



Мовсесян А.А.

*МГУ имени М.В.Ломоносова, биологический факультет, кафедра антропологии,
Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Москва, 119234, Россия*

АНТРОПОЛОГИЯ ЛЕВОРУКОСТИ: ИСТОРИЧЕСКИЕ, ЭВОЛЮЦИОННЫЕ И КУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ

Введение. *Леворукость представляет собой сложный биологический и социальный феномен, обусловленный генетическими, нейробиологическими и культурными факторами. Это явление связано с функциональной асимметрией мозга и может влиять на когнитивные процессы, восприятие и поведение.*

Материалы и методы. *В статье рассматриваются различные теории происхождения и сохранения полиморфизма леворукости с использованием данных антропологических, нейробиологических и генетических исследований, а также анализа археологических находок и культурных практик древних гоминид.*

Результаты и обсуждение. *Антропологические исследования показывают, что частота леворукости в человеческих популяциях варьирует от 10% до 25%, с географическими различиями, которые зависят от социальных и культурных факторов. В древних обществах праворукость была доминирующим признаком, что подтверждается археологическими находками, в то время как леворукость была редкостью, но не исключением. В историческом контексте леворукость часто воспринималась как отклонение от нормы, что приводило к стигматизации и ограничению социальных возможностей леворуких людей.*

Распространение леворукости связывается с действием трех групп факторов: патологических, социальных и генетических. Было показано, что леворукость связана с функциональной асимметрией мозга и может влиять на когнитивные процессы, восприятие и поведение. Наследуемость леворукости оценивается примерно в 24%. Полногеномный поиск генетических ассоциаций с ведущей рукой обнаружил 41 генетический вариант, связанный с леворукостью, и 7 вариантов, связанных с амбидекстрией: вовлеченные гены регулируют также формирование и работу центральной нервной системы. Генетические варианты, предрасполагающие к леворукости, могут лежать также в основе части ассоциаций леворукости с некоторыми психиатрическими расстройствами. Однако широко распространенный полиморфизм и относительная стабильность частоты леворукости в человеческих популяциях на протяжении длительного времени привели к гипотезам о её поддержке различными видами отрицательного частотно-зависимого отбора.

Заключение. *Антропологическое изучение механизмов леворукости помогает раскрыть вопросы эволюции человеческого мозга и развития общества и предоставляет ценные данные для понимания как биологических, так и социальных аспектов человеческой индивидуальности.*

Ключевые слова: *биологическая антропология; эволюция леворукости; генетика леворукости; социальное восприятие леворукости; асимметрия мозга; стигматизация леворукости*

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-1-8

Введение

Леворукость – феномен, который на протяжении веков привлекал внимание как ученых, так и обычных людей. Люди, пользующиеся преимущественно левой рукой, были повсеместно распространены в человеческих популяциях еще с доисторических времен, и частота и восприятие этого явления варьировали в различных географических регионах. Отношение к леворуким людям может служить индикатором социальных норм, ценностей и предрассудков, существующих в обществе.

В настоящее время примерно 10–12% населения мира являются левшами [Coren, 1990]. Это меньшинство, несмотря на свою численность, оказывает заметное влияние на развитие культуры, науки, искусства и технологий. Леворукость – не просто предпочтение использования одной руки вместо другой; это явление, которое связано с функциональной асимметрией мозга и может влиять на когнитивные процессы, восприятие и поведение.

С антропологической точки зрения, изучение леворукости открывает уникальную возможность исследовать взаимодействие биологических, культурных и социальных факторов в человеческих обществах, затрагивая различные аспекты эволюции, нейробиологии и генетики. Цель данного обзора – осветить основные теории, объясняющие происхождение и сохранение леворукости в человеческой популяции с точки зрения эволюционной антропологии, а также проанализировать современные научные данные о нейробиологических, генетических и культурных факторах, влияющих на распространённость этого феномена.

Материалы и методы

В данной работе рассматриваются нейробиологические и генетические исследования, демонстрирующие связь патологических и наследственных факторов, а также межполушарной асимметрии мозга с проявлением леворукости. При этом особое внимание уделяется культурным и историческим аспектам восприятия левшей. Анализ этнографических, исторических и социологических источников позволяет выявить формы стигматизации и предрассудков, связанных с использованием левой руки, и понять, как социальные установки влияли на распространённость и выявляемость леворукости в разные эпохи и в различных обществах.

Результаты и обсуждение

Относительная стабильность частоты леворукости в человеческих популяциях может указывать на то, что данный признак поддерживается определёнными эволюционными механизмами. Чтобы понять эволюционные процессы, связанные с леворукостью, важно иметь представление о том, как этот признак изменялся на протяжении времени, а также в различных географических регионах. Примечательно, что *Homo sapiens* демонстрирует предпочтение определенной руки, асимметричное на уровне всего вида. Начиная с эпохи верхнего палеолита, около 10 000 лет назад, доля левшей изменилась очень незначительно, составляя в среднем около 10% [Coren, 1990]. Частота правой руки в любой популяции колеблется от 74% до 96% [Annett, 2002; Raymond, Pontier, 2004; Faurie et al., 2005].

В отличие от человека, ни один другой вид приматов не проявляет столь высокие и устойчивые частоты популяционных предпочтений праворукости, что указывает на то, что крайности как направления, так и силы асимметрии рук (т. е. праворукость на уровне всего вида) могли возникнуть после расхождения с последним общим предком [Uomini, 2009]. Наблюдения за экспериментальными и спонтанными движениями рук у обезьян, как в неволе, так и в дикой природе, показывают, что человекообразные обезьяны не демонстрируют стабильной популяционной согласованности в паттернах использования рук на уровне всего вида [Colell et al., 1995; Papademetriou et al., 2005]. Отдельные индивиды, как правило, амбидекстральны (используют обе руки с одинаковым предпочтением) для большинства задач и амбилатеральны (специализируются на одной руке для определённых задач, например, используют правую руку для одних задач и левую для других) для нескольких задач [McGrew, Marchant, 2001; Fletcher, Weghorst, 2005]. В некоторых популяциях наблюдается левостороннее предпочтение (например, при ловле термитов у диких шимпанзе в Гомбе) [Lonsdorf, Hopkins, 2005]. Эти данные подчеркивают уникальность манипулятивных навыков у человека, поскольку у *Homo sapiens* в различных, не связанных между собой популяциях, разделенных значительными расстояниями и временными промежутками, преобладает праворукость. Более того, ни одна популяция *Homo sapiens* не является полностью леворукой или амбидекстральной [Laurens et al., 2009].

Об относительной редкости леворукости у древних людей можно судить на основе анализа ископаемых образцов скелетов, каменных орудий труда и различных других артефактов [см. обзор Steele, Uomini, 2005]. Анализ форм различных орудий гоминидов возрастом около 500 000 лет показал, что большинство из них были изготовлены и использовались правшами [Phillipson, 1997]. По словам археолога Николаса Тота, еще 1,5 миллиона лет назад более половины ранних каменных орудий были высечены правой рукой [Toth, 1985]. Дополнительным косвенным свидетельством доисторической праворукости служит скелет *Homo ergaster*, возрастом около 1,6 миллиона лет, найденный в Кении группой Ричарда Лики. Некоторые анатомические особенности – например, различия в длине локтевых костей и глубине крепления дельтовидных мышц к ключице – указывают на предпочтение правой руки [McManus, 2002]. Более того, следы от разбивания черепов павианов *Australopithecus africanus* (2–3 миллиона лет назад) также демонстрируют паттерны, характерные для правшей [Milenković et al., 2019]. Длина костей руки у неандертальцев возрастом 35 000 лет свидетельствует о преобладании праворукости в 93% случаев [Trinkaus et al., 1994; Laugens et al., 2009]. При объединении данных о состоянии зубов с информацией об эндокастах и асимметрии плечевой кости у неандертальцев выяснилось, что из 28 особей 25 были праворукими, двое – леворукими [Uomini, 2009].

Одним из методов изучения леворукости в древности является анализ палеолитического искусства. Исследования показывают, что распределение правых и левых отпечатков может отражать присутствие левшей среди древних художников [Uomini, 2009]. Отпечатки рук на стенах пещер, таких как Эль-Кастильо в Испании и Пеш-Мерль во Франции, дают возможность определить, какая рука использовалась для создания отпечатка. Во всех случаях задействованы обе руки – и правая, и левая, однако чаще фиксируется использование левой руки. На первый взгляд это может показаться парадоксальным, но подобная ситуация указывает на преобладание правшей: как правило, к стене прижимают и обводят краской именно не ведущую руку (см.: обзор у Steele & Uomini, 2005).

Леворукость, как и другие формы человеческой индивидуальности, с древних времен была объектом интереса, страха и даже предвзятости. В отличие от праворукости, которая с самых ранних эпох считалась нормой, леворукость была наделена множеством негативных ассоциаций и мифов, что приводило к стигматизации левшей в различных культурах и исторических периодах. Процесс становления этой стигматизации можно проследить от древних времен до новейшей истории, когда леворукость всё ещё воспринималась как отклонение от нормы.

Культурные нормы древних цивилизаций, от Греции и Рима до Китая, Египта и Месопотамии, способствовали преобладанию праворукости, что искусственно уменьшало число биологически леворуких людей. Почти во всех этих странах для церемоний и приема пищи использовалась правая рука и осуждалась леворукость. В римской культуре латинское слово «sinister» означало «левый», но со временем приобрело значение «зловещий» или «неблагоприятный» [Kushner, 2017]. Древние римляне утверждали, что ношение обручального кольца на левом пальце поможет отбиться от зла, которое находится на левой руке. Рукопожатие правой рукой при приветствии также восходит к Древнему Риму как доказательство отсутствия скрытого оружия. Судя по всему, Юлий Цезарь поощрял этот ритуал, постоянно опасаясь убийства [Coren, 1992].

Греческое слово «ἀριστερός» (aristeros) означает «левый» и иногда ассоциировалось с неблагоприятными признаками, тогда как «δεξιός» (dexios) – «правый», имело позитивные коннотации [McManus, 2002]. В десяти первых принципах, сформулированных древнегреческим математиком и философом Пифагором, правая сторона ассоциировалась со светом, добром, мужским началом и прямоотой, тогда как левая сторона связывалась с тьмой, злом, женским началом и кривизной [Corballis, 1983].

Анализ праворукости в Библии обнаружил около 100 положительных упоминаний о «правом» и правой руке и около 25 отрицательных упоминаний о «левом» и левой руке. Подобную точку зрения можно найти и в Коране. Как в исламе, так и в индуизме во время торжественных церемоний используется исключительно правая рука [Milenkovic et al., 2019].

В то же время в древнем Китае Инь ассоциировался с правой стороной, женским началом и темнотой, в то время как Ян связывался с левой стороной, мужским началом и светом [Corballis, 1983]. Леворукость могла рассматриваться как преимущество в военном контексте, поскольку леворукие воины могли удивлять противника нестандартной тактикой. Известен исторический пример племени Вениамина из библейских текстов, где упоминаются леворукие воины, искусно владевшие оружием [Ветхий Завет, Книга Судей 20:16].

*Отношение к леворукости в Средние века
и в Новой истории*

В Средние века в Европе леворукость также часто связывалась с негативными представлениями. Под сильным влиянием католической церкви леворукость стала ассоциироваться с «дьяволом» и «слабостью». Во времена инквизиции леворукости было достаточно, чтобы приговорить женщину к смерти как ведьму [Cohen, 1992].

В XVIII и XIX веках дискриминация левшей была сильной и официально признанной. Она включала в себя такие практики, как связывание левой руки ребенка за стулом или телесные наказания любого, кто был пойман на письме левой рукой. Во время промышленной революции леворукость была особенно неблагоприятной, так как машины и инструменты были разработаны для правой руки [Cohen, 1992]. В XIX веке итальянский криминалист и врач Чезаре Ломброзо связывал леворукость с жестокостью и преступностью. К счастью, его идеи о леворукости и человеческом поведении позже были отброшены [Kushner, 2011].

Повсеместное доминирование праворукости было признано в 1837 году английским врачом сэром Томасом Уотсоном, который писал: «Использование правой руки в отличие от левой является всеобщим во всех народах и странах. Я верю, что никогда не существовало народа или племени левшей. ... Среди изолированных племен Северной Америки, которые совсем недавно стали известны цивилизованному миру, не встречалось ни одного исключения из общего правила. Капитан Бэк сообщил мне, что странствующие семьи эскимосов, с которыми он встречался во время своих многочисленных экспедиций к Северному полюсу, все бросали копья правой рукой и сжимали луки левой» [Watson, 1836].

Культурные предубеждения и стигматизация во все эпохи влияли на практику использования рук. Тем не менее, в популяциях гоминидов в доисторические и исторические времена существовал полиморфизм в преимущественном использовании рук, с общим доминированием правой руки. Полиморфизм, по-видимому, сохранялся в течение значительного эволюционного времени, что позволяет предположить, что отбор мог играть важную роль в сохранении этого разнообразия.

Одним из показателей полиморфизма являются вариации частот правой и левой руки в различных популяциях. Так, исследования частоты леворукости на основании данных о метании ядра в 14 странах Америки, Африки, Европы, Азии и Австралии обнаружили диапазон от 5 до 25,9%, что свидетельствует о важных географических различиях в предпочтениях рук [Raymond, Pontier, 2004]. Такие же географические различия наблюдались и в отношении предпочтений при письме: в опросе 12 000 человек из 17 стран левшами были от 2,5 до 12,8% [Perelle, Ehrman, 1994]. Аналогичный диапазон вариаций левосторонних частот (от 3,3 до 26,9%) обнаружен и при исследовании традиционных обществ [Faurie et al., 2005]. Более того, в большинстве изученных популяций доля левшей среди женщин была ниже, чем среди мужчин [Raymond, Pontier 2004; Medland et al., 2004; Papadatou-Pastou et al., 2008], что свидетельствует о важном влиянии пола на детерминизм предпочтения рук. В России, по разным оценкам, около 10–15% населения являются левшами, при этом в средней полосе России их численность составляет 6,7%, в Москве – 3,4%, среди коренных жителей Таймыра – 33,8% [Чуприков, Волков, 2005]. Обширный метаанализ по выборке в 2 396 170 человек [Papadatou-Pastou et al., 2020] показал, что при строгих критериях леворукости её распространённость в среднем составляет около 9,3%, при более мягких – до 18,1%, а наиболее надёжная оценка – около 10,6%. По мнению авторов, универсальные эволюционные механизмы поддерживают соотношение примерно 1:10, в то время как культурные факторы могут его корректировать.

Распространение леворукости связывается с действием трех групп факторов: патологических, социальных и генетических.

*Патологические
факторы*

Существенное влияние на частоту леворукости оказывают факторы окружающей среды. Так, на формирование леворукости у людей могут влиять некоторые особенности развития. Ассоциации между леворукостью и проблемами со здоровьем привели к различению патологической леворукости, возникающей из-за стрессов развития, и семейной леворукости, обусловленной генетикой [Harris, Carlson, 1988]. Эта гипотеза предполагает, что некоторые люди становятся левшами вследствие перенесенных патологий. Так, например, повышенная частота левшей среди пациентов с расстройствами центральной нервной системы (например, шизофрения, эпилепсия, умственная отсталость, проблемы с обучением) объясняется тем, что раннее повреждение мозга может привести к переключению на леворукость [Satz et al., 1985]. Таким образом, любые стрессоры или патологические факторы, нарушающие нормальное развитие и вызывающие смену предпочтительной руки, могут привести к более высокой доле левшей [Cogen, Halpern, 1991].

Гормональные факторы внутриутробной среды, особенно высокие уровни пренатального тестостерона, также считаются возможной причиной леворукости [Geschwind, Galaburda, 1985]. Повышенный тестостерон может замедлять развитие левого полушария, что ведет к леворукости и слабой латерализации [Geschwind, Behan, 1982]. Эта теория не исключает генетические механизмы, так как уровни пренатального тестостерона имеют генетическую составляющую [Manning et al., 2000].

Было высказано предположение, что леворукость является результатом повреждения левого полушария мозга в перинатальный период из-за гипоксии, вызванной стрессом при родах (например, преждевременные или затяжные роды, резус-несовместимость, ягодичное предлежание, многоплодная беременность, синдром дыхательных расстройств, первая беременность, возраст матери), и изменение предпочтения руки может быть остаточным эффектом родовой травмы, поскольку левое полушарие более уязвимо к воздействию гипоксии, чем правое [Vakan, 1971; Vakan et al., 1973]. Некоторые исследования действительно показали повышенную частоту левшей среди детей с историей родового стресса и у лиц с различными неврологическими нарушениями [Schwartz, 1988; Williams

et al., 1992]. Однако другие авторы не подтвердили эту гипотезу [Annett, Ockwell, 1980; McManus, 1981].

Существуют также данные, подтверждающие повышенную частоту леворукости среди детей с экстремально низкой массой тела при рождении [O'Callaghan et al., 1987; Powls et al., 1996]. Наиболее часто предполагаемое объяснение связывает леворукость с ранним повреждением мозга, риск которого значительно увеличивается при низкой массе тела при рождении [Stewart et al., 1999].

Очень важным для понимания феномена леворукости было знаменитое открытие французским ученым Полем Брока асимметрии полушарий мозга, сделанное в 1860 году. Он предположил, что левое полушарие играет доминирующую роль в обработке языка и речи у большинства людей и специализируется на речи, а правое – на эмоциональных и невербальных функциях, что было подтверждено его клиническими наблюдениями. Исследования Брока также оказали влияние на понимание связи между асимметрией мозга и леворукостью. Хотя основное внимание Брока было сосредоточено на языковых функциях, его работа заложила основу для изучения того, как структурные и функциональные различия в мозге могут влиять на предпочтение руки.

Было высказано предположение, что эволюция человеческой речи подразумевает связь между речью и жестами, и, таким образом, латерализация мозга для речи может быть причиной асимметричного использования рук [Corballis, 2003]. Это эволюционное объяснение было далее развито Валлортигарой и Роджерсом [Vallortigara, Rogers, 2005], которые оценили затраты и выгоды латерализации мозга. Исследования показывают, что левши отличаются от правшей по восприятию мира, методам мышления и эмоциональным реакциям. Основной причиной этих различий является тесная связь доминирующего полушария мозга с латеральными предпочтениями, что приводит к уникальной функциональной организации мозга. Таким образом, мозг левшей работает по иным принципам, чем мозг правшей [Широкова, 2019].

Эволюционная теория асимметрии В.А. Геодакяна [Геодакян, Геодакян, 1997] рассматривает праворукость и леворукость как нормальные адаптивные фенотипы, обеспечивающие поведенческую гибкость популяции в условиях стабильной и изменчивой среды. У

эмбриона изначально доминирует более древнее правое полушарие, контролирующее левую руку. При благоприятных условиях интенсивное развитие левого полушария приводит к тому, что оно начинает доминировать, полностью вытесняя функции правого полушария. Это вызывает переключение доминирования на правую руку, что называется транс-праворукостью (левое полушарие контролирует правую руку). Однако при неблагоприятных условиях, таких как экологический или психологический стресс матери, развивается гипоксия, которая подавляет более уязвимое левое полушарие. Это замедляет его развитие, не позволяя ему достичь стадии доминирования. В этом случае формируется цислеворукость, когда сохраняется контроль левого полушария над левой рукой, но развитие доминантности не завершается переключением. Таким образом, леворукость и праворукость рассматриваются не как патологии, а как эволюционно обусловленные механизмы адаптации.

По мнению некоторых авторов, леворукость может быть связана не только с патологиями, но и с креативностью, особенно у мужчин [Newland, 1981; Coren, 1995; Симонов, 2021]. Многие левши обладают большими художественными и пространственными способностями [Доброхотова, Брагина, 2004]. Исследования также показали, что среди одарённых детей (IQ > 131) доля левшей выше, чем среди их сверстников [Hicks, Dusek, 1980]. Кроме того, левши могут обладать специфическими талантами, такими как повышенные музыкальные способности [Aggleton et al., 1994; Kopiez et al., 2006] или склонность к математике [Casey et al., 1992; Crow et al., 1998]. Был обнаружен также высокий процент леворуких среди каратистов и борцов [Ермаков, 1986, 1988].

Социальные факторы

Кросскультурные исследования убедительно свидетельствуют о том, что особенности культурной среды влияют на соотношение право- и леворуких в популяции. На протяжении многих веков происходила стигматизация леворукости, однако в XX веке, с развитием психологии и нейробиологии, отношение к леворукости начало меняться. Леворукость перестали воспринимать как патологию, и в большинстве стран отказались от практики переучивания. Однако в некоторых странах, таких, как Кот-д'Ивуар и Судан, сохраняются строгие социальные нормы, запрещающие использование левой руки,

особенно при еде [De Agostini et al., 1997]. В Японии лишь 0,7% людей пишут левой рукой, а 1,7% используют её для приёма пищи, что указывает на продолжение сильных традиционных ограничений [Shimizu, Endo, 1983].

В то же время был выявлен рост использования левой руки для письма во Франции, что отражает изменения в образовательных подходах к леворукости во второй половине XX века [Dellatolas et al., 1988]. Подобные сдвиги наблюдались и в других странах, включая Италию [Salmaso, Longoni, 1985] и Бразилию [Martin, Freitas, 2002]. В течение XX столетия пропорция индивидов, пишущих левой рукой, в США, Австралии и Новой Зеландии увеличилась с 2 до 12% [Laland et al., 1995]. Исследования школьников в Китае и Тайване показали, что только 3,5% и 0,7% соответственно пишут левой рукой [Teng et al., 1976]. Это значительно отличается от 6,5% среди азиатских школьников, проживающих в США, где отношение к леворукости стало более терпимым [Hardyck et al., 1976].

Генетические факторы

Эмпирические исследования, включая семейные, показали, что предпочтение руки имеет значимый генетический компонент. Известен древний спор между Платоном и его учеником Аристотелем о леворукости. Платон, правша, считал, что доминирование навыков руки является приобретенным, в то время как левша Аристотель в своей книге «Метафизика» утверждал, что люди правши либо левши от природы [Milenkovic et al., 2016]. Исследования близнецов [Medland et al., 2009] и семейные исследования [Lien et al., 2015] показывают, что доминирование одной из рук является наследственным, а аддитивные генетические эффекты, по видимому, объясняют около 25% дисперсии. Наследуемость леворукости оценивается примерно в 24% [Medland et al., 2009; Somers et al., 2015]. Семейная леворукость наблюдается у 72% леворуких мужчин и 78% женщин [Двирский, 1983].

Были предложены каузальные модели, предполагающие участие одного гена с существенным эффектом. Наиболее известными среди них являются «теория правостороннего сдвига» [Annett, 1985] и модель МакМануса [McManus, 1991], основанные на гипотезе о единственном гене с двумя аллелями. Эти модели учитывают значительную роль случайных факторов во время развития, устанавливая мак-

симальную распространенность леворукости в популяции на уровне 50%. Это необходимо для объяснения низкой частоты леворукости у детей двух леворуких родителей и случаев монозиготных близнецов с разной рукостью.

Однако сегрегационный анализ предпочтения и использования руки на выборке из 1818 гавайских семей не подтвердил ни одну полностью генетическую модель детерминизма руко-сти. Он показал, что фенотипическая вариация руко-сти может быть объяснена лишь на 10–20% генетическими факторами и на 80–90% влиянием окружающей среды [Ashton, 1980]. Несоответствие эмпирических данных этим простым генетическим моделям указывает на то, что генетический детерминизм руко-сти не является простым и может предполагать участие нескольких генов или других неидентифицированных факторов.

Полногеномный метаанализ генетических ассоциаций, связанных с ведущей рукой, обнаружил, что с леворукостью связан 41 локус [Cuellar-Partida et al., 2021], и вовлеченные гены регулируют также формирование и работу центральной нервной системы. Результаты этого исследования показали, что леворукость высоко полигенна и что генетические варианты, которые предрасполагают к леворукости, могут лежать в основе части ассоциации с некоторыми психиатрическими расстройствами. Генетическая корреляция между леворукостью и амбидекстрией оказалась низкой, что подразумевает, что эти черты в значительной степени зависят от разных генетических механизмов. Позднее были определены варианты гена TUBB4B, которые в 2,7 раз чаще встречались у леворуких [Kulkarni, 2024]. Ген TUBB4B связан с тубулинами – белками микротрубочек, определяющими многие внутриклеточные процессы. Микротрубочки могут влиять на формирование леворукости, поскольку они образуют реснички на клеточных мембранах, направляющих потоки жидкости асимметричным образом во время развития [Schijven et al., 2024].

Леворукость и естественный отбор

Сохранение полиморфизма леворукости во всех человеческих популяциях свидетельствует о том, что леворукость поддерживается определенными селективными силами. Если бы действовал исключительно направленный отбор, это привело бы к закреплению одной выгодной формы и устранению полиморфизма.

Таким образом, древний и широко распространенный полиморфизм леворукости указывает на наличие уравнивающего отбора, влияющего на этот признак.

Относительная стабильность частоты леворукости (~10%) в человеческих популяциях на протяжении длительного времени привела к гипотезе о её поддержке отрицательным частотно-зависимым отбором. Это стало основанием для разработки ряда эволюционных теорий. Например, «боевая гипотеза» предполагает, что леворукие, несмотря на возможные недостатки в мозговой латерализации, получают компенсирующее преимущество из-за своей редкости – элемент неожиданности в бою и других конкурентных ситуациях даёт им тактическое преимущество [Zickert et al., 2018; Richardson, Gilman, 2019; Papadatou-Pastou et al., 2020]. Косвенные доказательства гипотезы включают более высокую частоту леворуких среди элитных спортсменов в видах спорта, требующих высокой координации, таких как теннис, фехтование и бейсбол [Loffing, 2017]. Чрезмерная представленность левшей была замечена в боксе [Loffing, Hagemann, 2015], смешанных боевых искусствах [Ziyagil et al., 2010], дзюдо [Tirp et al., 2014], а также каратэ и тхэквондо [Cingoz et al., 2018]. Можно предположить, что состязания между мужчинами, такие как драки, играли важную роль в половом отборе у человека. Если леворукие мужчины при их редкости добиваются непропорционально большого успеха в боевых видах спорта, то в древних обществах, где физическое насилие и конкуренция были гораздо более распространены, в некоторых случаях они могли бы иметь репродуктивное преимущество.

Была выдвинута также теория, согласно которой постоянной частоте леворукости в популяциях, несмотря на преобладание праворукости, способствует родственный отбор [Dong et al., 2024]. Леворукость, являясь редким признаком, может предоставлять специфические преимущества в таких контекстах, как военная тактика или творческая деятельность, что увеличивает выживаемость и репродуктивный успех леворуких особей. Родственный отбор поддерживает этот признак, так как леворукие индивиды могут передавать свои гены через помощь близким, тем самым повышая их шансы на выживание в группе и способствуя сохранению леворукости в человеческих популяциях.

Заключение

В заключение отметим, что леворукость представляет собой многофакторный феномен, который не сводится лишь к генетическим особенностям или культурным традициям. Несмотря на историческое доминирование праворуко-сти, леворукость в популяциях человека сохраняется в пропорции приблизительно 1:10, что говорит о существовании устойчивого эволюци-онного и физиологического баланса. При этом культурные факторы могут увеличивать или снижать фактическую распространённость лев-шей за счёт воспитательных стратегий и соци-альных норм. Современные исследования пока-зывают, что изучение леворукости помогает глубже понять механизмы функционирования головного мозга, межполушарные асимметрии и их значение в когнитивном и эмоциональном развитии. В дальнейшем необходимы междис-циплинарные исследования, учитывающие гене-тические, нейробиологические и культурно-социальные аспекты леворукости, чтобы более детально раскрыть ее природу и эволюционное значение.

Библиография

- Геодакян В.А., Геодакян К.В. Новая концепция ле-ворукости. Доклады РАН, 1997. Т. 356 (6). С. 838–842.
- Ветхий завет – Книга Судей. Российское Библей-ское Общество. 2003.
- Девирский А.Е. Влияние наследственности и geno-типических факторов на проявление леворукости // Функциональная асимметрия и адаптация человека. М., 1983. С. 84–86.
- Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Методологиче-ское значение принципа симметрии в изучении функ-циональной организации человека // Функциональная межполушарная асимметрия: хрестоматия. М.: Науч-ный мир, 2004. С. 10–54.
- Ермаков П.Н. Асимметрия двигательных реакций верхних и нижних конечностей у человека // Физиоло-гия человека, 1986. Т. 12. № 3. С. 507–508.
- Ермаков П.Н. Психомоторная активность и функ-циональная асимметрия мозга. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та. 1988.
- Симонов П.В. Эмоциональный мозг. СПб., 2021.
- Чуприков А.П. Волков Е.А. Мир леворуких. Киев: Ин-т нейропсихиатрии. 2005.
- Широкова И.В. Психологические аспекты левору-кости: понятие, причины, особенности // Комплексные исследования детства. 2019. № 1. С. 73–79. DOI: 10.33910/2687-0223-2019-1-1-73-79.

Информация об авторе

Мовсесян Алла Арменовна, д.б.н.; ORCID ID; 0000-0003-1329-5904; amovsessyan@gmail.com

Поступила в редакцию 05.12.2024,
принята к публикации 23.12.2024

Movsesian A.A.

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Anthropology, Leninskie Gory, 1(12), Moscow, 119234, Russia

ANTHROPOLOGY OF LEFT-HANDEDNESS: HISTORICAL, EVOLUTIONARY, AND CULTURAL ASPECTS

Introduction. *Left-handedness is a complex biological and social phenomenon influenced by genetic, neurobiological, and cultural factors. Associated with the functional asymmetry of the brain, it can affect cognitive processes, perception, and behavior.*

Materials and methods. *This article examines various theories on the origin and persistence of left-handedness polymorphism, drawing on data from anthropological, neurobiological, and genetic studies, as well as analyses of archaeological findings and the cultural practices of ancient hominids.*

Results and discussion. *Anthropological studies indicate that the frequency of left-handedness in human populations ranges from 10% to 25%, with geographical variations influenced by social and cultural factors. In ancient societies, right-handedness was the dominant trait, as confirmed by archaeological evidence, while left-handedness was rare but present. Historically, left-handedness was often viewed as a deviation from the norm, leading to stigmatization and limited social opportunities for left-handed individuals. The prevalence of left-handedness is linked to three groups of factors: pathological, social, and genetic. It has been shown that left-handedness is associated with functional brain asymmetry and can influence cognitive processes, perception, and behavior. The heritability of left-handedness is estimated to be approximately 24%. Genome-wide*

association studies of handedness have identified 41 genetic variants associated with left-handedness and 7 variants associated with ambidexterity; the involved genes also regulate the development and function of the central nervous system. Genetic variants predisposing to left-handedness may contribute to some associations between left-handedness and certain psychiatric disorders. However, the widespread polymorphism of left-handedness and the relative stability of its frequency in human populations over long periods have led to hypotheses about its maintenance through various forms of negative frequency-dependent selection.

Conclusion. The anthropological study of the mechanisms underlying left-handedness helps to address questions about the evolution of the human brain and societal development, providing valuable insights into both the biological and social aspects of human individuality.

Ключевые слова: human biology; evolution of left-handedness; genetics of left-handedness; social perception of left-handedness; brain asymmetry; stigmatization of left-handedness

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-1-8

References

- Geodakyan V.A., Geodakyan K.V. NA new concept of left-handedness. In: *Proceedings of the Russian Academy of Sciences*, 1997, 356 (6), pp. 838–842. (In Russ.).
- The Old Testament – Book of Judges. Russian Biblical Society, 2003. (In Russ.).
- Dvirsky A.E. Influence of inheritance and genotypic factors on the manifestation of left-handedness. In: *Functional Asymmetry and Human Adaptation*. Moscow, 1983, pp. 84–86. (In Russ.).
- Dobrokhotova T.A., Bragina N.N. The methodological significance of the symmetry principle in the study of human functional organization. In: *Functional Interhemispheric Asymmetry: A Reader*. Moscow: Nauchnyi mir, Publ., 2004, pp. 10–54. (In Russ.).
- Ermakov P.N. Asymmetry of motor responses in the upper and lower limbs of humans. *Human Physiology*, 1986, 12 (3), pp. 507–508. (In Russ.).
- Ermakov P.N. *Psychomotor activity and functional asymmetry of the brain*. Rostov-on-Don: Publishing House of Rostov University, 1988. (In Russ.).
- Simonov P.V. *Emotional Brain*. St. Petersburg: Piter Publ., 2021. (In Russ.).
- Chuprikov A.P., Volkov E.A. *The World of Left-Handed People*. Kiev: Institute of Neuropsychiatry Publ., 2005. (In Russ.).
- Shirokova I.V. Psychological aspects of left-handedness: concept, causes, features. *Complex Studies of Childhood*, 2019, 1, pp. 73–79. DOI: 10.33910/2687-0223-2019-1-1-73-79. (In Russ.).
- Aggleton J.P., Kentridge R.W., Good J.M.M. Handedness and musical ability: a study of professional orchestral players, composers, and choir members. *Psychol. Music*, 1994, 22, pp. 148–156. DOI: 10.1177/0305735694222004.
- Annett M., Ockwell A. Birth order, birth stress and handedness. *Cortex*, 1980, 16, pp. 181–188.
- Annett M. *Handedness and Brain Asymmetry: The Right Shift Theory*. Psychology Press, Hove, UK, 2002.
- Annett M. *Left, right, hand and brain: the right shift theory*. London, UK: LEA Publishers, 1985.
- Ashton G.C. Mismatches in genetic markers in a large family study. *Am. J. Hum. Genet.*, 1980, 32, pp. 601–613.
- Bakan P. Handedness and birth order. *Nature*, 1971, 229 (5281), p. 195. DOI: 10.1038/229195a0.
- Bakan P., Dibb G., Reed P. Handedness and birth stress. *Neuropsychologia*, 1973, 11, pp. 363–366. DOI: 10.1016/0028-3932(73)90050-X.
- Casey M.B., Pezaris E., Nuttall R.L. Spatial ability as a predictor of math achievement: the importance of sex and handedness patterns. *Neuropsychologia*, 1992, 30, pp. 35–45. DOI: 10.1016/0028-3932(92)90012-B.
- Cingoz Y.E., Gursoy R., Ozan M., Hazar K., Dalli M. Research on the relation between hand preference and success in karate and taekwondo sports with regards to gender. *Adv. Phys. Educ.*, 2018, 8, p. 308-320. DOI: 10.4236/ape.2018.83027.
- Colell M., Segarra M.D., Sabater Pi J. Hand preferences in chimpanzees (*Pan troglodytes*), bonobos (*Pan paniscus*), and orangutans (*Pongo pygmaeus*) in food-reaching and other daily activities. *Int. J. Primatol.*, 1995, 16, pp. 413–434.
- Corballis M.C. *Human laterality*. New York, London, Paris, San Diego, San Francisco, Sao Paulo, Sydney, Tokyo, Toronto: Academic Press, 1983.
- Corballis M.C. From mouth to hand: gesture, speech, and the evolution of right-handedness. *Behav. Brain Sci.*, 2003, 26, pp. 199–260. DOI: 10.1017/S0140525X0300006.
- Coren S., Halpern D.F. Left-handedness: a marker for decreased survival fitness. *Psychol. Bull.*, 1991, 109, pp. 90–106. DOI: 10.1037/0033-2909.109.1.90.
- Coren S. Differences in divergent thinking as a function of handedness and sex. *Am. J. Psychol.*, 1995, 108, pp. 311–325. DOI: 10.2307/1422892.
- Coren S. *Left-Handedness: Behavioral Implications and Anomalies*. *Advances in Psychology*, 1990, 67. North Holland.
- Coren S. *The left-hander syndrome: the causes and consequences of left-handedness*. New York: The Free Press, 1992.
- Crow T.J., Crow L.R., Done D.J., Leask S. Relative hand skill predicts academic ability: global deficits at the point of hemispheric indecision. *Neuropsychologia*, 1998, 36, pp. 1275–1282. DOI: 10.1016/S0028-3932(98)00039-6.
- Cuellar-Partida G., Tung J.Y., Eriksson N., Albrecht E., Aliev F. et al. Genome-wide association study identifies 48 common genetic variants associated with handedness. *Nature Human Behaviour*, 2021, 5, pp. 59–70. DOI: 10.1038/s41562-020-00956-y.
- De Agostini M., Khamis A.H., Ahui A.M., Dellatolas G. Environmental influences in hand preference: an African point of view. *Brain Cogn.*, 1997, 35, pp. 151–167. DOI: 10.1006/brcg.1997.0935.
- Dellatolas G., De Agostini M., Jallon P., Poncet M., Rey M., Lellouch J. Mesure de la preference manuelle par autoquestionnaire dans la population francaise

- adulte. *Revue de Psychologie Appliquee*, 1988, 38, pp. 117–136.
- Dong B., Paracchini S., Gardner A. Kin selection as a modulator of human handedness: sex-specific, parental and parent-of-origin effects. *Evolutionary Human Sciences*, 2024, 6, e32. DOI: 10.1017/ehs.2024.24.
- Faurie C., Schiefenhövel W., Le Bomin S., Billiard S., Raymond M. Variation in the frequency of left-handedness in traditional societies. *Current Anthropology*, 2005, 46, pp. 142–147. DOI: 10.1086/427101.
- Fletcher A.W., Weghorst J.A. Laterality of hand function in naturalistic chimpanzees. *Laterality*, 2005, 10, pp. 219–242. DOI: 10.1080/13576500442000049.
- Geschwind N., Behan P. Left-handedness: association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1982, 79, pp. 5097–5100. DOI: 10.1073/pnas.79.16.5097.
- Geschwind N., Galaburda A.M. Cerebral lateralization: biological mechanisms, associations, and pathology. I. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 1985, 42, pp. 428–459.
- Hardyck C., Petrinovich L.F., Goldmann R.D. Left-handedness and cognitive deficit. *Cortex*, 1976, 12, pp. 266–279.
- Harris L.J., Carlson D.F. Pathological left-handedness: an analysis of theories and evidence. In *Brain Lateralization in Children: Developmental Implications* (eds D.L. Molfese & S.J. Segalowitz), pp. 289–372. New York, NY: Guilford Press, 1988.
- Hicks R.A., Dusek C.M. The handedness distributions of gifted and non-gifted children. *Cortex*, 1980, 16, pp. 479–481.
- Kopiez R., Galley N., Lee J.I. The advantage of a decreasing right-hand superiority: the influence of laterality on a selected musical skill (sight reading achievement). *Neuropsychologia*, 2006, 44, pp. 1079–1087. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.023.
- Kulkarni S. Right- or left-handed? Protein in embryo cells might help decide. *Nature*, 2024, 628 (8007), p. 246. DOI: 10.1038/d41586-024-00977-x.
- Kushner H.I. Cesare Lombroso and the pathology of left-handedness. *Lancet*, 2011, 377(9760), pp. 118–119. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60009-3
- Kushner H.I. *On the Other Hand: Left Hand, Right Brain, Mental Disorder, and History*. Johns Hopkins University Press, 2017.
- Laland K.N., Kumm J., Van Hor J.D., Feldman M.W. A gene-culture model of human handedness. *Behavioral Genetics*, 1995, 25, pp. 433–445. DOI: 10.1007/BF02253372.
- Lien Y.J., Chen W.J., Hsiao P.C., Tsuang H.C. Estimation of heritability for varied indexes of handedness. *Laterality*, 2015, 20 (4), pp. 469–482. DOI: 10.1007/s10384-009-0724-1.
- Llaurens V., Raymond M., Faurie C. Why are some people left-handed? An evolutionary perspective. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 2009, 364 (1519), pp. 881–894. DOI: 10.1098/rstb.2008.0235.
- Loffing F., Hagemann N. Pushing through evolution? Incidence and fight records of left-oriented fighters in professional boxing history. *Laterality Asymmetries Body Brain Cogn.*, 2015, 20, pp. 270–286. DOI: 10.1080/1357650X.2014.961471.
- Loffing F. Left-handedness and time pressure in elite interactive ball games. *Biology Letters*, 2017, 13 (11), pp. 10-13.
- Lonsdorf E.V., Hopkins W.D. Wild chimpanzees show population-level handedness for tool use. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2005, 102, pp. 12634–12638. DOI: 10.1073/pnas.0504930102.
- 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, pp. 163-183. DOI: 10.1016/S1090-5138(00)00029-5.
- Martin W.L., Freitas M.B. Mean mortality among Brazilian left- and right-handers: modification or selective elimination? *Laterality*, 2002, 7(1), pp. 31–44. DOI: 10.1080/13576500143000104. PMID: 15513186.
- McGrew W.C., Marchant L.F. Ethological study of manual laterality in the chimpanzees of the Mahale Mountains, Tanzania. *Behavior*, 2001, 138, pp. 329–358. DOI: 10.1006/behv.2001.1689.
- McManus I.C. Handedness and birth stress. *Psychol. Med.*, 1981, 11, pp. 485–496. DOI: 10.1017/S0033291700035272.
- McManus I.C. *The inheritance of left-handedness*. In: *Biological Asymmetry and Handedness* (eds G. R. Bock & J. Marsh), 1991, pp. 251–281. Chichester, UK: Wiley.
- McManus I.C. *Right Hand, Left Hand: The Origins of Asymmetry in Brains, Bodies, Atoms and Cultures*. Cambridge, MA: Weidenfeld and Nicolson, Harvard University Press, 2002.
- Medland S.E., Duffy D.L., Wright M.J., Geffen G.M., Hay D.A. et al. Genetic influences on handedness: Data from 25,732 Australian and Dutch twin families. *Neuropsychologia*, 2009, 47 (2), pp. 330–337. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.08.014.
- Medland S.E., Perelle I., De Monte V., Ehrman L. Effects of culture, sex, and age on the distribution of handedness: an evaluation of the sensitivity of three measures of handedness. *Laterality*, 2004, 9 (3), pp. 287–297. DOI: 10.1080/13576500342000040.
- Milenkovic S., Belojević G., Paunovic K., Davidović D. Historical aspects of left-handedness. *Srp. Arh. Celok. Lek.*, 2019, 147 (11–12), pp. 782–785. DOI: 10.2298/SARH190522095M.
- Milenkovic S., Paunovic K., Kocijancic D. Laterality in living beings, hand dominance, and cerebral lateralization. *Srp. Arh. Celok. Lek.*, 2016, 144 (5–6), pp. 339–344. DOI: 10.2298/SARH1606339M.
- Newland G.A. Differences between left- and right-handers on a measure of creativity. *Percept. Motor Skills*, 1981, 53, pp. 787–792.
- O'Callaghan M.J., Tudehope D.I., Dugdale A.E., Mohay H., Burns Y. et al. Handedness in children with birthweights below 1000 g. *Lancet*, 1987, 1, 1155. DOI: 10.1016/S0140-6736(87)91719-3.
- Papadatou-Pastou M., Martin M., Munafò M.R., Jones G.V. Sex differences in left-handedness: a meta-analysis of 144 studies. *Psychol. Bull.*, 2008, 134 (5), pp. 677–699. DOI: 10.1037/a0012814.
- Papadatou-Pastou M., Ntolka E., Schmitz, J. Martin M., Munafò M.R. et al. Human handedness: A meta-analysis. *Psychol. Bull.*, 2020, 146 (6), pp. 481–524. DOI: 10.1037/bul0000229.
- Papademetriou E., Sheu, C.F., Michel G.F. A meta-analysis of primate hand preferences, particularly for reaching. *J. Comp. Psychol.*, 2005, 119, pp. 33–48. DOI: 10.1037/0735-7036.119.1.33.

- Perelle I.B., Ehrman L. An international study of human handedness. *Behav. Genet.*, 1994, 24, pp. 217–227. DOI: 10.1007/BF01067189.
- Phillipson L. Edge modification as an indicator of function and handedness of Acheulian handaxes from Kariandusi, Kenya. *Lithic Technol.*, 1997, 22, pp. 171–183. DOI: 10.1179/lt.1997.22.3.171.
- Powls A., Botting N., Cooke R.W.I., Marlow N. Handedness in very-low birthweight (VLBW) children at 12 years of age: relation to perinatal and outcome variables. *Dev. Med. Child Neurol.*, 1996, 38, pp. 594–602. DOI: 10.1111/j.1469-8749.1996.tb15111.x.
- Raymond M., Pontier D. Is there geographical variation in human handedness? *Laterality*, 2004, 9, pp. 35–51. DOI: 10.1080/13576500342000009.
- Richardson T., Gilman R.T. Left-handedness is associated with greater fighting success in humans. *Sci. Rep.*, 2019, 9, 15402. DOI: 10.1038/s41598-019-51975-3.
- Salmaso D., Longoni A.M. Problems in the assessment of hand preference. *Cortex*, 1985, 22, pp. 533–549.
- Satz P., Orsini D.L., Saslow E., Henry R. The pathological left-handedness syndrome. *Brain Cogn.*, 1985, 4, pp. 27–46. DOI: 10.1016/0278-2626(85)90052-1.
- Schijven D., Soheili-Nezhad S., Fisher S.E. Exome-wide analysis implicates rare protein-altering variants in human handedness. *Nat. Commun.*, 2024, 15, p. 2632. DOI: 10.1038/s41467-024-46277-w.
- Shimizu A., Endo M. Handedness and familial sinistrality in a Japanese student population. *Cortex*, 1983, 19, pp. 265–272.
- Schwartz M. Handedness, prenatal stress and pregnancy complications. *Neuropsychologia*, 1988, 26, pp. 925–929. DOI: 10.1016/0028-3932(88)90060-7.
- Somers M., Ophoff R.A., Aukes M.F., Cantor R.M., Boks M.P. et al. Linkage analysis in a Dutch population isolate shows no major gene for left-handedness or atypical language lateralization. *J. Neurosci.*, 2015, 35 (23), pp. 8730–8736. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3287-14.2015
- Steele J., Uomini N. Humans, tools and handedness. In: Roux, V., Bril, B. (Eds.), *Knapping: The Necessary Conditions for Unique Hominin Behaviour*. *McDonald Institute for Archaeological Research*, Cambridge, UK, 2005, pp. 217–239.
- Stewart A.L., Rifkin L., Amess P.N., Kirkbride V., Townsend J.P. et al. Brain structure and neurocognitive and behavioural function in adolescents who were born very preterm. *Lancet*, 1999, 353, pp. 1653–1657. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)07130-X.
- Teng E.L., Lee P.H., Yang K.S., Chang P.C. Handedness in a Chinese population: biological, social, and pathological factors. *Science*, 1976, 193, pp. 1148–1150. DOI: 10.1126/science.986686.
- Tirp J., Baker J., Weigelt M., Schorer J. Combat stance in judo—Laterality differences between and within competition levels. *Int. J. Perform. Anal. Sport*, 2014, 14, pp. 217–224.
- Toth N. Archaeological evidence for preferential right-handedness in the Lower and Middle Pleistocene, and its possible implications. *J. Hum. Evol.*, 1985, 14 (6), pp. 607–614.
- Trinkaus E., Churchill S.E., Ruff C.B. Postcranial robusticity in Homo. II. humeral bilateral asymmetry and bone plasticity. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 1994, 93, pp. 1–34. DOI: 10.1002/ajpa.1330930102.
- Uomini N.T. The prehistory of handedness: Archaeological data and comparative ethology. *J. Hum. Evol.*, 2009, 57 (4), pp. 411–419. DOI: 10.1016/j.jhevol.2008.12.007.
- Vallortigara G., Rogers L.J. Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behav. Brain Sci.*, 2005, 28, pp. 575–633. DOI: 10.1017/S0140525X05000105.
- Watson T. An account of some cases of transposition observed in the human body. *London Medical Gazette*, 1836, 18, pp. 393–403.
- Williams C.S., Buss K.A., Eskenazi B. Infant resuscitation is associated with an increased risk of left-handedness. *Am. J. Epidemiol.*, 1992, 136, pp. 277–286.
- Zickert N., Geuze R.H., van der Feen F.E., Groothuis T.G.G. Fitness costs and benefits associated with hand preference in humans: A large internet study in a Dutch sample. *Evol. Hum. Behav.*, 2018, 39 (2), pp. 235–248. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2017.12.003.
- Ziyagil M.A., Gursoy R., Dane Ş., Yuksel R. Left-handed wrestlers are more successful. *Percept. Mot. Skills*, 2010, 111, pp. 65–70. DOI: 10.2466/04.05.19.25.PMS.111.4.65-70

Information about the author

Movsesian Alla Armenovna, PhD, DSc.; ORCID ID: 0000-0003-1329-5904; amovsessyan@gmail.com

© 2025. This work is licensed under a CC BY 4.0 license