к искажению – четвертый палец длиннее по отношению ко второму [Manning et al., 2005].

Одна из самых ранних работ в этой области продемонстрировала слабую отрицательную связь между 2D:4D индексом и напористостью в выборке из 985 женщин при непосредственных измерениях пальцев рук [Wilson, 1983]. Более поздние исследования, в которых использовались косвенные измерения пальцев, показали отсутствие такой связи [Moore et al., 2005; Voracek, 2009]. Дж. Мэннинг и Б. Финк обнаружили достоверные отрицательные связи между 2D:4D индексом и доминированием с использованием прямых измерений [Manning, Fink, 2008], тогда как в другом исследовании с использованием косвенных измерений такие связи отсутствовали [Putz et al., 2004]. При исследовании взаимосвязи пальцевых индексов с Большой пятеркой черт личности также, при прямых измерениях была обнаружена положительная связь с согласием [Luxen, Buunk, 2005], а при косвенных – отрицательная [Fink et al., 2004]. В исследовании среди 165 шотландских студентов были найдены отрицательная связь между пальцевым индексом и поиском новых ощущений у женщин, а среди 100 британских студентов наблюдалась положительная ассоциация 2D:4D индекса с нейротизмом [Austin et al., 2002]. Однако, при дальнейшем воспроизведении исследования как прямыми измерениями [Luxen, Buunk, 2005], так и косвенными [Manning, Fink, 2008], положительная связь была найдена только для мужчин [Fink et al., 2004]. В работе, исследовавшей связь пальцевых индексов и самооенок по опроснику половых ролей С. Бем среди венгерских студентов, была обнаружена следующая тенденция – фемининный индекс был ассоциирован с более маскулинными самооценками по инструментальности и экспрессивности [Csatho et al., 2003]. Еще в одной работе, проведенной у более чем 2000 участников, анализ не выявил связи между соотношениями 2D:4D индекса у мужчин и гендерными чертами личности, но выявил слабые связи между пальцевым индексом у женщин и профессиональными предпочтениями, связанными с полом [Lippa, 2006]. Из опросника Большой пятерки черт личности, были обнаружены слабая положительная связь между 2D:4D индексом и экстраверсией, и слабая отрицательная связь между 2D:4D индексом и открытостью для нового опыта [Lippa, 2006]. В одной из наших недавних работ среди мужчин-бурят нами была выявлена сильная связь для кооперативности и комбинации «пальцевой индекс – нейротизм» из Большой пятерки черт личности

(для пальцевых индексов на обеих руках): чем выше были значения 2D:4D индекса на фоне низкого нейротизма, тем больше была вероятность того, что человек имел склонность к кооперации [Ростовцева, Бутовская, 2018].

В последние годы проведено несколько обобщающих мета-анализов, анализирующих связь пальцевого индекса и агрессивного поведения [Honekopp, Watson, 2010, 2011; Pratt et al., 2016; Turanovic et al., 2017; Warrington et al., 2018]. Эти работы вызвали бурное обсуждение и критику среди специалистов по нескольким причинам. Во-первых, авторы свели воедино данные по всем видам агрессии, включая физическую (типична для мужского пола) и вербальную (слабый половой диморфизм). Во-вторых, в анализе, наряду с репрезентативными выборками, использовались данные с малой численностью. В-третьих, в единую выборку объединяли данные, полученные разными методами (непосредственные измерения пальцев или сканированные изображения), а также измерения, проведенные неспециалистами [Ellis, Hoskin, 2018; Fink, Manning, Trivers, 2018; Butovskaya et al., 2019]. Как было показано выше, данные с использованием прямых и косвенных измерения зачастую противоречивы.

Полученные данные о связи между 2D:4D индексом и поведенческими чертами (в особенности, с риском, агрессией и доминированием) показывают, что наиболее значимо она проявляется в контексте, связанном с конкуренцией, состязаниями за какие-либо ресурсы, социальный статус и безопасность [Kilduff et al., 2013a, b; Misiak et al., 2019; Munoz-Reyes et al., 2020], и лучше выявляется в экспериментальных исследованиях, нежели в анализе, опирающемся на самооценку респондентов [Branas-Garza et al., 2018]. Было показано, что пальцевый индекс служит предиктором влияния агрессивного стимула на экспрессию агрессии. Повышение уровня тестостерона в ситуации вызова (провокации) ассоциируется с отрицательной корреляцией между пальцевым индексом и агрессией [Kilduff et al., 2013a, 2013b]. Отрицательные связи между соотношением 2D:4D и гормональным ответом (соотношения тестостерон/кортизол и эстрадиол/кортизол) на какой-либо стимул были обнаружены у мужчин, но не у женщин. Эти данные позволяют предположить, что гормональные реакции мужчин на стимульную ситуацию могут быть запрограммированы пренатальными уровнями тестостерона и эстрадиола [Crewther et al., 2015].

Наше исследование, проведенное среди двух профессиональных групп высокорисковых мужчин (военных из отряда специального назначения и спортсменов-экстремалов) показало, что данные

группы отличались от контроля более низкими пальцевыми индексами и лучше контролировали гнев и враждебность [Апалькова с соавт., 2018]. Мужчины-парашютисты имели достоверно более маскулинный пальцевый индекс, была обнаружена достоверная положительная корреляция между пальцевым индексом на правой руке и открытостью опыту [Бутовская с соавт., 2017].

Исследования взаимосвязи пальцевого индекса и кооперации показывают, что максимум кооперативности демонстрируют индивиды со средними значениями пальцевого индекса [Ростовцева, Бутовская, 2017; Millet, Dewitte, 2006; Sanchez-Pages, Turiegano, 2010; Galizzi, Nieboer, 2015]. Однако, при исследовании в экспериментальных играх (групповых и парных) с использованием игры «Дилемма заключенного» [Prisoner's Dilemma], которая широко используется при изучении кооперативного поведения человека, было показано, что пары, в которых один из участников имел более фемининное соотношение 2D:4D, чаще достигали взаимной кооперации. В то же время, присутствие в паре двоих таких мужчин не оказывало положительного влияния на кооперативность пары. Этот эффект был выявлен для пальцев как правой, так и левой рук [Ростовцева, Бутовская, 2018]. Аналогичный результат был неоднократно получен в других независимых исследованиях [Buser, 2012; Cecchi, Duchoslav, 2015]. Ни одно исследование не сообщает об отрицательной связи склонности к кооперации со значениями 2D:4D [Ростовцева, Бутовская, 2018]. Обращает на себя внимание тот факт, что мужчины с выраженным маскулинным комплексом, включающим высокую степень пренатальной андрогенизации (низкие значения 2D:4D), не склонны к кооперативному поведению. В нашем исследовании, результаты которого описаны в другой работе [Rostovtseva et al., 2019] также была выявлена положительная линейная связь между значениями пальцевых индексов мужчин и кооперативностью по опроснику самооценки (NEO), что согласуется с выводами других авторов [Luxen, Vuunk, 2005].

### Пальцевый индекс и профессиональная ориентация

Согласно теории социальных ролей, 2D:4D индекс и другие зависимые от тестостерона признаки связаны с разделением труда между мужчинами и женщинами. Было выдвинуто предположение, что люди с низким индексом 2D:4D имеют более высокую потребность в достижениях и поэтому ищут, как в своих хобби, так и в работе, конкретные области, где они обладают способностями, необходимыми

для достижения успеха [Tektaş et al., 2019]. Однако проведенные исследования сообщают о непрямолинейной взаимосвязи, которая обнаружена, например, для академической [Nye et al., 2012] и математической успеваемости [Sanches et al., 2014]. В исследовании среди студентов медицинского факультета в Германии была также обнаружена нелинейная связь между пальцевым индексом на правой руке и успехами в учебе у женщин [Tektaş et al., 2019]. Однако значение этих связей было слабым.

Интернет-исследование, проведенное при поддержке Би-би-си (Британской вещательной корпорации), показало, доля женщин в разных профессиях модерируется двумя морфологическими коррелятами тестостерона (пальцевой индекс и рост) и общим баллом системной эмпатии (стремление к анализу и построению социальных систем в сумме с сопереживанием как способностью человека понимать мысли и чувства других) [Manning et al., 2010]. Высокие женщины с низким 2D:4D индексом и высоким баллом системной эмпатии встречались в профессиях, где преобладали мужчины. Низкий (маскулинный) пальцевой индекс был связан с предпочтениями гетеросексуальных мужчин и женщин в «мужских» профессиях, таких как автомеханик, строитель и плотник, то есть пренатально маскулинизированных женщин привлекали занятия «мужского типа» [Manning et al., 2010]. Гендерное неравенство отчетливо присутствует в экономической и социально-политической сферах [Manning et al., 2014a, 2014b].

Спортсмены также отличаются набором более маскулинных черт и представляют собой один из адаптивных морфо-психологических типов, связанных с уровнем тестостерона у мужчин [Бутовская с соавт., 2010; Бутовская, Бужилова, 2016; Arazi et al., 2018]. К таким чертам необходимо добавлять и низкий пальцевой индекс, который зафиксирован во многих исследованиях среди спортсменов [Бутовская с соавт., 2017; Ribeiro et al., 2016; Gallup, Fink, 2018]. Значимые отрицательные корреляции низкого пальцевого индекса и высоких достижений в спорте были обнаружены у профессиональных футболистов, в беге, катании на лыжах, серфинге, регби, гребле, баскетболе и борьбе сумо, а также в целом для измерения физической формы и силы [Manning, Taylor, 2001; Manning et al., 2010; Honekopp, Schuster, 2010; Longman et al., 2011; Kilduff et al., 2013a, 2013b; Butovskaya et al., 2017; Kozieli et al., 2018; Acar, Tutkun, 2019]. Некоторые исследователи говорят о пренатальном программировании спортивных достижений, что связано с экстрагенитальным эффектом пренатального тестостерона. В частности, тестостерон участвует в формировании комплекса психологических и морфофизиологических характеристик, способ-

ствующих спортивным достижениям – формирование более эффективно функционирующей сердечно-сосудистой системы, лучшей пространственной ориентации, большей выносливости и скорости передвижения, развития мышечной массы у мужчин [Бутовская с соавт., 2017; Fink et al., 2006].

## Пальцевой индекс и здоровье

Исследования в области взаимосвязи пальцевого индекса и различных заболеваний показывают, что данный маркер может иметь определенную ценность для диагностики и прогнозирования при ряде заболеваний и онтогенетических расстройств. Уже получены данные о связи пальцевого индекса с ожидаемой продолжительностью жизни, депрессией и уровнем суицида [Bailey, Hurd, 2005; Smedley et al., 2014; Lenz, Kornhuber, 2018], дезингибирующей составляющей поиска новых ощущений [Voracek et al., 2010], показателями объективности эмпатического восприятия [Nitschke, Bartz, 2020].

Аутизм является серьезным нарушением развития, которое сильно зависит от пола (соотношение между мужчинами и женщинами по встречаемости этого заболевания составляет 4:1). Одна из теорий предполагает, что аутизм может быть результатом влияния высоких уровней пренатального тестостерона согласно «экстремальной теории мужского мозга». Исследование связи пальцевого индекса и аутизма у 72 детей показало, что аутисты имеют более низкий 2D:4D индекс по сравнению с контролем [Manning et al. 2001, 2018]. Более поздние работы подтвердили эти данные [Honekopp, 2012; Teatero, Netley, 2013].

В ряде работ показаны связи пальцевого индекса с расстройствами поведения у детей [Eichler et al., 2018], расстройствами пищевого поведения [Kothari et al., 2014], с риском ишемической болезни сердца [Neelambikai, Sowmya, 2015], различными видами рака [Mendes et al., 2016a, 2016b], эндокринологическими заболеваниями [Honekopp, Watson, 2010; Oswiecimska et al., 2012] и заболеваниями сердца [Manning et al., 2003; Wu et al., 2017; Manning, Fink, Trivers, 2018], остеоартритом [Ferraro et al., 2010], алкогольной и никотиновой зависимостями [Manning, Fink, 2011], психическими [Qian et al., 2016; Manning, Fink 2018] и даже паразитарными заболеваниями [Manning, Fink, 2011] и другими болезнями.



## Заключение

Пальцевой индекс находится в центре пристального внимания специалистов разных областей науки, прежде всего, антропологов и эволюционных психологов. Этот интерес не случаен, и объясняется возможностью использовать 2D:4D индекс в качестве маркера пренатальной андрогенизации. Пальцевой индекс достоверно ниже у мужчин по сравнению с женщинами в пределах одной популяции, и заметно варьирует между популяциями. Противники использования пальцевого индекса выступили с заявлением о том, что этот показатель является проявлением аллометрических процессов и не связан с половым диморфизмом. Однако, данные других авторов, в том числе и наши собственные, опровергают эту точку зрения. Пальцевой индекс у детей и подростков не зависит от абсолютной длины второго и четвертого пальцев, но при этом достоверно различается у лиц мужского и женского пола (ниже у мужчин). Он остается в дальнейшем относительно стабильным на протяжении всей жизни. Данные генетики свидетельствуют о наследуемости значений пальцевого индекса. В последние годы существенно расширен список генов-кандидатов, потенциально влияющих на формирование фаланг второго и четвертого пальцев в эмбриогенезе и соотношение ростовых процессов между пальцами. Наряду с геном рецепторов андрогенов (*AR*), внимание уделено генам, связанным с развитием гонад и половой дифференциацией (*SMOC1*), и работой ферментов, преобразующих андрогены в эстрогены естественным путем (*LIN28B* и *CYP19A1*). Есть все основания полагать, что список этот в дальнейшем будет существенно расширен. Вместе с тем, ожидать, что будет найден ген, с вкладом более 1% в изучаемый признак, не приходится. Очевидно, что речь идет о комплексном полигенном наследовании. Растет количество публикаций, рассматривающих ассоциативные связи между пальцевым индексом и уровнем мужских и женских половых гормонов в организме, формой лица и пропорциями тела. Особо следует выделить работы, направленные на анализ ассоциаций пальцевого индекса с репродуктивным успехом, и соотношением мужского и женского потомства у матери, с контролем по возрасту и популяционной принадлежности. Обращаем внимание на тот факт, что в этом контексте прогностическая ценность пальцевого индекса действительно высока, а в основе интерпретации такой ассоциации лежат гипотезы полового отбора. В настоящее время, пальцевой индекс активно тестируется в качестве маркера в медицинских исследованиях, связанных с репродуктивной сферой и эндокринными нарушениями, и получен-

ные результаты выглядят весьма обнадеживающе. Значительный блок публикаций посвящен взаимосвязи между пальцевым индексом и чертами личности. Как правило, речь в таких работах идет о предрасположенности к агрессии, доминированию, насилию, склонности к риску, нейротизму, устойчивости к стрессу, а также об особенностях пространственной ориентации. То есть, психологических признаках, так или иначе, ассоциированных с маскулинностью. Хотя накопленные данные несут несколько противоречивый характер, в генеральной перспективе искомые связи отчетливо прослеживаются. Это обстоятельство возвращает нас к дискуссии о потенциальной возможности использовать пальцевой индекс в качестве маркера пренатальной андрогенизации. Целый блок исследований связан со спортивной антропологией и оптимизацией подбора кадров для профессий, сопряженных с работой в условиях высокого риска и постоянного стресса. В этих прикладных областях пальцевой индекс устойчиво показывает себя как надежный маркер успешности в спорте, обладающий высокой прогностической ценностью, равно как и маркер устойчивости к разным видам физического и психологического стресса. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что целый ряд ассоциаций между пальцевым индексом и психологическими характеристиками проявляется лишь в пределах мужской выборки. Можно предложить, как минимум, два общих объяснения этого феномена: специфика полового отбора (акцент на отбор конкурентоспособных и психически устойчивых мужчин в течении всей истории человечества, и развитие внутригруппового парохизма), социальная желательность и культурные нормы (социализация, ориентированная на формирование разных гендерных стереотипов в человеческих обществах).

По-видимому, пальцевой индекс, все же отражает уровень полового диморфизма в конкретной популяции, и может применяться в ряду других признаков, дифференцирующих в пределах достаточно репрезентативной по размерам (в идеале, не менее 250 половозрелых испытуемых), и гомогенной по происхождению, выборки представителей мужского и женского пола. Подводя итоги, хотелось так же подчеркнуть, что весь пул накопившихся к настоящему моменту данных свидетельствует о том, что пальцевой индекс обозначает, скорее, общее направление пренатальной андрогенизации, нежели служит абсолютным маркером. Использование этого показателя расширяет исследовательские возможности в работах, анализирующих различные аспекты проявления полового диморфизма и его связь с особенностями поведения и жизненными стратегиями мужчин и женщин. Не следует видеть в нем «золотой ключик», позволяющий решить все спор-

ные вопросы биосоциальной эволюции человека, связанные с действием полового отбора.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-19-50131.

Funding: The reported study was funded by RFBR, project number 19-19-50131.

### Библиография

Апалькова Ю.И., Бронникова Н.К., Бутовская М.Л. Устойчивые сочетания морфо-функциональных и личностных характеристик у мужчин высокорисковых профессий // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2018. № 4. С. 67–76. DOI: 10.32521/2074-8132.2018.4.067-076.

Буркова В.Н., Бутовская М.Л., Дронова Д.А., Апалькова Ю.И. Эмпатия, тревожность и агрессия у московских студентов // Этнографическое обозрение, 2019. № 5. С. 169–188. DOI: 0.31857/S086954150007385-3.

Бутовская М.Л., Апалькова Ю.И., Феденок Ю.Н. 2D:4D, самооценки по агрессии, склонности к риску и чертам личности у парашютистов // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2017. № 2. С. 54–60.

Бутовская М.Л., Бужилова А.П. Морфо-психологические комплексы как эволюционно стабильные стратегии человека в прошлом и настоящем // Труды Отделения историко-филологических наук РАН, 2016. С. 94–117.

Бутовская М.Л., Буркова В.Н., Феденок Ю.Н. Пальцевой индекс как индикатор пренатальной андрогенизации и его связь с морфологическими и поведенческими характеристиками у человека // Этнографическое обозрение, 2015а. №2. С. 99–116.

Бутовская М.Л., Веселовская Е.В., Постникова Е.А. Симметричность лица и выраженность полового диморфизма в его пропорциях у исанзу, традиционных земледельцев восточной Африки // Экспериментальная психология, 2015б. Т. 8. №. 4. С. 77–90.

Бутовская М.Л., Веселовская Е.В., Прудникова А.С. Модели био-социальной адаптации человека и их реализация в условиях индустриального общества // Археология, этнография и антропология Евразии, 2010. № 4 (44). С. 143–154.

Бутовская М.Л., Мкртчян Р.А. Пальцевой индекс и черты личности у армянских студентов: половые различия // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология, 2016. № 1. С. 76–85.

Волоцкой М.В. Антропометрическое исследование рук рабочих для разработки стандартов технических резиновых перчаток // Антропологический журнал, 1932. № 1. С. 74–95.

Ростовцева В.В., Бутовская М.Л. Биосоциальные механизмы кооперативного поведения мужчин (на примере русских и бурят) // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология, 2017. № 4. С. 107–118.

Ростовцева В.В., Бутовская М.Л. Социальное доминирование, агрессия и пальцевой индекс (2D:4D) в кооперативном поведении молодых мужчин // Вопросы психологии, 2018. № 4. С. 65–80.

### Сведения об авторах

Бутовская Марина Львовна; Член-корр. РАН, проф., д.и.н.,  
ORCID ID: 0000-0002-5528-0519; marina.butovskaya@gmail.com  
Буркова Валентина Николаевна; к.и.н.,  
ORCID ID: 0000-0003-4777-0224; burkovav@gmail.com

Поступила в редакцию 03.04.2020,  
принята к публикации 17.04.2020.

Butovskaya M.L.<sup>1,2,3</sup>), Burkova V.N.<sup>1,2</sup>)

<sup>1</sup>) Institute of Ethnology and Anthropology, Russian Academy of Sciences, Leninsky pr-t, 32A, Moscow, 119334, Russia;

<sup>2</sup>) National Research University Higher School of Economics, Myasnitskaya 20, Moscow, 101000, Russia;

<sup>3</sup>) Russian State University for the Humanities, Miusskaya sq, 6, build. 2, Moscow, 125047, Russia

## 2D:4D RATIO AS MARKER OF PRENATAL ANDROGENIZATION AND ITS PREDICTOR VALIDITY FOR ANTHROPOLOGISTS AND EVOLUTIONARY PSYCHOLOGISTS: “PRO” AND “CONTRA”

*The digit ratio [the ratio of the second to the fourth finger on the hand] is in the center of attention of specialists in various fields of science, primarily anthropology and evolutionary psychology. This interest is not accidental, and is explained by the possibility to apply the 2D: 4D index as a marker of prenatal androgenization. The reason for such a high interest in the 2D:4D as an indicator is primarily rooted in its non-invasiveness as a method and the high replicability of the results.*

**Results.** *The digit ratio is significantly lower in men compared to women within the same population, and varies markedly between populations. More and more data are accumulating on the relationship of the 2D:4D with personality traits associated with masculinity, and the ratio of male and female sex hormones, reproductive success, the ratio of male and female offspring in women, professional orientation and susceptibility to various diseases. Genetic data indicate the inheritance of the values of the digit ratio and the presence of a complex of genes associated with the development of the second and fourth fingers in embryogenesis.*

**Conclusions.** Apparently, the discussion about the applicability of the 2D:4D ratio to test the “organizational hypothesis” of prenatal androgenization will continue. However, with all obviousness, this indicator should not be considered as an absolute marker of prenatal androgenization, but rather as one of the indicators of sexual dimorphism long with a number of other traits that differentiate within the population of males and females. The proposed review analyzes the main findings on the topic over the past 20 years, identifies the problems that have arisen and suggests possible directions to solve them.

**Keywords:** digit ratio, 2D:4D, sexual dimorphism, prenatal androgenization, femininity, masculinity, personality traits

## References

- Apal'kova Yu.I., Bronnikova N.K., Butovskaya M.L. Ustoichivye sochetaniya morfo-funktional'nykh i lichnostnykh kharakteristik u muzhchin vysokoriskovykh professii [Sustainable combinations of morpho-functional and personality traits of men engaged in high-risk professions]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series XXIII. Anthropologiya], 2018, 4, pp. 67–76. (In Russ.). DOI: 10.32521/2074-8132.2018.4.067-076.
- Burkova V.N., Butovskaya M.L., Dronova D.A., Apal'kova Yu.I. Empatiya, trevozhnost' i agressiya u moskovskikh studentov [Empathy, Anxiety, and Aggression among Moscow Students]. *Etnograficheskoe obozrenie* [Ethnographic review], 2019, 5, pp. 169–188. (In Russ.). DOI: 0.31857/S086954150007385-3.
- Butovskaya M.L., Apal'kova Yu.I., Fedenok Yu.N. 2D:4D, samootsenki po agressii, sklonnosti k risku i chertam lichnosti u parashyutistov [2D:4D, self-rated aggression, risk taking and personality traits in parachutists]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series XXIII. Anthropologiya], 2017, 2, pp. 54–60. (In Russ.).
- Butovskaya M.L., Buzhilova A.P. Morfo-psikhologicheskie komplekсы kak evolyutsionno stabil'nye strategii cheloveka v proshlom i nastoyashchem [Morphological and psychological complexes as evolutionarily stable human strategies in the past and present]. *Trudy Otdeleniya istoriko-filologicheskikh nauk RAN* [Proceedings of the Department of Historical and Philological Sciences of the RAS], 2016, pp. 94–117. (In Russ.).
- Butovskaya M.L., Burkova V.N., Fedenok Yu.N. Pal'tsevoi indeks kak indikator prenatal'noi androgenizatsii i ego svyaz' s morfologicheskimi i povedencheskimi kharakteristikami u cheloveka [Digit Ratio as an Indicator of Prenatal Androgenization and Its Relation to Morphological and Behavioral Traits in Humans]. *Etnograficheskoe obozrenie* [Ethnographic review], 2015a, 2, pp. 99–116. (In Russ.).
- Butovskaya M.L., Veselovskaya E.V., Postnikova E.A. Simmetrichnost' litsa i vyrazhennost' polovogo dimorfizma v ego proporsiyakh u isanzu, traditsionnykh zemledel'tsev vostochnoi Afriki [Face symmetry and expression of sexual dimorphism in Isanzu, traditional agriculturist of East Africa]. *Ekspierimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology], 2015b, 8 (4), pp. 77–90. (In Russ.).
- Butovskaya M.L., Veselovskaya E.V., Prudnikova A.S. Modeli biosotsial'noi adaptatsii cheloveka i ikh realizatsiya v usloviyakh industrial'nogo obshchestva [Models of human bio-social adaptation and their implementation in an industrial society]. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii* [Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia], 2010, 4 (44), pp. 143–154. (In Russ.).
- Butovskaya M.L., Mkrtchyan R.A. Pal'tsevoi indeks i cherty lichnosti u armyanskikh studentov: polovye razlichiya [2D:4D and personality features in armenian students: gender differences]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series XXIII. Anthropologiya], 2016, 1, pp. 76–85. (In Russ.).
- Volotskoi M.V. Antropometricheskoe issledovanie ruk rabochikh dlya razrabotki standartov tekhnicheskikh rezinovykh perchatok [Anthropometric study of the hands of workers to develop standards for technical rubber gloves]. *Antropologicheskii zhurnal* [Anthropological journal], 1932, 1, pp. 74–95. (In Russ.).
- Rostovtseva V.V., Butovskaya M.L. Biosotsial'nye mekhanizmy kooperativnogo povedeniya muzhchin (na primere russkikh i buryat) [Biosocial mechanisms of cooperativeness in men (study in buryats and Russians)]. *Moscow University Anthropology Bulletin* [Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series XXIII. Anthropologiya], 2017, 4, pp. 107–118. (In Russ.).
- Rostovtseva V.V., Butovskaya M.L. Sotsial'noe dominirovanie, agressiya i pal'tsevoi indeks (2D:4D) v kooperativnom povedenii molodykh muzhchin [Social dominance, aggression and finger ratio (2D:4D) in the cooperative behavior of young men]. *Voprosy psikhologii* [Voprosy Psichologii], 2018, 4, pp. 65–80. (In Russ.).
- Acar H., Tutkun E. Analysis of the 2D: 4D ratios of national and amateur football players. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 2019, 8 (10), pp. 132–137. DOI: 10.30472/ijaep.v8i1.326.
- Almasry S.M., El Domiaty M.A., Algaidi S.A., Elbastawisy Y.M., Safwat M.D. Index to ring digit ratio in Saudi Arabia at Almadinah Almonawarah province: a direct and indirect measurement study. *Journal of Anatomy*, 2011, 218 (2), pp. 202–208. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2010.01318.x.
- Apicella C.L., Tobolsky V.A., Marlowe F.W., Miller K.W. Hadza hunter gatherer men do not have more masculine digit ratios (2D:4D). *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2016, 159 (2), pp. 223–232. DOI: 10.1002/ajpa.22864.
- Arazi H., Rashidlamir A., Abolhasani M.Z., Hosaini S.A. Profiling and predicting performance of indoor rock climbers. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 2018, 20 (1), pp. 82–94. DOI: 10.5007/1980-0037.2018v20n1p82.
- Arnold A.P., Breedlove S.M. Organizational and activational effects of sex steroids on brain and behavior: a reanalysis. *Horm. Behav.*, 1985, 19 (4), pp. 469–498. DOI: 10.1016/0018-506X(85)90042-X.
- Austin E.J., Manning J.T., McInroy K., Mathews E. A pre-liminary investigation of the associations between personality, cognitive ability and digit ratio. *Pers. Individ. Dif.*, 2002, 33, pp. 1115–1124. DOI: 10.1016/S0191-8869(02)00002-8.
- Bailey A.A., Hurd P.L. Depression in men is associated with more feminine finger length ratios. *Pers. Individ. Dif.*, 2005, 39 (4), pp. 829–836. DOI: 10.1016/j.paid.2004.12.017.
- Baker F. Anthropological notes on the human hand. *American Anthropologist*, 1888, 1, pp. 51–75.
- Barut C., Tan b., Dogan A. Association of height and weight with second to fourth digit ratio [2D: 4D] and sex differences. *Perceptual and Motor Skills*, 2008, 106 (2), pp. 627–632. DOI:10.2466/pms.106.2.627-632.
- Beking T., Geuze R.H., Van Faassen M., Kema I.P., Kreukels B.P.C., et al. Prenatal and pubertal testosterone affect brain lateralization. *Psychoneuroendocrinology*, 2018, 88, pp. 78–91. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2017.10.027.
- Berenbaum S.A., Korman Bryk K., Nowak N., Quigley C.A., Moffat S. Fingers as a Marker of Prenatal Androgen Exposure. *Endocrinology*, 2009, 150 (11), pp. 5119–5124. DOI: 10.1210/en.2009-0774.
- Bogaert A.F., Skorska M.N. A short review of biological research on the development of sexual orientation. *Horm. Behav.*, 2020, 119, pp. 104659. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2019.104659.

- Branas Garza P., Galizzi M.M., Nieboer J. Experimental and self reported measures of risk taking and digit ratio (2d:4d): evidence from a large, systematic study. *International Economic Review*, 2018, 59 (3), pp. 1131–1157. DOI: 10.1111/ieere.12299.
- Breedlove S.M. Prenatal influences on human sexual orientation: Expectations versus data. *Archives of sexual behavior*, 2017, 46 (6), pp. 1583–1592. DOI: 10.1007/s10508-016-0904-2.
- Buser T. Digit ratios, the menstrual cycle and social preferences. *Games and Econom. Behav.*, 2012, 76 (2), pp. 457–470.
- Butovskaya M., Burkova V., Karelin D., Filatova V. The association between 2D:4D ratio and aggression in children and adolescents: cross-cultural and gender differences. *Early Hum. Dev.*, 2019, 137, pp. 104823. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2019.07.006.
- Butovskaya M., Burkova V., Karelin D., Fink B. Digit ratio [2D: 4D], aggression, and dominance in the Hadza and the Datoga of Tanzania. *Am. J. Hum. Biol.*, 2015, 27 (5), pp. 620–627. DOI: 10.1002/ajhb.22718.
- Butovskaya M., Fedenok J., Burkova V., Manning J. Sex differences in 2D:4D and aggression in children and adolescents from five regions of Russia. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2013a, 152 (1), pp. 130–139. DOI: 10.1002/ajpa.22337.
- Butovskaya M.L., Burkova V., Mabulla A. Sex differences in 2D:4D ratio, aggression and conflict resolution in African children and adolescents: a cross-cultural study. *J. Aggress. Confl. Peace Res.*, 2010, 2 (1), pp. 17–31.
- Butovskaya M.L., Vasilyev V.A., Lazebny O.E., Burkova V.N., Kulikov A.M. et al. Aggression, digit ratio, and variation in the androgen receptor, serotonin transporter, and dopamine D4 receptor genes in African foragers: the Hadza. *Behavior genetics*, 2012, 42 (4), pp. 647–662. DOI: 10.1007/s10519-012-9533-2.
- Butovskaya M.L., Vasilyev V.A., Lazebny O.E., Suchodolskaya E.M., Shibalev D.V. et al. Aggression and polymorphisms in AR, DAT1, DRD2, and COMT genes in Datoga pastoralists of Tanzania. *Sci. Rep.*, 2013b, 3, pp. 3148. DOI: 10.1038/srep03148.
- Coleman I.M., Kiefer J.A., Brown L.G., Pitts T.E., Nelson P.S. et al. Inhibition of androgen-independent prostate cancer by estrogenic compounds is associated with increased expression of immune-related genes. *Neoplasia*, 2006, 8 (10), pp. 862. DOI: 10.1593/neo.06328.
- Crewther B., Cook C., Kilduff L., Manning J. Digit ratio [2D: 4D] and salivary testosterone, oestradiol and cortisol levels under challenge: Evidence for prenatal effects on adult endocrine responses. *Early Hum. Dev.*, 2015, 91 (8), pp. 451–456. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2015.04.011.
- Csatho A., Osvath A., Bicsak E., Kara di K., Manning J. et al. Sex role identity related to the ratio of second to fourth digit in women. *Biol. Psychol.*, 2003, 62, pp. 147–156. DOI: 10.1016/S0301-0511(02)00127-8.
- Cecchi F., Duchoslav J. Prenatal Stress and Cooperation: Evidence from a Public Goods Game in Post-Conflict Uganda. Working paper, 2015, pp. 1-28. Available at: [http://cega.berkeley.edu/assets/miscellaneous\\_files/Cecchi\\_Prenatal\\_Stress\\_and\\_Cooperation\\_WGAPE.pdf](http://cega.berkeley.edu/assets/miscellaneous_files/Cecchi_Prenatal_Stress_and_Cooperation_WGAPE.pdf) (accessed – 02.04.2020).
- Danborno B., Adebisi S.S., Adelaiye A.B., Ojo S.A. Relationship between digit ratio [2D: 4D] and birth weight in Nigerians. *The Anthropologist*, 2010, 12 (2), pp. 127–130. DOI: 10.1080/09720073.2010.11891142.
- Danborno B., Adebisi S.S., Adelaiye A.B., Ojo S.A. Sexual dimorphism and relationship between chest, hip and waist circumference with 2D, 4D and 2D:4D in Nigerians. *The Internet Journal of Biological Anthropology*, 2008, 1 (2).
- Dey S., Kapoor A.K. Digit ratio (2D:4D) – A forensic marker for sexual dimorphism in North Indian population. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 2016, 6 (4), pp. 422–428. DOI: 10.1016/j.ejfs.2016.09.003.
- Ecker A. Einige Bemerkungen über einen Schwankenden Charakter in den Hand des Menschen. *Archiv für Anthropologie*, 1875, 8, pp. 68–74.
- Eichler A., Heinrich H., Moll G.H., Beckmann M.W., Goecke T.W. et al. Digit ratio (2D:4D) and behavioral symptoms in primary-school aged boys. *Early Hum. Dev.*, 2018, 119, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2018.02.012.
- Ellis L., Hoskin A.W. Status of the prenatal androgen hypothesis after two meta-analyses reported little support: A commentary. *Aggress. Violent Behav.*, 2018, 42, pp. 29–34. DOI: 10.1016/j.avb.2018.06.005.
- Ertugrul B., Ozener B. Relationship between parental consanguinity and digit ratios [2D: 4D] among Turkish newborns in Sivas. *Am. J. Hum. Biol.*, 2019, pp. 1–7. DOI: 10.1002/ajhb.23369.
- Ferraro B., Wilder F.V., Leaverton P.E. Site specific osteoarthritis and the index to ring finger length ratio. *Osteoarthritis and cartilage*, 2010, 18 (3), pp. 354–357. DOI: 10.1016/j.joca.2009.11.001.
- Fink B., Manning J.T., Neave N., Tan U. Second to fourth digit ratio and hand skill in Austrian children. *Biol. Psychol.*, 2004, 7 (3), pp. 375–384. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.012.
- Fink B., Neave N., Manning J.T. Second to fourth digit ratio, body mass index, waist-to-hip ratio, and waist-to-chest ratio: their relationships in heterosexual men and women. *Ann. Hum. Biol.*, 2003, 30 (6), pp. 728–738. DOI: 10.1080/03014460310001620153.
- Fink B., Thanzami V., Seydel H., Manning J.T. Digit ratio (2D:4D) and hand grip strength in German and Mizos men: Cross-cultural evidence for an organising effect of prenatal testosterone on strength. *Am. J. Hum. Biol.*, 2006, 18, pp. 776–782.
- Forstmeier W. Avoiding misinterpretation of regression lines in allometry: is sexual dimorphism in digit ratio spurious? *BioRxiv*, 2018, pp. 298786. DOI: 10.1101/298786.
- Galis F., Ten Broek C.M., Van Dongen S., Wijnaendts L.C. Sexual dimorphism in the prenatal digit ratio (2D:4D). *Arch. Sex Behav.*, 2010, 39 (1), pp. 57–62. DOI: 10.1007/s10508-009-9485-7.
- Galizzi M.M., Nieboer J. Digit ratio (2D:4D) and altruism: evidence from a large, multi-ethnic sample. *Frontiers in Behave. Neurosci.*, 2015, 9, p. 41.
- Gallup A.C., Fink B. Handgrip strength as a Darwinian fitness indicator in men. *Front. Psychol.*, 2018, 9, pp. 439. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00439.
- George R. Human finger types. *Anatomical Record*, 1930, 46, pp. 199–204.
- Gobrogge K.L., Breedlove S.M., Klump K.L. Genetic and environmental influences on 2D: 4D finger length ratios: A study of monozygotic and dizygotic male and female twins. *Arch. Sex Behav.*, 2008, 37 (1), pp. 112–118. DOI: 10.1007/s10508-007-9272-2.
- Gooding D.C., Chambers B.H. Age of pubertal onset and 2nd to 4th digit ratios: Preliminary findings. *Early Hum. Dev.*, 2018, 116, pp. 28–32. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2017.10.007.
- Grimbos T., Dawood K., Burriss R.P., Zucker K.J., Puts D.A. Sexual orientation and the second to fourth finger length ratio: a meta-analysis in men and women. *Behav. Neurosci.*, 2010, 124 (2), p. 278. DOI: 10.1037/a0018764.
- Halil M., Gurel E.I., Kuyumcu M.E., Karaismailoglu S., Yesil Y. et al. Digit (2D:4D) ratio is associated with muscle mass (MM) and strength (MS) in older adults: Possible effect of in utero androgen exposure. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 2013, 56 (2), pp. 358–363. DOI: 10.1016/j.archger.2012.11.003.
- Hampson E., Sankar J.S. Re-examining the Manning hypothesis: androgen receptor polymorphism and the 2D:4D digit ratio. *Evol. Hum. Behav.*, 2012, 33 (5), pp. 557–561. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2012.02.003.
- Helle S. Does second to fourth digit length ratio (2D:4D) predict age at menarche in women?. *Am. J. Hum. Biol.*, 2010, 22 (3), pp. 418–420. DOI: 10.1002/ajhb.21000.
- Honekopp J. Digit Ratio 2D:4D in Relation to Autism Spectrum Disorders, Empathizing, and Systemizing: A Quantitative Review. *Autism Research*, 2012, 5 (4), pp. 221–230. DOI: 10.1002/aur.1230.
- Honekopp J. No evidence that 2D:4D is related to the number of CAG repeats in the androgen receptor gene. *Front. Endocrinol.*, 2013, 4, p. 185. DOI: 10.3389/fendo.2013.00185.
- Honekopp J., Bartholdt L., Beier L., Liebert A. Second to fourth digit length ratio [2D:4D] and adult sex hormone levels: new data and a meta-analytic review. *Psychoneuroendocrinology*, 2007, 32 (4), pp. 313–321. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2007.01.007.
- Honekopp J., Schuster M. A meta-analysis on 2D:4D and athletic prowess: Substantial relationships but neither hand out-predicts the

- other. *Pers. Individ. Dif.*, 2010, 48 (1), pp. 4–10. DOI: 10.1016/j.paid.2010.05.003.
- Honekopp J., Watson S. Meta analysis of digit ratio 2D:4D shows greater sex difference in the right hand. *Am. J. Hum. Biol.*, 2010, 22 (5), pp. 619–630. DOI: 10.1002/ajhb.21054.
- Honekopp J., Watson S. Meta-analysis of the relationship between digit-ratio 2D: 4D and aggression. *Pers. Individ. Dif.*, 2011, 51 (4), pp. 381–386. DOI: 10.1016/j.paid.2010.05.003.
- Hurd P.L., Vaillancourt K.L., Dinsdale N.L. Aggression, digit ratio and variation in androgen receptor and monoamine oxidase genes in men. *Behav. Genet.*, 2011, 41 (4), pp. 543–556. DOI: 10.1007/s10519-010-9404-7.
- Kalichman L., Batsevich V., Kobyliansky E. Heritability estimation of 2D: 4D finger ratio in a Chuvashian population based sample. *Am. J. Hum. Biol.*, 2019, 31 (2), e23212. DOI: 10.1002/ajhb.23212.
- Khairullin R. Segmental 2:4 digit ratio. Unilateral, bilateral and hand-type differences in men. *HOMO – Journal of Comparative Human Biology*, 2011, 62, pp. 478–486.
- Kilduff L., Cook C.J., Bennett M., Crewther B., Bracken R.M. et al. Right–left digit ratio (2D:4D) predicts free testosterone levels associated with a physical challenge. *Journal of sports sciences*, 2013a, 31 (6), pp. 677–683. DOI: 10.1080/02640414.2012.747690.
- Kilduff L.P., Hopp R.N., Cook C.J., Crewther B.T., Manning J.T. Digit ratio (2D:4D), aggression, and testosterone in men exposed to an aggressive video stimulus. *Evolutionary psychology*, 2013b, 11 (5), 147470491301100502. DOI: 10.1177/147470491301100502.
- Kim T.B., Oh J.K., Kim K.T., Yoon S.J., Kim S.W. Does the mother or father determine the offspring sex ratio? Investigating the relationship between maternal digit ratio and offspring sex ratio. *PLoS one*, 2015, 10 (11). DOI: 10.1371/journal.pone.0143054.
- Klimek M., Galbarczyk A., Nenko I., Alvarado L.C., Jasienska G. Digit ratio (2D:4D) as an indicator of body size, testosterone concentration and number of children in human males. *Ann. Hum. Biol.*, 2014, 41 (6), pp. 518–523. DOI: 10.3109/03014460.2014.902993.
- Klimek M., Galbarczyk A., Nenko I., Jasienska G. Women with more feminine digit ratio (2D:4D) have higher reproductive success. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2016, 160 (3), pp. 549–553. DOI: 10.1002/ajpa.22989.
- Knickmeyer R.C., Woolson S., Hamer R.M., Konneker T., Gilmore J.H. 2D:4D ratios in the first 2 years of life: stability and relation to testosterone exposure and sensitivity. *Horm. Behav.*, 2011, 60 (3), pp. 256–263. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2011.05.009.
- Kothari R., Gafton J., Treasure J., Micali N. 2D:4D Ratio in children at familial high risk for eating disorders: The role of prenatal testosterone exposure. *Am. J. Hum. Biol.*, 2014, 26 (2), pp. 176–182. DOI: 10.1002/ajhb.22495.
- Koziei S., Kociuba M., Chakraborty R., Sitek A., Ignasiak Z. Further evidence of an association between low second-to-fourth digit ratio (2d:4d) and selection for the uniformed services: a study among police personnel in Wroclaw, Poland. *Journal of biosocial science*, 2018, 50 (4), pp. 527–539. DOI: 10.1017/S0021932017000438.
- Kralik M., Ingrova P., Koziei S., Hupkova A., Klima O. Overall trends vs. individual trajectories in the second to fourth digit (2D:4D) and metacarpal (2M:4M) ratios during puberty and adolescence. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2017, 162 (4), pp. 641–656. DOI: 10.1002/ajpa.23153.
- Kratochvil L., Flegr J. Differences in the 2nd to 4th digit length ratio in humans reflect shifts along the common allometric line. *Biology letters*, 2009, 5 (5), pp. 643–646. DOI: 10.1098/rsbl.2009.0346.
- La Spada A.R., Wilson E.M., Lubahn D.B., Harding A.E., Fischbeck K.H. Androgen receptor gene mutations in X-linked spinal and bulbar muscular atrophy. *Nature*, 1991, 352 (6330) p. 77. DOI: 10.1038/352077a0.
- Lawrance-Owen A.J., Bargary G., Bosten J.M., Goodbourn P.T., Hogg R.E., Mollon J.D. Genetic association suggests that SMOC1 mediates between prenatal sex hormones and digit ratio. *Hum. Genet.*, 2013, 132 (4), pp. 415–421. DOI: 10.1007/s00439-012-1259-y.
- Leinung M.D., Wu C. The biologic basis of transgender identity: 2D:4D finger length ratios implicate a role for prenatal androgen activity. *Endocrine Practice*, 2017, 23, pp. 669–671.
- Lenz B., Kornhuber J. Cross-national gender variations of digit ratio [2D: 4D] correlate with life expectancy, suicide rate, and other causes of death. *J. Neural Transm.*, 2018, 125 (2), pp. 239–246. DOI: 10.1007/s00702-017-1815-7.
- Lippa R.A. Finger lengths, 2D:4D ratios, and their relation to gender-related personality traits and the Big Five. *Biol. Psychol.*, 2006, 71 (1), pp. 116–121. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2005.02.004.
- Loehlin J.C., Medland S.E., Martin N.G. Is CAG sequence length in the androgen receptor gene correlated with finger-length ratio? *Pers. Individ. Dif.*, 2012, 52 (2), pp. 224–227. DOI: 10.1016/j.paid.2011.09.009.
- Lolli L., Batterham A.M., Kratochvil L., Flegr J., Weston K.L. et al. A comprehensive allometric analysis of 2nd digit length to 4th digit length in humans. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2017, 284 (1857), 20170356. DOI: 10.1098/rspb.2017.0356.
- Longman D., Stock J.T., Wells J.C.K. Digit ratio (2D:4D) and rowing ergometer performance in males and females. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2011, 144 (3), pp. 337–341. DOI: 10.1002/ajpa.21407.
- Love H.D., Booton S.E., Boone B.E., Breyer J.P., Koyama T. et al. Androgen regulated genes in human prostate xenografts in mice: relation to BPH and prostate cancer. *PLoS One*, 2009, 4 (12). DOI: 10.1371/journal.pone.0008384.
- Luetjens C.M., Weinbauer G.F. Testosterone: biosynthesis, transport, metabolism and [non genomic] actions. *Testosterone: action, deficiency, substitution* (Nieschlag E., Behre H.M. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, 2012, pp. 15–33.
- Lutchmaya S., Baron-Cohen S., Raggatt P., Knickmeyer R., Manning J.T. 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Hum. Dev.*, 2004, 77 (1-2), pp. 23–28. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2003.12.002.
- Luxen M., Buunk B.P. Second-to-fourth digit ratio related to Verbal and Numerical Intelligence and the Big Five. *Pers. Individ. Dif.*, 2005, 39 (5), pp. 959–966.
- Malas M.A., Dogan S., Evcil E.H., Desdicioglu K. Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Hum. Dev.*, 2006, 82 (7), pp. 469–475. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2005.12.002.
- Manning J., Kilduff L., Cook C., Crewther B., Fink B. Digit ratio (2D: 4D): a biomarker for prenatal sex steroids and adult sex steroids in challenge situations. *Front. Endocrinol.*, 2014a, 5, p. 9 DOI: 10.3389/fendo.2014.00009.
- Manning J.T. *Digit Ratio: A Pointer to Fertility, Behavior, and Health*. New Brunswick, Rutgers University Press, 2002. 173 p.
- Manning J.T. *The finger ratio*. London, Faber and Faber. 2008. 184 p.
- Manning J.T., Barley L., Walton J., Lewis-Jones D.I., Trivers R.L. et al. The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success: evidence for sexually antagonistic genes? *Evol. Hum. Behav.*, 2000, 21 (3), pp. 163–183. DOI: 10.1016/S1090-5138[00]00029-5.
- Manning J.T., Baron-Cohen S., Wheelwright S., Fink B. Is digit ratio (2D:4D) related to systemizing and empathizing? Evidence from direct finger measurements reported in the BBC internet survey. *Pers. Individ. Dif.*, 2010, 48 (6), pp. 767–771. DOI: 10.1016/j.paid.2010.01.030.
- Manning J.T., Bundred P.E., Newton D.J., Flanagan B.F. The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evol. Hum. Behav.*, 2003, 24 (6), pp. 399–405. DOI: 10.1016/S1090-5138[03]00052-7.
- Manning J.T., Churchill A.J., Peters M. The effects of sex, ethnicity, and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D:4D). *Arch. Sex Behav.*, 2007, 36, pp. 223–233.
- Manning J.T., Fink B. Digit ratio (2D:4D), dominance, reproductive success, asymmetry, and sociosexuality in the BBC Internet Study. *Am. J. Hum. Biol.*, 2008, 20 (4), pp. 451–461. DOI: 10.1002/ajhb.20767.
- Manning J.T., Fink B. Sexual dimorphism in the ontogeny of second (2D) and fourth (4D) digit lengths, and digit ratio (2D:4D). *Am. J. Hum. Biol.*, 2018, 30 (4), e23138. DOI: 10.1002/ajhb.23138.
- Manning J.T., Fink B., Neave N., Caswell N. Photocopies yield lower digit ratios [2D: 4D] than direct finger measurements. *Arch. Sex Behav.*, 2005, 34 (3), pp. 329–333. DOI: 10.1007/s10508-005-3121-y.

- Manning J.T., Fink B., Trivers R. Digit ratio (2D:4D) and gender inequalities across nations. *Evol. Psychol.*, 2014b, 12, pp.757–768.
- Manning J.T., Fink B., Trivers R. *The biology of human gender*. In: Shackelford T., Weekes-Shackelford V. (eds) Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science. New York, NY, Springer, Cham, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-16999-6\_3827-1.
- Manning J.T., Fink B. Digit ratio (2D:4D) and aggregate personality scores across nations: data from the BBC internet study. *Pers. Individ. Dif.*, 2011, 51 (4), pp. 387–391. DOI: 10.1016/j.paid.2010.05.040.
- Manning J.T., Scutt D., Wilson J., Lewis-Jones D.I. The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, 1998, 13 (11), pp. 3000–3004. DOI: 10.1093/humrep/13.11.3000.
- Manning J.T., Taylor R.P. Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evol. Hum. Behav.*, 2001, 22 (1), pp. 61–69. DOI: 10.1016/S1090-5138[00]00063-5.
- Manning J.T., Wood S., Vang E., Walton J., Bundred P.E. et al. Second to fourth digit ratio (2D:4D) and testosterone in men. *Asian Journal of Andrology*, 2004, 6 (3), pp. 211–216.
- Marczak M., Misiak M., Sorokowska A., Sorokowski P. No sex difference in digit ratios (2D:4D) in the traditional Yali of Papua and its meaning for the previous hypotheses on the inter-population variability in 2D:4D. *Am. J. Hum. Biol.*, 2018, 30 (2), e23078. DOI: 10.1002/ajhb.23078.
- Matchock R.L. Low digit ratio (2D:4D) is associated with delayed menarche. *Am. J. Hum. Biol.*, 2008, 20 (4), pp. 487–489. DOI: 10.1002/ajhb.20763.
- McIntyre M.H. The use of digit ratios as markers for perinatal androgen action. *Reprod. Biol. Endocrinol.*, 2006, 4 (1), p. 10. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-4-10>.
- McIntyre M.H., Li A.Y., Chapman J.F., Lipson S.F., Ellison P.T. Social status, masculinity, and testosterone in young men. *Pers. Individ. Dif.*, 2011, 51 (4), pp. 392–396. DOI: 10.1016/j.paid.2010.03.015.
- Medland S.E., Loehlin J.C. Multivariate genetic analyses of the 2D:4D ratio: examining the effects of hand and measurement technique in data from 757 twin families. *Twin Res. Hum. Genet.*, 2008, 11 (3), pp. 335–341. DOI: 10.1375/twin.11.3.335.
- Medland S.E., Zayats T., Glaser B., Nyholt D.R., Gordon S.D. et al. A variant in LIN28B is associated with 2D:4D finger-length ratio, a putative retrospective biomarker of prenatal testosterone exposure. *Am. J. Hum. Genet.*, 2010, 86 (4), pp. 519–525. DOI: 10.1016/j.ajhg.2010.02.017.
- Mendes P.H., Gomes A.C., Soares P.B., Goncalves E., Macedo C. et al. Digit ratio (2D:4D) is associated with breast cancer. *Int. J. Cancer Ther. Oncol.*, 2016b, 4 (3), p. 438. DOI: 10.14319/ijcto.43.8.
- Mendes P.H.C., Martelli D.R.B., de Melo Costa S., Goncalves E., Macedo C.P. et al. Comparison of digit ratio (2D:4D) between Brazilian men with and without prostate cancer. *Prostate Cancer and Prostatic Diseases*, 2016a, 19 (1), pp. 107–110. DOI: 10.1038/pcan.2015.62.
- Millet K., Dewitte S. Second to fourth digit ratio and cooperative behavior. *Biol. Psychol.*, 2006, 71 (1), pp. 111–115.
- Misiak M., Butovskaya M., Oleszkiewicz A., Sorokowski P. Digit ratio and hand grip strength are associated with male competition outcomes: A study among traditional populations of the Yali and Hadza. *Am. J. Hum. Biol.*, 2019, e23321. DOI: 10.1002/ajhb.23321.
- Moore T., Quinter C., Freeman L.M. Lack of correlation between 2D:4D ratio and assertiveness in college age women. *Pers. Individ. Dif.*, 2005, 39 (1), pp. 115–121. DOI: 10.1016/j.paid.2004.11.021.
- Munoz-Reyes J.A., Polo P., Valenzuela N., Pavez P., Ramirez-Herrera O. et al. The Male Warrior Hypothesis: Testosterone-related Cooperation and Aggression in the Context of Intergroup Conflict. *Sci. Rep.*, 2020, 10 (1), pp. 1–12. DOI: 10.1038/s41598-019-57259-0.
- Neelambikai N., Sowmya M. Relationship between Digit Ratio (2D:4D) and Neck Circumference. *Indian J. Clin. Anat. Physiol.*, 2015, 2 (3), pp. 126–130. DOI: 10.5958/2394-2126.2015.00004.3.
- Nitschke J.P., Bartz J.A. Lower digit ratio and higher endogenous testosterone are associated with lower empathic accuracy. *Horm. Behav.*, 2020, 119, 104648. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2019.104648.
- Nye J.V.C., Androuschak G., Desierto D., Jones G., Yudkevich M. 2D:4D asymmetry and gender differences in academic performance. *PLoS One*, 2012, 7, e46319. DOI: 10.1371/journal.pone.0046319.
- Oladipo G.S., Olotu J.E., Suleiman Y. Anthropometric studies of cephalic indices of the Ogonis in Nigeria. *Asian J Med Sci*, 2009, 1 (2), pp. 15–17.
- Oswiecimska J.M., Ksiazek A., Sygulla K., Pys-Spychala M., Rocznik G.R. et al. Androgens concentrations and second-to-fourth-digit ratio (2D:4D) in girls with congenital adrenal hyperplasia (21-hydroxylase deficiency). *Neuroendocrinology Letters*, 2012, 33 (8), pp. 787–791.
- Paul S.N., Kato B.S., Cherkas L.F., Andrew T., Spector T.D. Heritability of the second to fourth digit ratio [2d:4d]: A twin study. *Twin Res. Hum. Genet.*, 2006, 9 (2), pp. 215–219. DOI: 10.1375/twin.9.2.215.
- Pazin D.E., Albrecht K.H. Developmental expression of Smoc1 and Smoc2 suggests potential roles in fetal gonad and reproductive tract differentiation. *Dev. Dyn.*, 2009, 238 (11), pp. 2877–2890. DOI: 10.1002/dvdy.22124.
- Phoenix C.H., Goy R.W., Gerall A.A., Young W.C. Organizing Action of prenatally administered testosterone propionate on the tissues mediating mating behavior in the female guinea pig. *Endocrinology*, 1959, 65, pp. 369–382. DOI: 10.1210/endo-65-3-369.
- Pratt T.C., Turanovic J.J., Cullen F.T. Revisiting the criminological consequences of exposure to fetal testosterone: A meta-analysis of the 2D:4D digit ratio. *Criminology*, 2016, 54 (4), pp. 587–620. DOI: 10.1111/1745-9125.12115.
- Putz D.A., Gaulin S.J.C., Sporter R.J., McBurney D.H. Sex hormones and finger length: What does 2D:4D indicate? *Evol. Hum. Behav.*, 2004, 25 (3), pp. 182–199. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2004.03.005.
- Qian W., Huo Z., Lu H., Sheng Y., Geng Z. et al. Digit ratio (2D:4D) in a Chinese population with schizophrenia. *Early Hum. Dev.*, 2016, 98, pp. 45–48. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2016.05.003.
- Ribeiro E., Neave N., Morais R.N., Manning J.T. Direct versus indirect measurement of digit ratio (2D:4D) a critical review of the literature and new data. *Evol. Psychol.*, 2016, 14 (1), 1474704916632536. DOI: 10.1177/1474704916632536.
- Robinson S.J., Manning J.T. The ratio of 2nd to 4th digit length and male homosexuality. *Evol. Hum. Behav.*, 2000, 21 (5), pp. 333–345. DOI: 10.1016/S1090-5138[00]00052-0.
- Ronalds G., Phillips D.I.W., Godfrey K.M., Manning J.T. The ratio of second to fourth digit lengths: a marker of impaired fetal growth? *Early Hum. Dev.*, 2002, 68 (1), pp. 21–26. DOI: 10.1016/S0378-3782[02]00009-9.
- Rostovtseva V., Butovskaya M., Mkrchjan R. 2d:4d, Big Fives and Aggression in Young Men of Caucasian, Ural and Asian Origin. *Social and Evolution History*, 2019, 18, 110. DOI: 10.30884/seh/2019.01.06.
- Salmon C.A., Hehman J.A. Second to fourth digit ratio (2D:4D), tomboyism, and temperament. *Pers. Individ. Dif.*, 2018, 123, pp. 131–134. DOI: 10.1016/j.paid.2017.11.017.
- Sanchez A., Sanchez-Campillo J., Moreno-Herrero D., Rosales V. 2D:4D values are associated with mathematics performance in business and economics students. *Learn Individ. Dif.*, 2014, 36, pp. 110–116.
- Sanchez-Pages S., Turiegano E. Testosterone, facial symmetry and cooperation in the prisoners' dilemma. *Physiol. & Behav.*, 2010, 99 (3), pp. 355–361.
- Schaeffer E.M., Marchionni L., Huang Z., Simons B., Blackman A. et al. Androgen-induced programs for prostate epithelial growth and invasion arise in embryogenesis and are reactivated in cancer. *Oncogene*, 2008, 27 (57), pp. 7180–7191. DOI: 10.1038/onc.2008.327.
- Schneider H.J., Pickel J., Stalla G.K. Typical female 2nd-4th finger length (2D:4D) ratios in male-to-female transsexuals-possible implications for prenatal androgen exposure. *Psychoneuroendocrinology*, 2016, 31, pp. 265–269.

- Shingleton A.W. Which line to follow? The utility of different line-fitting methods to capture the mechanism of morphological scaling. *Integr. Comp. Biol.*, 2019, 59 (5), pp. 1399–1410. DOI: 10.1093/icb/icz059.
- Skorska M., Bogaert A. Prenatal Androgens in Men's Sexual Orientation: Evidence for a More Nuanced Role? *Arch. Sex Behav.*, 2017, 46 (6), pp. 1621–1624. DOI: 10.1007/s10508-017-1000-y.
- Smedley K.D., McKain K.J., McKain D.N. 2D:4D digit ratio predicts depression severity for females but not for males. *Pers. Individ. Dif.*, 2014, 70, pp. 136–139. DOI: 10.1016/j.paid.2014.06.039.
- Smith R.J. Use and Misuse of the Reduced Major Axis for Line Fitting. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 2009, 140, pp. 476–486. DOI: 10.1002/ajpa.21090.
- Sorokowski P., Sorokowska A., Danel D., Mberira M.L., Pokrywka L. The second to fourth digit ratio and age at first marriage in semi-nomadic people from Namibia. *Arch. Sex Behav.*, 2012, 41 (3), pp. 703–710. DOI: 10.3109/03014460.2014.902993.
- Talarovicova A., Krskova L., Blazekova J. Testosterone enhancement during pregnancy influences the 2D:4D ratio and open field motor activity of rat siblings in adulthood. *Horm. Behav.*, 2009, 55 (1), pp. 235–239. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2008.10.010.
- Teatero M.L., Netley C. A critical review of the research on the extreme male brain theory and digit ratio (2D:4D). *J. Autism Dev. Disord.*, 2013, 43 (11), pp. 2664–2676. DOI: 10.1007/s10803-013-1819-6.
- Tektas O.Y., Kapsner L., Lemmer M., Bouna-Pyrrou P., Lewczuk P. et al. Digit ratio [2D:4D] and academic success as measured by achievement in the academic degree "Habilitation". *PLoS ONE*, 2019, 14 (2), e0212167. DOI: 10.1371/journal.pone.0212167.
- Trivers R., Manning J., Jacobson A. A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and other finger ratios in Jamaican children. *Horm. Behav.*, 2006, 49 (2), pp. 150–156. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2005.05.023.
- Turanovic J.J., Pratt T.C., Piquero A.R. Exposure to fetal testosterone, aggression, and violent behavior: A meta-analysis of the 2D:4D digit ratio. *Aggress. Violent Behav.*, 2017, 33, pp. 51–61. DOI: 10.1016/j.avb.2017.01.008.
- Van Dongen S. Second to fourth digit ratio in relation to age, BMI and life history in a population of young adults: a set of unexpected results. *Journal of Negative Results*, 2009, 6 (1), pp. 1–7.
- Ventura T., Gomes M.C., Pita A., Neto M.T., Taylor A. Digit ratio (2D:4D) in newborns: influences of prenatal testosterone and maternal environment. *Early Hum. Dev.*, 2013, 89 (2), pp. 107–112. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2012.08.009.
- Voracek M. Lack of associations between digit ratio (2D:4D) and assertiveness: Replication in a large sample. *Perceptual and Motor Skills*, 2009, 109 (3), pp. 757–769.
- Voracek M. No effects of androgen receptor gene CAG and GGC repeat polymorphisms on digit ratio (2D:4D): a comprehensive meta-analysis and critical evaluation of research. *Evol. Hum. Behav.*, 2014, 35 (5), pp. 430–437. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2014.05.009.
- Voracek M., Reimer B., Dressler S.G. Digit ratio (2D:4D) predicts sporting success among female fencers independent from physical, experience, and personality factors. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2010, 20 (6), pp. 853–860. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01031.x.
- Wallien M.S., Zucker K.J., Steensma T.D., Cohen-Kettenis P.T. 2D:4D finger-length ratios in children and adults with gender identity disorder. *Horm. Behav.*, 2008, 54 (3), pp. 450–454. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2008.05.002.
- Warrington N.M., Shevroja E., Hemani G., Hysi P.G., Jiang Y. et al. Genome-wide association study identifies nine novel loci for 2D:4D finger ratio, a putative retrospective biomarker of testosterone exposure in utero. *Hum. Mol. Genet.*, 2018, 27 (11), pp. 2025–2038. DOI: 10.1093/hmg/ddy121.
- Williams T.J., Pepitone M.E., Christensen S.E., Cooke B.M., Huberman A.D. et al. Finger-length ratios and sexual orientation. *Nature*, 2000, 404 (6777), pp. 455–456. DOI: 10.1038/35006555.
- Wilson G.D. Finger-length as an index of assertiveness in women. *Pers. Individ. Dif.*, 1983, 4 (1), pp. 111–112.
- Wu Y., Zilioli S., Eisenegger C., Clark L., Li H. The effect of testosterone administration and digit ratio (2D:4D) on implicit preference for status goods in healthy males. *Front. Behav. Neurosci.*, 2017, 11, 193. DOI: 10.3389/fnbeh.2017.00193.
- Zhanbing M., Jie D., Chunyue B., Hong L., Liang P., Zhenghao H. Association of CYP19A1 single-nucleotide polymorphism with digit ratio (2D:4D) in a sample of men and women from Ningxia (China). *Early Hum. Dev.*, 2019, 132, pp. 58–65. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2019.04.004.
- Zhang C., Dang J., Pei L., Guo M., Zhu H. et al. Relationship of 2D:4D finger ratio with androgen receptor CAG and GGN repeat polymorphism. *Am. J. Hum. Biol.*, 2013, 25 (1), pp. 101–106. DOI: 10.1002/ajhb.22347.
- Zheng Z., Cohn M.J. Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108 (39), pp. 16289–16294. DOI: 10.1073/pnas.1108312108.

#### Information about of Authors

*Butovskaya Marina L.*, Corresponding Member Russian Academy of Sciences, Professor, Ph.D., ORCID ID: 0000-0002-5528-0519; [marina.butovskaya@gmail.com](mailto:marina.butovskaya@gmail.com);  
*Burkova Valentina N.*, PhD (history), ORCID ID: 0000-0003-4777-0224; [burkovav@gmail.com](mailto:burkovav@gmail.com).