

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ПОПУЛЯЦИОННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЬЦЕВЫХ УЗОРОВ РУК ЧЕЛОВЕКА

И.С. Гусева

Минск, Беларусь

Гребешковая кожа в эмбриогенезе формируется в результате реализации эпигенетического пути развития, сложившегося в филогенезе и унаследованного человеком от высших приматов. Образование типов узора зависит от степени вздутия пальцевой подушечки, обусловленного пролиферативной активностью герминативного слоя эпидермиса и водной насыщенностью дермы. Ульнарно-радиальная направленность рисунка в определенной мере зависит от особенностей кровоснабжения пальца. Первичными морфогенетическими признаками являются тип узора, гребневая ширина и расстояние от наивысшей точки пальцевой подушечки до ее основания; вторичными – дельта и гребневой счет. Особенности фенотипа определяют такие популяционные характеристики как: экспрессивность узоров, их носительство и тотальный фенотип.

Ключевые слова: *пальцевые узоры рук человека, особенности формирования, эпигенетический подход, морфогенетические дерматоглифические признаки*

Введение, актуальность проблемы

Типы узоров дистальных фаланг пальцев рук человека вместе с другими дерматоглифическими показателями более века используются как маркерные признаки в этнической антропологии. Принято определять частоту узора определенного вида, дельтовый индекс, гребневой счет. При этом частота узора рассчитывается как процент числа пальцев с данным видом узора к общему числу пальцев в обследованной выборке людей. С генетической точки зрения это нонсенс, ибо носителем признака и соответствующего гена является индивид, а не палец. И конкретный узор может встречаться как на одном пальце человека, так и на всех десяти. Поэтому в качестве популяционной характеристики логично определять процент носителей и экспрессивность соответствующих узоров (число пальцев с данным узором в субпопуляции их носителей), а также тотальный фенотип узора.

Цель данной публикации – показать необходимость четкой дифференцировки первичных и вторичных производных признаков пальцевой дерматоглифики. Задачи: 1) при проведении этнодерматоглифического анализа обратить внимание на такие показатели пальцевой дерматоглифики как тотальный фенотип узора, экспрессивность и процент носителей определенного вида папиллярных узоров; 2) так как пальцевые узоры форми-

руются и достигают дефинитивной зрелости в период эмбрионального онтогенеза, выявить морфогенетически первичные и вторичные (производные) их характеристики.

Материалы и методы

Материалами для популяционного анализа послужили данные по распределению основных характеристик папиллярного узора дистальных фаланг пальцев рук в выборках: русских (N=400), белорусов (N=590), казахов (N=230) и ненцев (N=236). Статистическая достоверность различий между выборками оценивалась по критерию t-Стьюдента.

Анализ морфогенетических процессов, лежащих в основе формирования пальцевых узоров, проведен на основе ранее полученных данных в выборке пальцев 32 эмбрионов и плодов человека в возрасте от 5 до 39 недель эмбриогенеза.

Результаты и обсуждение

В качестве примера рассмотрим, как отличаются по дерматоглифическим показателям выборки белорусов, казахов и ненцев от выборки русских (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение выборки русских с белорусами, казахами и ненцами по пальцевым узорам

Показатели пальцевых узоров	Тип узора	Русские N=400	Белорусы N=590	Казахи N=230	Ненцы N=236
Частота узора	A	6.7	7.9	4.3	2.5*
	L	66.8	60.2*	53.5**	52.6***
	W	26.5	31.9	42.2***	44.6***
Процент носителей узора	A	31.50	31.87	27.82	17.78***
	L	98.50	94.58	90.86***	91.97***
	W	67.75	84.24***	84.35***	89.45***
Экспрессивность (число пальцев с узором)	A	1.8 0.20	2.1 0.21	1.9 0.20	1.5 0.22
	L	6.0 0.11	5.5** 0.12	4.8*** 0.14	4.5*** 0.18
	W	2.4 0.18	2.6 0.16	3.5*** 0.21	4.1*** 0.16
Тотальный фенотип пальцевых узоров	A	0.25	1.02	0.43	0.85
	L	12.00	8.14*	2.17***	3.82***
	W	1.25	4.41	8.70***	7.21***
	AL	20.00	6.61***	13.04*	5.91***
	LW	55.25	55.59	61.3	71.22***
	ALW	11.25	24.24***	14.35	11.02

Примечание: частота, носительство узора и тотальный фенотип даны в процентах; экспрессивность – в абсолютных значениях ($x \pm S_x$); статистическая достоверность отличий выборок белорусов, казахов и ненцев от выборки русских при: $p < 0.05$ – *; $p < 0.01$ – **; $p < 0.001$ – ***

Как следует из таблицы, по классическому признаку выборка белорусов отличается от русских пониженной частотой петлевого узора. Популяционная структура их дактилограммы иная. В выборке белорусов достоверно чаще встречались носители завитковых узоров и фенотипа ALW и реже – фенотипов AL и L; понижена у них и экспрессивность петлевых узоров. У казахов по сравнению с русскими частота петлевых узоров ниже, а завитков – выше. Процент носителей завитков у них выше и чаще встречался фенотип W, но реже фенотипы L и AL, и процент носителей петель был ниже, чем у русских. Экспрессивность завитков у казахов выше, а петель ниже, чем у русских. У ненцев частота дуг и петель ниже, а завитков выше, чем у русских; носителей завитков у них больше, а дуг и петель меньше, чем у русских. Чаще, чем у русских, у ненцев встречались фенотипы W и LW, но реже – L и AL. Экспрессивность завитков выше, а петель ниже, чем у русских.

Почему же общепринятый показатель «частота узора» в определенной степени характеризует популяционное распределение пальцевых узоров? Дело в том, что этот показатель является десятикратно увеличенной приближительной от-

носительной экспрессивностью пальцевых узоров [Гусева, 1971]. Но для полного представления о популяционной структуре признака этого недостаточно; целесообразно учитывать процент носителей и экспрессивность пальцевых узоров, а также тотальный фенотип, являющийся хорошей популяционной характеристикой [Гусева, 1982, 1986].

Три основных вида узора определяют 8 сочетаний: 0 (отсутствие узора); три мономорфных фенотипа – на всех пальцах дуги, петли, либо завитки (A, L, W); три двойных сочетания – дуги и петли (AL), дуги и завитки (AW) петли и завитки (LW); тройной фенотип, включающий все три вида узора (ALW). Но так как в норме фенотипы 0 и AW не встречаются, их остается только шесть.

Т.Ф. Абрамова [Абрамова, 2003], используя фенотипические показатели пальцевых узоров для оценки физических возможностей спортсменов, установила, что лица с различными фенотипами узора имеют предрасположенность к определенным видам спорта.

Абсолютная экспрессивность пальцевых узоров, процент их носительства и тотальный фенотип достаточно эффективны при изучении дерматоглифики больных с мультифакториальными

заболеваниями, в частности, шизофренией [Гусева, Красницкая, 1975; Гусева, Сорокина, 1998; Гусева, Микулич, 2000].

Эти показатели формируются в эмбриональном развитии человека, а потому попытаемся с позиций эпигенетики (механики развития) рассмотреть природу их становления.

Папиллярные узоры дистальных фаланг пальцев человека являются элементом сложной билатерально-симметричной структуры с лучевым расчленением (кисти, стопы). Сама гребешковая кожа гистологически неоднородна и состоит из тканей эктодермального и мезодермального происхождения. В формировании таких сложных признаков, представляющих структурные модели, целостный фенооблик, К. Уоддингтон [Уоддингтон, 1964] наряду с генами значительную роль отводил движению и взаимодействию клеточных комплексов.

Гребешковая кожа – кожа ладонной стороны кистей и подошвенной стороны стоп – отличается от кожи других участков тела рядом особенностей: большей толщиной эпидермального слоя, значительно более выраженными эпидермальными сосочками, отсутствием волос и, в связи с этим, более ранней закладкой потовых желез, большей глубиной их залегания и иной топографией их наружных отверстий, очень высоким насыщением верхних отделов дермы инкапсулированными нервными окончаниями, а также поверхностной текстурой.

Феногенез кожных покровов кисти протекает на фоне развивающейся конечности, которая представляет быстро растущую мезодермальную почку. Внутри нее из уплотнения мезенхимных клеток дифференцируются хрящевые элементы, преобразующиеся в костные. Из материала нижних краев миотомов, мигрирующего в почку конечности, образуются мышцы. В зачаток конечности прорастают нервы и кровеносные сосуды, локально формируется тонкая сосудистая сеть. Все эти компоненты в определенной степени задействованы в формировании и дефинитивном функционировании гребешковой кожи.

Почки конечности появляются у эмбриона конца третьей – начала четвертой недели. Вначале формируются зачатки верхних, несколько позже нижних конечностей, что соответствует краниокаудальному градиенту развития.

В возрасте шести недель в зачатках рук (а затем и ног) возникает зубчатое расчленение на пальцы. К седьмой неделе появляются предхрящевые зачатки фаланг [Бодемер, 1971; Гусева, Стамбровская, Беззубик, 1981; Гусева, 1982, 1986]. У эмбриона восьми недель пальцы уже хорошо развиты. Большой палец руки постепенно отхо-

дит от остальных. В хрящевых закладках фаланг появляются первые очаги окостенения. На проксимальной и дистальной фалангах оно завершается на четвертом месяце эмбриогенеза, на средней фаланге – на шестом [Пэттен, 1959].

В почке конечности зародыша четырех недель локально формируется капиллярная сеть. В пять недель в почку конечности начинает прорастать первичная осевая артерия [Пэттен, 1959]. У двухмесячного плода от магистральных артерий кровеносные сосуды прорастают в дерму пальца. Образование сосудов подсосочковой сети начинается на пятом месяце внутриутробного развития [Калантаевская, 1972].

Одновременно с прорастанием кровеносных сосудов в почку конечности проникают нервные волокна. К.А. Загорученко [Загорученко, 1973] отмечает, что между интенсивностью иннервации и активностью дифференцировки эпидермиса наблюдается четкий параллелизм. Свободные нервные окончания прорастают в эпидермис с самого начала гребнеобразования в 9–10 недель и образуют в нем причудливые фигуры [Калантаевская, 1972]. Инкапсулированные нервные окончания появляются позже: тельца Фатера-Пачини – на третьем-четвертом месяце, тельца Вагнера-Мейснера – на шестом [Гусева, 1982, 1986].

Какие же изменения произойдут за это время в покровах?

Покров почки конечности четырех-пятинедельного зародыша представлен однослойным эпителием. Будучи производным эктодермального зародышевого листа он уже отчасти ограничен в потенциях, но не полностью. По мнению Г.С. Катинаса [Катинас, 1986] в основе ограничения потенциалов клетки лежат процессы переблокировки отдельных компонентов генома, а функционирование активной части генома создает специфические особенности клеток, называемые эпигеномными. Так что в результате эпигенетических преобразований из первичного эпителия сформируется многослойный эпидермис гребешковой и негребешковой кожи.

Под эпителием наблюдается скопление мезенхимных клеток, расположенных независимо друг от друга. Г.С. Катинас [Катинас, 1986] считает, что мезенхиму нельзя относить только к производным мезодермы. Эти клетки выселяются из компактных группировок, разнородных в эпигеномном отношении. Позднее из них образуются фибробласты, хондробласты и меланоциты; некоторые из них войдут в состав сосудистого эпителия.

У шестинедельного зародыша отдельные клетки эпидермиса мигрируют на поверхность, образуя перидермальный слой. К концу восьмой недели эпидермис пальцев рук образует ровную

полоску, отделенную от дермальной мезенхимы базальной мембраной. Он состоит из трех слоев: базального (герминативного), шиповатого, состоящего из двух рядов крупных полигональных клеток, и поверхностного слоя плоских перидермальных клеток. У четырехмесячного плода эпидермис становится многослойным, состоящим из одного ряда клеток герминативного слоя и многорядных зернистого, блестящего и рогового (кератинизированного) слоев [Гусева, Стамбровская, Беззубик, 1981; Гусева, 1982, 1986].

В дерме также происходят изменения. К концу седьмой недели отростки соседних мезенхимных клеток соединяются. На периферии их цитоплазмы появляются тонкие фибриллы. У восьминедельного зародыша фибриллы некоторых клеток выходят в межклеточное пространство. Эти мезенхимные клетки становятся фибробластами. На десятой неделе фибриллярные волокна в дерме конечности приобретают направление, характерное для механических условий их функционирования [Пэттен, 1959]. В 16 недель дерма дифференцируется на сосочковый и сетчатый слои. К этому времени на дистальных фалангах пальцев рук становятся хорошо различимыми папиллярные узоры [Гусева, Стамбровская, Беззубик, 1981; Гусева, 1982, 1986].

Первая ступень специализированного эпигенетического пути развития гребешковой кожи связана с появлением ладонных (подошвенных) и пальцевых подушечек. По сути, это рекапитуляция эпигенетического пути развития кожи конечностей стопоходящих млекопитающих, возникшая в филогенезе, своеобразная девиация.

Структурным элементом кожи млекопитающих является кожная чешуйка с волосом и протоком потовой железы. Кожные чешуйки в области подушечек сливались в островки, теряя при этом волосы. Островки образовывали фрагменты папиллярных гребней и отдельные гребни. У высших приматов текстура покрова подушечек приобрела вид рельефа характерного и для человека. При этом следует отметить, что преобразование негребешковой кожи в гребешковую сопровождалось насыщением последней инкапсулированными нервными окончаниями, постепенной заменой ведущей механической функции на ведущую тактильную. Так что ладонную сторону кисти человека можно рассматривать как своеобразный тактильный орган.

Волярные подушечки в эмбриогенезе человека появляются у шестинедельного зародыша на ладонях. Это I, II, III, IV межпальцевые подушечки и I интердигитальное возвышение. Подушечки на дистальных фалангах пальцев появляются у семинедельного эмбриона [Гусева, 1982, 1986,

Cummins, 1929]. Такой порядок появления волярных вздутий соответствует проксимально-дистальному градиенту развития. Появление подушечек происходит на стадии недифференцированного покрова, когда эпидермис еще однослойный, а дерма не сформирована.

Образование подушечек идет, начиная с большого пальца, и завершается на мизинце. Реже они появляются одновременно на всех пальцах. Выраженная радиально-ульнарная векторность в появлении пальцевых подушечек соответствует кранио-каудальному градиенту развития, ибо формирование конечностей связано с их осевыми вращательными движениями, и радиальные части кисти по своему миотомному происхождению являются более краниальными. I палец формируется из материала шестого шейного миотома, II – из седьмого шейного, III – из восьмого шейного, IV – из восьмого шейного и первого грудного, V – из второго грудного миотома.

Пальцевые подушечки в начале восьмой недели имеют вид округлых холмиков, а в начале девятой – увеличиваются настолько, что покрывают всю ладонную поверхность дистальной фаланги.

Увеличение подушечек происходит, очевидно, как за счет накопления в дерме фибриллярных волокон, так и в результате скопления межтканевой жидкости, но не является следствием увеличения общей клеточной массы, заполняющей пальцевую подушечку. В противном случае, не наблюдалось бы ее существенного опадания. Оно происходит в результате оттока жидкости. Вообще многие эмбриологи и специалисты в области механики развития значительную роль в формировании морфологических структур отводят жидкости, ее накоплению и движению.

Достигнув максимума в 9–10 недель, волярные подушечки начинают редуцироваться, опадать. Прекращение роста подушечек, вероятно, связано с несоответствием объема подушечки и площади ее поверхности. Объем развивающегося зачатка, как отмечает Ч. Бодемер [Бодемер, 1971], увеличивается значительно быстрее, чем площадь его поверхности, и когда поверхность уже не способна обеспечивать нормальные обменные процессы растущей биомассы, рост прекращается.

В период прекращения роста подушечек их покров в значительной степени дифференцирован: эпидермис трехслойный с хорошо выраженным герминативным слоем, в дерме фибриллярные волокна начинают приобретать функционально означенное положение. Он характеризуется «готовностью», компетенцией структуры к гребнеобразованию. Появляются их первые очаги.

Индущирующим фактором гребнеобразования можно считать созревание кости фаланги.

Первые очаги окостенения в хрящевых фалангах появляются на восьмой неделе. На девятой неделе индуцирующие вещества из костной ткани поступают в поверхностные слои кожи пальцевых подушечек, утративших ростовую потенцию, и стимулируют процесс гребнеобразования. В это время на тыльной стороне фаланги формируется ногтевое ложе. А усиление митозов герминативного слоя эпидермиса обеспечивают проросшие к этому времени в эпидермис нервные окончания.

Если до этого времени контактная поверхность между эпидермисом и дермой была гладкой, то теперь начинают появляться эпидермально-дермальные изгибы. Причину изгибов эпителиальных слоев Л.В. Белоусов [Белоусов, 1971] усматривает в координированных связях множества радиальных сил и вращательных моментов, исходящих из клеток, составляющих пласт. Ранее мною [Гусева, 1968] была сделана попытка рассчитать направление морфогенетических движений клеток при формировании дуговых и завитковых узоров, а также высказано предположение [Гусева, 1982, 1986] о детерминантах гребешковой кожи: генах гребешковой кожи f_s и генах типов (A и W) и ориентации (L) пальцевых рисунков. В настоящее время с позиций эпигенетики можно высказаться более определенно.

Гены систем A и W (или соответствующие индукторы) определяют степень развития пальцевой подушечки. К их действию компетентны различные слои кожи: эпидермис к системе A, дерма – W. Гены (индукторы) системы A определяют пролиферативную активность герминативного слоя эпидермиса. Система W связана с водным насыщением дермы. В результате их взаимодействия образуются морфогенетические поля, в которых происходит процесс гребнеобразования, который связан с прорастанием в дерму протоков потовых желез.

Если интенсивность митозов герминативного слоя эпидермиса низкая, то покров подушечки нарастает медленно и препятствует ее набуханию. Развивается невысокое волярное возвышение. На уплощенной пальцевой подушечке формируются дуги. Гребни в таком пласте закладываются параллельными рядами поперек подушечки. В результате аллометрического роста фаланги они приобретают вид дуги.

Если митотическая активность герминативного слоя эпидермиса высокая, то поверхностный пласт быстро нарастает и не препятствует набуханию дермы. Формируется сильно вздутая подушечка. Гребни закладываются в центре самой высокой точки волярного возвышения и с терминального и межфалангового участков. Краевые гребни образуют контурную рамку, а гребни на

симметричной (при равномерном распределении жидкости) подушечке будут образовывать концентрические круги, – формируется завиток. На скошенной подушечке формируется петля. В месте схождения центральных и межфаланговых гребней образуется трирадиус – дельта. Мы наблюдали пальцевые узоры у плода 16–17 недель, а появление дельт – в 22–24 недели [Гусева, Стамбовская, Беззубик, 1981; Гусева, 1982, 1986].

На зависимость типов узора от формы и размеров пальцевых подушечек обращали внимание еще в 20-е годы прошлого столетия К. Bonnevie [Bonnevie, 1927] и Н. Cummins [Cummins, 1929]. Но причинная связь не была ими раскрыта.

Неравномерное распределение жидкости в пальцевой подушечке определяет ульнарно-радиальную векторность узора. При значительной скошенности подушечки в ульнарном направлении формируются ульнарные петли, при незначительной – ульнарно ориентированные завитки и дуги. При сильной скошенности подушечки в радиальную сторону образуются радиальные петли, при незначительной – радиально ориентированные завитки и дуги.

С.С. Усоев [Усоев, 1976] выявил, что трирадиус (дельта) петлевого узора и большой гребневой счет завитка находятся на той стороне пальца, где проходит более крупная артерия. Для III–V пальцев рук коэффициент корреляции ульнарно-радиальной ориентации пальцевых узоров и ульнарно-радиальной направленности кровоснабжения варьировал от 0.5 до 0.9, а для I–II пальцев $r = -0.6$.

Но дельта и большой гребневой счет формируются на более вздутой стороне пальцевой подушечки. А более крупная артерия обеспечивает большее поступление питательных веществ и жидкости со своей стороны, обуславливая большую степень вздутия этой части подушечки. Так что кровеносная система является одним из факторов ульнарно-радиальной ориентации пальцевых узоров, но не единственным. Об этом свидетельствует тот факт, что у монозиготных близнецов конкордантность по узорам капилляров ниже, чем по пальцевым узорам. Так, 78–88% монозиготных близнецов имеют сходство по пальцевым узорам и только 50–52% сходны по рисункам капилляров [Гусева, 1982, 1986]. У дизиготных близнецов различия еще более выражены. Сходство по типам узора у них составляет 60–78%, по узорам капиллярной сети лишь 5–5,5%. Это свидетельствует о меньшей стабильности капиллярной сети в условиях различных генотипов.

Ранее мною высказывалось предположение [Гусева, 1982, 1986] о том, что гены гребешковой кожи f_s проявляют себя раньше генов типа и ориентации узора, стимулируя их «включение». Но,

как явствует из вышеизложенного, гребнеобразование начинается в момент спада пальцевых подушечек, и следовательно гены *fs* «включаются» и начинают действовать в уже преддетерминированных для образования формы рисунка морфогенетических полях. Это вторая ступень эпигенетического пути развития гребешковой кожи человека.

Образующиеся в результате митозов клетки эпидермиса углубляются в дерму, образуя выросты первого порядка, представляющие зачатки протоков потовых желез. К шестому месяцу эмбрионального развития они достигают подкожной жировой клетчатки, где, извиваясь, образуют секторные клубочки железы.

Между выростами первого порядка образуются выросты второго порядка. Отверстия протоков потовых желез оказываются на вершине гребня, а выросты второго порядка определяют глубину борозды [Калантаевская, 1972; Гусева, 1982, 1986]. При этом филогенетически молодые структуры (гребни) выступают в качестве деформатора пространственной ориентации более древних образований – протоков потовых желез. В негребешковой коже они открываются на склонах треугольных и ромбических полей и закладываются позже. Изгибы эктодермального слоя приводят к тому, что наряду с эпидермальными сосочками (дно борозды) формируются дермальные сосочки, состоящие из соединительной ткани и насыщенные кровеносными капиллярами, свободными и инкапсулированными нервными окончаниями.

К концу внутриутробного развития между выростами первого и второго порядка образуются выросты третьего порядка. Процесс продолжается до 20–25 лет, но выросты остаются недоразвитыми. Они появляются в результате тех же морфогенетических процессов и связаны с пролиферативной активностью герминативного слоя эпидермиса. Рудиментарны они потому, что формируются в дефинитивной структуре, в которой образующиеся в результате митозов клетки идут на компенсацию потерь рогового слоя кожи, возникающую из-за сдвигания кератинизированных поверхностных клеток.

Способность герминативного слоя к митозам и наличие стволовых клеток обеспечивают репаративные процессы при повреждении кожи. Эпигенетическая память (компетенция к гребнеобразованию) создает условия для восстановления рельефа. Лишь грубые глубокие повреждения нарушают его структуру и рисунок.

Первичным морфогенетически детерминированным признаком процесса гребнеобразования является гребневая ширина – расстояние между серединами двух соседних гребней, где расположены протоки потовых желез. В сложных узорах

одновременно с этим показателем означает второй морфогенетически детерминированный признак – максимальное расстояние от наивысшей точки волярного возвышения (центр узора) до основания подушечки (будущая дельта). Отношение расстояния «дельта-центр» к гребневой ширине есть гребневой счет. В состоянии зачатка это $q = c/c$, где c – число клеток в зачатке «дельта-центр», c – число клеток в зачатке гребневой ширины [Гусева, 1979, 1986].

Реальность существования специализированных эпигенетических путей развития гребешковой кожи подтверждается казуистическими случаями, описанными в научной литературе. Так, чрезвычайно редко наблюдается полное отсутствие папиллярных гребней на пальцах, ладонях и подошвах. Этому обычно сопутствуют другие морфологические аномалии. Синдром может быть следствием действия какого-то гена, снижающего пенетрантность гена *fs* до нуля. Частичное отсутствие гребней встречается несколько чаще. А у больных с синдромом *ridge-off-and* («гребешки от конца») папиллярные гребни располагаются на дистальных фалангах продольными рядами как у некоторых низших обезьян. Возможно это рекапитуляция древнейшего эпигенетического пути развития гребешковой кожи или морфоз, вызванный инверсией на 90° клеточного материала кожи пальцевой подушечки.

Митотическая активность зародышевых клеток зависит от многих факторов: иннервации, гормонального статуса плода, его питания, аэрации, удаления продуктов обмена, времени года, суток и многих других [Бодемер, 1971]. Дистальные фаланги пальцев зародыша могут оказаться в разных условиях развития, а потому в человеческих популяциях встречаются индивиды с различным тотальным фенотипом узора: A, L, W, AL, LW и ALW. Люди с отсутствием узоров на пальцах, как отмечено выше, – патологические случаи. Не встречается в норме и фенотип AW. Он может наблюдаться при аномальном развитии. Мною изучены пальцевые узоры более чем у 20 тысяч человек и встретился лишь один случай такого фенотипа у человека, перенесшего внутриутробно краснуху.

У людей с фенотипами A, L, W экспрессивность узора равна 10; при фенотипах AL и LW экспрессивность каждого из узоров может варьировать от 1 до 9; при фенотипе ALW число пальцев с определенным узором колеблется от 1 до 8.

Разные пальцы имеют различную чувствительность к химическим индукторам [Уоддингтон, 1964]. Это создает структурированность морфогенетических полей с центрами максимального проявления конкретного узора [Гусева, 1986]. Для

дуг это второй палец, как и для радиальных петель; для ульнарных петель – пятый; для завитков – первый и четвертый ($I > IV$, $I < IV$). Интересен тот факт, что центр максимального проявления завитковых узоров лежит в зоне контактной иннервации: I палец иннервируется ветвями срединного и лучевого нервов, IV – срединного и локтевого. Остальные пальцы имеют обособленную иннервацию: II и III снабжены ветвями срединно-нерва, V – локтевого.

Эпигенетический подход позволяет объяснить модифицирующее влияние пола на формирование пальцевых узоров. Приблизительно на 36-й день эмбриогенеза формирующаяся мужская гонада начинает продуцировать андрогенный гормон, сходный с тестостероном [Боденер, 1971]. К восьмой неделе дифференцировка гонад завершается. К этому времени уже активно функционирует надпочечник, продуцируя андростероиды, альдостероиды, глюкокортикоиды типа кортизона, а гипофиз вырабатывает соматотропный гормон. Таким образом, уже в эмбриональном периоде начинается формироваться «эндокринная формула» организма, на фоне которой происходит образование и развитие пальцевых подушечек и закладка папиллярных гребней.

Регуляция ростовых процессов осуществляется через сложную взаимодействующую гормональной конституции организма. Эстрогены тормозят действие соматотропного гормона, андрогены – стимулируют. Поэтому у мужчин чаще, чем у женщин, встречаются завитковые узоры и реже дугвые.

Так как гормональная конституция организма влияет на соматотип, то уже в эмбриональном развитии складывается ассоциативная связь между физическим типом человека и типами папиллярных узоров. Так, у астеников чаще встречаются дугвые узоры, у пикников – завитковые. Это хорошо прослеживается в группе больных шизофренией. Среди больных кататонической формой чаще, чем среди параноиков, встречаются представители астенического телосложения. Нами [Гусева, Красницкая, 1975; Гусева, Сорокина, 1998; Гусева, Микулич, 2000] в выборке кататоников наблюдался повышенный процент носителей дугвых узоров по сравнению с контролем. У них чаще встречались фенотипы AL и ALW и реже – LW. Экспрессивность дугвых узоров была более высокой. У параноиков, наоборот, повышено носительство и экспрессивность завитков и фенотипа LW. Более существенные отличия наблюдались у мужчин.

Кожа пальцев и головной мозг формируются в эмбриогенезе из одного зародышевого листа – эктодермы. Становление трудовой деятельности

в антропогенезе привело к некоторым сопряженным изменениям в их морфо-функциональном состоянии: усилилась полушарная асимметрия мозга и возникла ручная киральность. Последнее отразилось на распределении пальцевых узоров у правой и левой: у первых сложные узоры чаще встречаются на правой руке, у вторых – на левой.

Пальцевые узоры принято группировать в три типа: дуги, петли (ульнарные и радиальные) и завитки. Это грубая рабочая схема, но она позволяет определенным образом классифицировать узоры дистальных фаланг; к тому же отражает направленность морфогенеза. Если же учесть многообразие конфигураций рисунка (циркулярные, овальные, вихревые завитки, двойные петли, простые, карманные петли, петли-ракетки, простые и шатрообразные дуги и пр.), размер узора и мельчайшие детали рельефа (обрывы и фрагменты гребней, их развилки, точечные включения, белые линии и т.п.), то выявляется чрезвычайно высокая индивидуальность папиллярного рельефа дистальной фаланги пальцев рук человека. Это является следствием особенностей морфогенеза. Ведь наряду с основополагающей эпигенетической траекторией развития (канализованностью) в феногенезе гребешковой кожи задействованы многие морфологические структуры развивающегося пальца (кровеносные сосуды, нервы, кости) и исходящие от них химические индукторы. Многие мелкие детали строения пальцевой подушечки (размер, форма, изгибы, наклоны, локальные возвышения и впадины) в значительной степени случайны.

Тип узора является морфогенетически детерминированным признаком, образующимся в результате взаимодействия эпидермиса и дермы развивающейся пальцевой подушечки. Гребнеобразование на дистальной фаланге пальца происходит в уже преддетерминированных к образованию типа узора морфогенетических полях. Особенности образования пальцевых узоров и их топография (расположение на билатерально-симметричной с лучевым расчленением структуре) создают определенные сложности в изучении способа наследования признака.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что первичными морфогенетическими признаками пальцевой дерматоглифики являются тип узора, гребневая ширина и расстояние «дельта – центр узора»; производными – дельта и гребневой счет. Особенности феногенеза определяют такие популяцион-

ные характеристики, как экспрессивность, носительство узора и тотальный фенотип.

Библиография

Абрамова Т.Ф. Пальцевая дерматоглифика и физические особенности. Дисс. ... докт. биол. наук. М., 2003.
Белоусов Л.В. Проблема эмбрионального формообразования. М.: Изд. МГУ, 1971.
Боденер Ч. Современная эмбриология. М.: Изд. Мир, 1971.
Гусева И.С. О возможности применения метода актуальных полей к анализу типологической модели кожной поверхности дистальной фаланги пальцев человека // Архив АГЭ. 1968. Т. LV, № 12. С. 44–50.
Гусева И.С. Некоторые особенности проявления генов типологической модели папиллярного узора пальцев рук человека // Генетика. 1971. Т. VII, № 10. С. 103–115.
Гусева И.С. Формирование количественных характеристик дерматоглифики // Здоровоохранение Белоруссии. Минск: 1979. № 12. С. 56–57.
Гусева И.С. Генетические проблемы, в дерматоглифике. Дисс. ... докт. биол. наук. Минск, 1982.
Гусева И.С. Морфогенез и генетика гребешковой кожи человека. Минск: Изд. Беларусь, 1986.
Гусева И.С., Красницкая С.П. Материалы по пальцевой дерматоглифике больных различными формами шизофрении // Вопр. антропологии. 1975. Вып. 51. С. 151–161.

Гусева И.С., Микулич А.И. Пальцевая, дерматоглифика, как индикатор общей стабильности развития при шизофрении // Antropologia & Medicina I promocja zdrowia. Lodz: W-wo Uniw. Lodzkiego. 2000. S. 42–55.
Гусева И.С., Сорокина Т.Т. Дерматоглифика как конституциональный маркер при мультифакториальной патологии // Вопр. антропологии. 1998. Вып. 89. С. 99–111.
Гусева И.С., Стамбровская В.М., Беззубик С.Д. К вопросу формирования папиллярных рисунков пальцевых рук человека // Архив АГЭ. 1981. Т. LXXX, № 2. С. 75–80.
Загорученко Е.А. Эмбриональное развитие и топографическая гистология кожи человека. Автореф. дисс ... докт. мед. наук. М., 1973.
Калантаевская К.А. Морфология и физиология кожи человека. Киев: Изд. Здоров'я, 1972.
Катинас К.С. Общие принципы организации тканевых систем // Архив АГЭ. 1986. Т. XCI, № 10. С. 91–100.
Пэттен Б.М. Эмбриология человека. М.: Медгиз, 1959.
Уоддингтон К. Морфогенез и генетика. М.: Мир, 1964.
Усоев С.С. Связь признаков дерматоглифики с кровоснабжением пальцев // III съезд Белорусского об-ва генетиков и селекционеров: Тез. докл. Минск, 1976. С. 222.
Bonnevie E. Die ersten Entwicklungsstadien der Papillarmuster der menschlichen Fingerballen // Nytt. mag. naturvidenskabende. Oslo, 1927. Bd. 65. P. 19–56.
Cummins H. The topographic history of the volar pads in the Human embryo // Contrib. embriol. Washington: Carnegie Inst., 1929. Vol. 20. P. 103–126.

Контактная информация:

Гусева И.С. 220005, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, д. 33, кв. 13. Тел.: 8-10375-17-290-63-19.

EPIGENETIC APPROACH TO THE ANALYSIS OF FORMATION OF FINGER PRINTS PATTERNS AND THEIR POPULATION DISTRIBUTION

I.S. Guseva

Minsk, Belarus

Skin crests are formed as a result of epigenetic way of development in embryogenesis, which exists in phylogenesis and is inherited by humans from higher primates. Formation of patterns depends on the degree of swelling of the subunguis, which is associated with proliferative activity of germinal epidermis layer and water saturation of derma. Ulnar-radial direction of the pattern depends to some extent on the specificity of finger blood supply. Primary morphogenetic indicators are the type of the pattern, ridge width and the distance from the highest point of subunguis to its base; secondary – delta and ridge count. Specificity of phenogenesis is defined by such population characteristics as pattern expressivity, their carrying and total phenotype.

Key words: *finger print patterns, formation, epigenetic approach, morphogenetic dermatoglyphic traits*