Костенко Наталья Кирилловна

Студент ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», МА имени С.И. Георгиевского, г. Симферополь

Электронный адрес: Allomia101@gmail.com

**Последние исследования в области изучения естественного отбора и эволюции в человеческих популяциях**

Костенко Н.К.[1], Смирнова С. Н.[2], Лященко О.И. [3], Жукова А.А.[4]

*[1] студент кафедры биологии медицинской Медицинской академии КФУ*

*[2] доцент кафедры биологии медицинской Медицинской академии КФУ*

*[3] доцент кафедры биологии медицинской Медицинской академии КФУ*

*[4] ассистент кафедры биологии медицинской Медицинской академии КФУ*

Научный руководитель: доцент, к.б.н. Смирнова С.Н.

Аннотация: Для большинства их нас естественный отбор и эволюция кажутся чем-то не относящимся к человеку, чем-то, что закончилось для нашего вида сотни тысяч лет назад. Однако, исследования ученых их многих стран доказывают, что развитие человека продолжается. В этой статье мы рассмотрели исследования в области изучение естественного отбора в человеческих популяциях за последние 15 лет.

Ключевые слова: естественный отбор, человеческие популяции, эволюция человека.

Эволюционирует ли современный человек – вопрос, ставший предметом множества дискуссий в последние десятилетия. Безусловно, у людей естественный отбор не может быть выражен так хорошо, как у животных – влияют антропогенные факторы. И всё же различные человеческие популяции могут быть не похожи фенотипически, а раз при смене места жительства (а, значит, климата, рациона питания и воздействия патогенных факторов) их фенотипические черты не пропадают у потомков – значит, разные популяции отличаются и генотипические.

Узнать действие естественного отбора на человека можно было бы путем сравнения современного человека и наших предков. Так в 2014 году исследователям удалось восстановить геномы целых популяций древних людей. Группа учёных исследовала геномы 83 древних людей, найденных в разных районах Европы, и пришла к выводу, что нынешнее население Европы является смесью как минимум трёх разных популяций, мигрировавших в Европу из разных мест. Теперь задачей учёных становилось установить, какие именно гены подвергались естественному отбору. Сравнивая геномы древних людей, генетик Йен Мэтисон обнаружил пять генов, связанных с изменением рациона и цвета кожи, которые в большей степени подверглись естественному отбору. Учёные подтвердили высказанное ранее предположение о том, что древние охотники, собиратели и земледельцы не могли усваивать сахар из молока вследствеи отсутствия версии LCT-гена.

Что касается цвета кожи, то учёные смогли обнаружить три отдельных гена, обеспечивающих светлую кожу. Первые современные люди, переселившиеся в Европу из Африки, имели тёмную кожу, приспособленную к южным широтам. Новейшие исследования же показали, что всего ~8500 лет назад ранние охотники и

собиратели на территории Испании, Венгрии и Люксембурга также имели тёмную кожу, поскольку у них отсутствовали гены SLC24A5 и SLC45A2, отвечающие за светлую кожу современных европейцев. Однако на севере ситуация была совершенно иной —у охотников и собирателей южной Швеции присутствовали оба этих гена. Также присутствовал у них и ген HERC2/OCA2, отвечающий за голубые глаза и, возможно, связанный с бледной кожей и светлыми волосами. Когда первые земледельцы с Ближнего Востока переселились в Европу, они принесли с собой оба гена, отвечающие за светлую кожу. В результате интеграции с местными охотниками и собирателями, один из этих генов распространился по всей Европе, и как следствие обитатели Центральной и Южной Европы также постепенно становились светлокожими.

Исследователи наблюдали некоторые комплексные черты, являющиеся результатом взаимодействия многих генов, например, рост. Им удалось найти несколько стойких вариацией генов, отвечающих за рост центральных и северных европейцев. У представителей Ямной культуры был наилучший генетический потенциал для обладания высоким ростом. Однако в это же время в Италии и Испании укрепились популяции людей, естественный отбор в которых обусловил низкий рост. Этот процесс был результатом адаптации к более холодным температурам и бедному рациону питания. Учёным не удалось обнаружить иммунных генов среди генов, активно подвергавшихся естественному отбору, что противоречит теории об активном распространении болезней после открытия земледелия. Исследования не объясняет, почему именно эти гены подвергались наиболее строгому естественному отбору. Однако в случае пигментационных генов это может быть связано с активным синтезом витамина D, считает палеоантрополог Нина Яблонски. Люди, жившие в северных широтах, не получали достаточно света ультрафиолетового спектра для синтеза витамина D, и как следствие у них появилась светлая кожа, более активно поглощающая ультрафиолет. Также в связи с этим появилась переносимость лактозы, позволяющая усваивать витамин D, содержащийся в молоке.

Исследование наглядно показало, как индивидуальный генетический материал формируется за счёт рациона питания и приспособленности к окружающей среде. Благодаря данным исследования было получено подробное представление о работе естественного отбора. [1]

Подобный эксперимент, хотя и с очень небольшой выборкой (всего в 1-2 поколения) провел учёный Калифорнийского университета JonathanP. Beauchamp, который в своей статье «Genetic evidence for natural selection in human sin the contemporary United States» утверждал, что с появлением кроманьонцев (40-50 тыс. лет назад), эволюция человека остановилась, но исследования последних лет говорят об обратном. В частности, люди приспособились жить на больших высотах, получили устойчивость к малярии и возможность усваивать лактозу во взрослом возрасте. Что самое главное, современный уровень развития молекулярной генетики позволил установить, что эти изменения в человеке произошли относительно недавно – в пределах последних десятков тысяч лет. Автор также отмечает, что изменениям подвергся рост и индекс массы тела (ИМТ) европейцев.

В своём исследовании, автор статьи попытался найти больше доказательств эволюции современного человека, используя множественные выборки лиц европейского происхождения, родившихся в период с 1931 по 1953 г., проживающих на территории США. Исследования стали возможным, благодаря современным достижениям молекулярной генетики, которые позволили изучать действие естественного отбора, непосредственно на расшифрованный генотип. У нас

появилась возможность проанализировать генетические вариации, определяющие разнообразие фенотипов, как результат естественного отбора.

Используя эти знания, автор статьи составил генотипы испытуемых, чтобы предположить их рост, ИМТ, уровень их обучаемости и возраст первой менструации для женщин. Затем он исследовал взаимосвязи между своими предположениями и реальными данными, чтобы проверить вероятность естественного отбора.

Результаты исследования показали, что наиболее выраженной в своём изменении характеристикой оказался уровень обучаемости. В среднем, - 1,5 месяца на поколение, т.е., последующее поколение более обучаемым, чем предыдущие. Также им была отмечена тенденция к более позднему началу менструаций у женщин в следующем поколении. И хотя автор статьи не смог проецировать эти результаты больше, чем на одно поколение, он считал, что это является дополнительным доказательством постоянного развития современного человека. [2]

Многие учёные подходят к вопросам естественного отбора в человеческих популяциях, исходя из результатов анализа отличий в нашем геноме и геноме наших ближайших генетических «родственников» - шимпанзе. В настоящее время, когда в руках современной науки есть достаточно полные геномы человека и шимпанзе, становится возможным их совместное исследование, что позволит найти ответ на вопрос об эволюции и позволит установить причины, определившие различные генетические питии. Так, было установлено, что в результате естественного отбора около 75% последовательностей аминокислот у человека и шимпанзе были изменены, после их эволюционного «раскола». Такой вывод был сделан на основании анализа нескольких сотен генов, доказывающих наличие адаптивной эволюции в обоих ветках развития нашего общего предка. [3]

Углубляясь в вопрос различий человека и шимпанзе, группа учёных Стэндфордского университета провела исследования в области различий генов обонятельных рецепторов, которые представляют самое крупное семейство генов в геноме млекопитающих. У людей таких генов больше 100, но предполагаются функционирующими только около 40%. У обезьян количество функционирующих генов гораздо выше и достигает 68-72%. Изучив геномы людей, шимпанзе и орангутанга, учёные пришли к выводу, что основой естественного отбора генов обонятельных рецепторов у обезьян стал стабилизирующий отбор, в то время как у человека это был положительный отбор, представляющий собой один из видов естественного отбора, при котором в популяции закрепляются «полезные» признаки, повышающие жизнеспособность вида. Вероятно, это обусловлено различиями в образе жизни обезьян и человека, что привело к различию требований к сенсорным системам и уменьшению роли обоняния у человека. [4]

Другим интересным примером изучения эволюции человека на основе сравнения его в шимпанзе было исследование, проведённое учёными из Научно-исследовательского центра Принца Филиппа. Как известно, эволюционные биологи уже многие годы заинтересованы в поиске генетических основ нашей человечности. Новые методы исследований дали возможность Leonardo Arbiza, Joaquín Opazo и Hernán Dopazo получить более точные результаты в вопросах ранее упомянутого положительного отбора. Используя информацию о 13,198 генах, ученые вывели набор генов, отвечающих у людей и шимпанзе за селективные ограничения, которые определяют и ограничивают количество нейтральных и полезных мутаций. Большая их часть в генах человека и шимпанзе была очень

похожа, за исключением генов, связанных с G-белковыми рецепторами, которые были гораздо сильнее выражены у человека. Ученые предположили, что гены, закрепившиеся в геноме человека методом положительного отбора, могут быть важным фактором, лежащим в основе биологических различий между нами и ближайшими генетически к нам видами. [5]

Не последнюю роль в изучении естественного отбора в человеческих популяциях и эволюции человека играет международный проект HapMap, чьей задачей является разработка гаплотипа генома человека для описания общих закономерностей наследственной изменчивости людей. В настоящее время проект HapMap включает данные о генотипах большего количества групп населения. Последние проекты HapMap направлены на секвенирование геномов 1000 человек из совершенно разных популяций. Идея одного исследования заключается в изучении воздействия на человека, связанные с изменением климата, рациона питания и долгого воздействия патогенов, которые оставляют уникальные «следы» в геноме популяций. Непрерывный сбор данных из крупномасштабных проектов будет полезен и для проведения более полного сканирования генома для обнаружения доказательств положительного отбора. [6]

Значительный диапазон наблюдаемой фенотипической изменчивости в популяциях человека может отражать, в частности, отличительные процессы естественного отбора и адаптации к переменным условиям окружающей среды. Сейчас считается, что в результате положительного отбора человек приспосабливался к региональным условиям путём увеличения дифференциации определённых генов, например, 5'-UTR, который представляет собой нетранслируемую область на 5'-конце РНК. И наоборот – отрицательный (отсекающий) отбор значительно сократил дифференциацию в мутационной изменчивости аминокислот. Это исследование внесло свой вклад в изучение заболеваний, связанных с фенотепическим разнообразием современных человеческих популяций. [7]

Не имеющее отношение к проекту HapMap и имеющее кардинально другие методы, но похожее по идее исследование было проведено в 2015 году. Основная идея его заключалась в том, что разнообразие форм тела в различных человеческих популяциях частично может зависеть от естественного отбора, который в свою очередь движим климатическими условиями и случайным дрейфом геном. Попытки проверить все экогеографические гипотезы, не дали достаточного понимания взаимосвязи между климатом и морфологическими различий между популяциями. Это связано с затруднением выделить адаптивные черты, развившиеся в результате отбора в других условиях. Учёные Стендфордского университета: Kristen R. R. Savella, Benjamin M. Auerbacha и Charles C. Rosemanb использовали эволюционные количественные методы, чтобы понять, являются ли признаки, ранее признанные говорящими в пользу экогеографических гипотез, на самом деле адаптивными признаками, появившимися в результате естественного отбора, ведущего к усилению отличий между популяциями. Для проведения исследования были взяты несколько популяций из Африки (к югу от Сахары) и прослежен диапазон морфологических изменений (предполагалось, что они появились в результате адаптации к тропическому климату). Затем, такое же исследование было проведено для популяций человека более северных широтах (Северная Америка, Европа). Проведенное исследование позволило определить диапазон изменений в форме тела, появившихся в результате влияния климата естественного отбора. Полученные результаты показали, что не все изменения признаков, выделенные в группах, могли быть вызваны естественным отбором в условиях конкретной широты

(анализу подвергались длина бедренной и плечевой кости, предплечья, ширина таза). Измерения бедренной кости показали, что в отношении неё не действовал какой-либо направленный отбор, подтверждающий экогеографические гипотезы. В статье выделяются различия между группами людей, неявляющиеся индикаторами адаптации в результате естественного отбора. Ученые выделяют 2 проблемы, которые нуждаются в дальнейшем исследовании: первая проблема связана с миграцией людей, вследствие чего наблюдаемые различия в антропометрических показателях тел в человеческих популяциях могут быть результатом случайного дрейфа генов, вторая проблема акцентирует внимание на экогеографических теориях, который строятся на предположении о морфологических различиях между популяциями, которые являются результатом естественного отбора. [8]

Будучи людьми, непосредственно связанными с медициной, мы не могли обойти стороной темы, напрямую затрагивающие медицину. Естественный отбор работает таким образом, что раковые клетки, имеющие полезные для их выживания генетические и эпигенетические черты имеют преимущество в размножении и увеличении своей популяции перед другими типами клеток. В своей статье ученые из Hung T. Khong and Nicholas P. Restifo предположили, что в результате естественного отбора раковые клетки также получили возможность «избегать» иммунного ответа организма и не быть распознанными, как патогенные образования. Из этой идеи логично вытекает предположение, что опухоли можно уничтожить иммунотерапевтическим вмешательством. Несмотря на недавний прогресс в иммунобиологии опухолей и технических достижений в области иммунотерапии опухолей, текущие иммунотерапевтические методы, используемые в лечении онкологических пациентов не увенчались успехом в большинстве случаев. Неясно, является ли причиной неудачи та самая способность раковых клеток «избегать» иммунного ответа организма, приобретенного за тысячелетия естественного отбора, или отсутствие наблюдаемой регрессии опухоли происходит за счет несовершенства самих методов иммунотерапии. Задача иммунологов, работающих с вопросами иммунотерапии опухолей, состоит в изучении механизмов, позволяющих опухолевым клеткам становятся невосприимчивыми к иммунному ответу. Этот задача охватывает три наиболее важных вопроса: устранение факторов торможения иммунного ответа, предотвращение иммунорезистентных генотипов опухолей и обеспечение реакции организма в виде своеобразных «иммунных сигналов». [9]

Первостепенность инфекционных заболеваний в угрозе для выживаемости человечество актуальна в настоящее время. В организме современного человека присутствует огромное множество рецепторов, обеспечивающих врождённый иммунитет. Пагубные последствия микробных инфекций привели к эволюции различных механизмов защиты клеток хозяина. Так, уже у насекомых мы можем наблюдать специфические Толл-подобные рецепторы (TLR), которые, как сейчас предполагается, инициируют врожденную иммунную реакцию на патогенные микроорганизмы. Именно TLR инициируют воспалительные реакции в организме человека. В своём исследовании учёные из США и Франции предположили, что некоторые TLR могут быть избыточными и не до конца необходимыми для защиты нашего иммунитета. Проведенное исследование, показало действие естественного отбора на TLR человека, и помогло получить представление о функционально важную роли, которую они играют в иммунной системе. В результате исследования 158 индивидуумов из различных человеческих популяций по всему миру учёным удалось выделить десять человеческих TLR-ов, которые специализируются на определении вирусов и развиваются под сильным давлением стабилизирующего отбора, что определяет важную роль в выживании хозяина. В тоже время,

остальные TLR-ы отличились более высоким уровнем своей избыточности. Учёные отметили, что иногда мутации, повреждающие иммунные ответы человека могут быть полезными и приводить к понижению группы TL1- рецепторов у европейцев в результате положительного отбора. Общие результаты исследования свидетельствуют о биологическом разнообразии и значимости человеческих TLRs. Полученные новые гипотезы могут быть подтверждены в клинических, иммунологических и эпидемиологических исследованиях. [10]

Изучив вышеприведённые материалы, мы можем предположить, что естественный отбор как движущая сила эволюции человека продолжается.

Ссылки на источники:


1. Ann Gibbons. How Europeans evolved white skin / Ann Gibbons // Science AAAS. –2014.
2. Jonathan P. Beauchamp. Genetic evidence for natural selection in humans in the contemporary United States / Jonathan P. Beauchamp // PNAS. –2016. – vol. 113 no. 28. – С. 7774-7779
3. YoavGilad, Carlos D. Bustamante, Doron Lancet, SvantePääbo. Natural Selection on the Olfactory Receptor Gene Family in Humans and Chimpanzees / YoavGilad, Carlos D. Bustamante, Doron Lancet, SvantePääbo // AJHG. –2003. –Vol.73, Issue 3. – С. 489-501.
4. Hans Ellegren. Evolution: Natural Selection in the Evolution of Humans and Chimps / Hans Ellegren // Current Biology . –2005. – Volume 15, Issue 22. – С. 919-922.
5. Leonardo Arbiza, JoaquínDopazo, HernánDopazo. Positive Selection, Relaxation, and Acceleration in the Evolution of the Human and Chimp Genome / Leonardo Arbiza, JoaquínDopazo, HernánDopazo // Public Library of Science. –2006.
6. Angela M. Hancock and Anna Di Rienzo. Detecting the Genetic Signature of Natural Selection in Human Populations: Models, Methods, and Data / Angela M. Hancock and Anna Di Rienzo // Annual Review Anthropology. –2008. – №37. – С. 197-291.
7. Luis B. Barreiro, Guillaume Laval, Helene Quach, Lluis Quintana-Murci. Natural selection has driven population differentiation in modern humans / Luis B. Barreiro, Guillaume Laval, Helene Quach, Lluis Quintana-Murci // Nature Genetics. –2008. – №40(3). – С. 340-345.
8. Kristen R. R. Savella, Benjamin M. Auerbacha, Charles C. Rosemanb. Constraint, natural selection, and the evolution of human body form / Kristen R. R. Savella, Benjamin M. Auerbacha, Charles C. Rosemanb // PNAS. -2016. -vol. 113 no. 34. – С. 9492–9497
9. Hung T. Khong, Nicholas P. Restifo. Natural selection of tumor variants in the generation of “tumor escape” phenotypes / Hung T. Khong, Nicholas P. Restifo // Nature Immunology. –2002. – №3(11). – С. 999-1005.
10. Evolutionary Dynamics of Human Toll-Like Receptors and Their Different Contributions to Host Defense / Luis B. Barreiro, Meriem Ben-Ali, Hélène Quach, Guillaume Laval, Etienne Patin // Plos Genetics. – 2009.