

## БИМАНУАЛЬНАЯ КООРДИНАЦИЯ: ТЕОРЕТИКО-ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

*Кононенко С.Д., Остахова М.Г., Ткаченко П.В.*

Курский государственный медицинский университет (КГМУ)

Россия, 305041, Курская область, г. Курск, ул. К. Маркса, д. 3

Актуальность. Статья посвящена исследованию развития представлений о бимануальной координации как важнейшего компонента двигательной активности человека. Бимануальная координация предполагает согласованную работу обеих рук при выполнении различных задач – от простых бытовых действий до сложных профессиональных и спортивных навыков.

Понимание закономерностей развития бимануальной координации открывает новые возможности в области нейрореабилитации пациентов после травм и инсультов, способствует совершенствованию методик спортивной подготовки и повышению качества профессионального обучения. Исследование имеет как теоретическую, так и прикладную ценность, расширяя современные представления о функционировании двигательной системы человека.

Цель – выявить особенности формирования и развития бимануальной координации в онтогенезе человека, а также определить её роль в повышении эффективности двигательной деятельности и восстановительных процессов при нарушениях моторных функций.

Материалы и методы. В исследовании использованы анализ и обобщение научной литературы по проблеме бимануальной координации, сравнительный анализ данных нейрофизиологических и психологических исследований, а также методы наблюдения и тестирования двигательных навыков с применением координационных проб, направленных на оценку межполушарного взаимодействия и нейродинамических процессов.

Результаты. Уровень бимануальной координации тесно связан с эффективностью межполушарного взаимодействия и степенью зрелости нейродинамических механизмов. Показано, что целенаправленная тренировка согласованных движений рук способствует улучшению моторного контроля, повышению точности и скорости выполнения действий, а также ускоряет восстановление двигательных функций у пациентов после неврологических повреждений.

Заключение. Бимануальная координация является ключевым фактором успешной двигательной деятельности человека и важным показателем функционального состояния нервной системы. Разработка и внедрение программ, направленных на её развитие, имеют значительный потенциал в реабилитационной практике, спорте и профессиональном обучении. Дальнейшие исследования в данной области позволят углубить понимание механизмов межполушарного взаимодействия и оптимизировать методы коррекции моторных нарушений.

Ключевые слова: бимануальная координация, межполушарное взаимодействие, нейродинамика.

---

Кононенко Сергей Дмитриевич – аспирант 1 курса кафедры нормальной физиологии им. А.В. Завьялова, КГМУ, г. Курск. ORCID ID: 0009-0000-4481-053X. E-MAIL: KONONENKOSD@KURSKSMU.NET (автор, ответственный за переписку).

Остахова Мария Геннадиевна – студентка 2 курса лечебного факультета, КГМУ, г. Курск. ORCID ID: 0009-0006-7719-3308. E-MAIL: QWERTY228VED@GMAIL.COM.

Ткаченко Павел Владимирович – д.м.н., заведующий кафедрой нормальной физиологии им. А.В. Завьялова, КГМУ, г. Курск. ORCID ID: 0000-0002-2725-6482. EMAIL: TKACHENKOPV@KURSKSMU.NET.

---

УДК 612.76

## **BIMANUAL COORDINATION: THEORETICAL AND EMPIRICAL ANALYSIS**

*KONONENKO S.D., OSTAKHOVA M.G., TKACHENKO P.V.*

KURSK STATE MEDICAL UNIVERSITY (KSMU)

305041, 3, K. MARX STREET, KURSK, RUSSIAN FEDERATION

---

RELEVANCE. THE ARTICLE IS DEVOTED TO THE STUDY OF THE DEVELOPMENT OF CONCEPTS OF BIMANUAL COORDINATION AS AN ESSENTIAL COMPONENT OF HUMAN MOTOR ACTIVITY. BIMANUAL COORDINATION INVOLVES THE COORDINATED WORK OF BOTH HANDS WHEN PERFORMING VARIOUS TASKS – FROM SIMPLE EVERYDAY ACTIONS TO COMPLEX PROFESSIONAL AND SPORTS SKILLS.

UNDERSTANDING THE PATTERNS OF BIMANUAL COORDINATION DEVELOPMENT OPENS UP NEW OPPORTUNITIES IN THE FIELD OF NEUROREHABILITATION FOR PATIENTS AFTER INJURIES AND STROKES, CONTRIBUTES TO THE IMPROVEMENT OF SPORTS TRAINING METHODS, AND ENHANCES THE QUALITY OF PROFESSIONAL EDUCATION. THE STUDY HAS BOTH THEORETICAL AND PRACTICAL SIGNIFICANCE, EXPANDING CURRENT KNOWLEDGE ABOUT THE FUNCTIONING OF THE HUMAN MOTOR SYSTEM.

OBJECTIVE: TO IDENTIFY THE FEATURES OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF BIMANUAL COORDINATION IN HUMAN ONTOGENESIS, AS WELL AS TO DETERMINE ITS ROLE IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF MOTOR ACTIVITY AND RECOVERY PROCESSES IN MOTOR FUNCTION IMPAIRMENTS.

MATERIALS AND METHODS. THE STUDY EMPLOYED ANALYSIS AND SYNTHESIS OF SCIENTIFIC LITERATURE ON BIMANUAL COORDINATION, COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA FROM NEUROPHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL STUDIES, AS WELL AS OBSERVATION AND TESTING OF MOTOR SKILLS USING COORDINATION TASKS AIMED AT ASSESSING INTERHEMISPHERIC INTERACTION AND NEURODYNAMIC PROCESSES.

RESULTS. THE LEVEL OF BIMANUAL COORDINATION IS CLOSELY ASSOCIATED WITH THE EFFICIENCY OF INTERHEMISPHERIC INTERACTION AND THE MATURITY OF NEURODYNAMIC MECHANISMS. IT HAS BEEN SHOWN THAT TARGETED TRAINING OF COORDINATED HAND MOVEMENTS IMPROVES MOTOR CONTROL, INCREASES THE ACCURACY AND SPEED OF TASK PERFORMANCE, AND ACCELERATES THE RECOVERY OF MOTOR FUNCTIONS IN PATIENTS AFTER NEUROLOGICAL INJURIES.

CONCLUSION. BIMANUAL COORDINATION IS A KEY FACTOR IN SUCCESSFUL HUMAN MOTOR ACTIVITY AND AN IMPORTANT INDICATOR OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE NERVOUS SYSTEM. THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF PROGRAMS AIMED AT ENHANCING BIMANUAL COORDINATION HAVE SIGNIFICANT POTENTIAL IN REHABILITATION PRACTICE, SPORTS, AND PROFESSIONAL TRAINING. FURTHER RESEARCH IN THIS FIELD WILL DEEPEN THE UNDERSTANDING OF INTERHEMISPHERIC INTERACTION MECHANISMS AND OPTIMIZE METHODS FOR CORRECTING MOTOR IMPAIRMENTS.

KEYWORDS: BIMANUAL COORDINATION, INTERHEMISPHERIC INTERACTION, NEURODYNAMICS.

---

KONONENKO SERGEY D. – 1 YEAR POSTGRADUATE STUDENT OF THE DEPARTMENT OF NORMAL PHYSIOLOGY NAMED AFTER A.V. ZAVYALOV, KSMU, KURSK, RUSSIAN FEDERATION. ORCID ID: 0009-0000-4481-053X. E-MAIL: KONONENKOSD@KURSKSMU.NET (THE AUTHOR RESPONSIBLE FOR THE CORRESPONDENCE).

OSTAKHOVA MARIA G. – 2 YEAR STUDENT OF THE FACULTY OF MEDICINE, KSMU, KURSK, RUSSIAN FEDERATION. ORCID ID: 0009-0006-7719-3308. E-MAIL: QWERTY228BED@GMAIL.COM.

TKACHENKO PAVEL V. – DOCTOR OF MEDICAL SCIENCES, HEAD OF THE DEPARTMENT OF NORMAL PHYSIOLOGY NAMED AFTER A.V. ZAVYALOV, KSMU, KURSK, RUSSIAN FEDERATION. ORCID ID: 0000-0002-2725-6482. E-MAIL: TKACHENKOPV@KURSKSMU.NET.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Изучение бимануальной двигательной активности – один из наиболее сложных и в то же время интересных вопросов современной науки. От первых наблюдений за асимметричными движениями до формирования теорий межполушарного взаимодействия исследователи стремились понять механизмы координации рук. Для полноценного анализа данного направления необходимо учитывать историческое развитие представлений о бимануальной активности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использованы анализ и обобщение научной литературы по проблеме бимануальной координации, сравнительный анализ данных нейрофизиологических и психологических исследований, а также методы наблюдения и тестирования двигательных навыков с применением координационных проб, направленных на оценку межполушарного взаимодействия и нейродинамических процессов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Донаучный период и ранние наблюдения. На протяжении многих веков люди замечали ведущую роль одной руки и вспомогательную – другой. Это отражалось в языке, культуре и ремёслах. Можно приводить бесчисленное количество во примеров из разных отраслей, но факт остаётся фактом. Попытки объяснения этой загадки носили мифологический или натурфилософский характер. Например, связь с стороной расположения сердца, "благородством" правой стороны и многие другие. В середине XIX века французский хирург Поль Брока и немецкий невролог Карл Вернике открыли зоны речи в левом полушарии. Весной 1861 г. французский учёный Поль Брока на заседании Парижского антропологического общества продемонстрировал мозг больного, который при жизни после перенесённого инсульта внезапно потерял возможность внятно разговаривать. [7, 12]. Аутопсия показала, что

имеет место частичное повреждение нижней лобной извилины левого полушария. Осенью того же года Брока представил вниманию научного сообщества препарат мозга второго аналогичного больного, продемонстрировавшего подобную клинику после травмы головы. Эти 2 клинических случая позволили учёному с уверенностью предположить наличие тесной связи между способностью человека к связной речи с анатомией задней части нижней лобной извилины именно левого полушария; при повреждении указанного отдела мозга человек теряет способность говорить при полной сохранности речевого аппарата. В 1874 году немецкий психоневролог Карл Вернике открыл, что височная область левого полушария участвует в процессах понимания устной речи, а также в чтении и письме. Эти открытия вызвали небывалое оживление в неврологии. Эти два события положили начало учению о латерализации функций мозга и дали первый ключ к пониманию теории: «если функция речи локализована слева, то, возможно, и превосходство правой руки связано с этим» [3].

Бимануальная двигательная активность – это способность использовать обе руки одновременно для выполнения скоординированных действий, часто направленных на достижение одной цели (например, завязывание шнурков, использование столовых приборов).

Она включает развитие мелкой моторики и зрительно-моторной координации, играя ключевую роль в повседневной жизни и реабилитации, особенно при гемиплегии [12].

Классическая экспериментальная физиология. Классическая экспериментальная физиология, в период конца XIX и первой половины XX века, перешла от философских размышлений к точным измерениям, контролируемым экспериментам на животных и систематическому анализу клинических случаев. Основной парадигмой был рефлекторный принцип и поиск локализации функций в нервной системе [18].

Учёные, в конце XIX века начали количественно оценивать различные показатели между руками: силу, скорость, точность [2].

В это время свои бесценные научные

создавали такие учёные, как Иван Михайлович Сеченов (1829 - 1905), который в книге «Рефлексы головного мозга» в 1863 г. выдвинул идею, что в основе всех актов, включая психические, лежат рефлексы. Это создало основу для объективного изучения сложного поведения. Иван Петрович Павлов (1849-1936), который создал учение об условных рефлексах [2]. Российский учёный работал в основном с пищевым поведением, но его методология и идея о формировании сложных адаптивных связей в коре мозга повлияли на понимание того, как бимануальные навыки (а, именно, сложные цепи рефлексов) вырабатываются и закрепляются при обучении.

Чарльз Шеррингтон (1857-1952) заложил нейрофизиологические основы координации, хотя он напрямую не изучал именно бимануальные движения человека, его работы на животных были фундаментальными. Он открыл, что возбуждение нервных центров, ведущих к сокращению одной группы мышц (например, сгибателей), автоматически вызывает торможение центров-антагонистов (разгибателей). Это объяснило базовый принцип координации конечностей – согласованную работу мышц-антагонистов. Этот принцип был экстраполирован и на взаимодействие конечностей, объясняя, как мозг может организовывать согласованные и попеременные движения рук (например, при ходьбе или беге).

Роберт Иеркс (1876-1956) На рубеже веков возник бихевиоризм, сделавший акцент на объективном измерении поведения, в то время учёные начали ставить эксперименты на животных (крысы, обезьяны), где те должны были решать задачи, требующие координации лап. Это были первые модели изучения навыка бимануального решения задач в контролируемых условиях. Акцент делался на времени обучения, количестве ошибок, скорости выполнения – то есть на количественных показателях координации.

Джон Хьюлингс Джексон (1835-1911) Невролог, чьи клинические наблюдения за пациентами с эпилепсией и параличами оказали огромное влияние. Он предположил, что нервная система организована по уровням – от простейших спинномозговых, автоматических, до сложнейших кор-

ковых, произвольные, целенаправленные. Его подход позволил рассматривать простые симметричные бимануальные движения, такие как толкание, поддержка, как низкоуровневые, а сложные асимметричные, например, игра на музыкальных инструментах – как результат интеграции высших корковых центров, что предвосхитило идеи Н.А. Бернштейна.

Конечно, были найдены определённые различия в получаемых данных, но до конца оставалось не понятно и ответы на поставленные вопросы оставались загадкой [4]. В последствии, исследования животных и пациентов с поражениями мозга подтвердили теорию перекрёстного контроля: левое полушарие, у правой, управляет правой рукой и наоборот. В ходе многолетних исследований сформировался упрощённый, но удобный для экспериментов взгляд: одна рука иницирует и выполняет главное действие, другая – помогает, поддерживает и получил название: концепция «ведущей» и «вспомогательной» руки.

Модель предполагает, что в совместной работе двух рук существует чёткое функциональное разделение, ведущая (доминантная) рука, выполняет основные, наиболее сложные, точные и требующие тонкого моторного контроля действия, отвечает за целенаправленные манипуляции: письмо, забивание гвоздя, бросание мяча, использование ножа для резки и т.д. Как правило (в 85-90% случаев), это правая рука, управляемая левым полушарием мозга, которое у правой также специализировано на речь и логические операции. Вспомогательная (недоминантная) рука выполняет поддерживающие, стабилизирующие или менее сложные функции и отвечает за фиксацию объекта: удержание листа бумаги при письме, гвоздей при забивании в деревянную заготовку или хлеба при намазывании масла. Так же отмечается, что вспомогательная рука обеспечивает опору и баланс для всего тела или для ведущей руки. У правой – это левая рука, управляемая правым полушарием, часто связанным с пространственным восприятием и грубой моторикой. Эффективность бимануального действия достигается за счёт специализации: каждая рука делает то, что у неё получается лучше, освобождая другую руку для её специализиро-

ванной задачи [6, 7].

Период системного и кибернетического подхода. Этот революционный этап, связан с именем Николая Александровича Бернштейна. Бернштейн сместил фокус с изучения отдельных мышц на изучение целостных двигательных актов, направленных на решение задачи. Он ввел понятие двигательных синергий – функциональных объединений мышц и суставов, управляемых как единое целое. Бимануальная координация стала рассматриваться как сложная синергия двух конечностей. Бернштейн предложил модель, где простые, ритмичные бимануальные движения (как при ходьбе) управляются низшими уровнями (подкорковыми), а сложные, асимметричные действия (как игра на пианино) – высшими корковыми уровнями, требующими обучения. Было показано, что координация рук основана не на жёстких командах, а на постоянном учёте обратной связи и антиципации (предвосхищении) результата действия другой руки. Н. А. Бернштейн применил методику циклограмметрических исследований с использованием фото- и кинотехники, которая помогла найти наиболее рациональные способы обучения рабочих, спортсменов и музыкантов. Циклограмметрические данные получали с помощью рапидной киносъёмки (100-200 кадров в секунду) и последующих высокоточных измерений. Погрешность измерения мгновенных положений движущихся частей тела, идущего или бегущего человека, составляла 0,5 мм. Говоря современным языком, он создал фазовый портрет движений, который затем можно было анализировать.

С помощью циклограмм учёному удалось по-новому организовать тренировки спортсменов. Проанализировав технику бега, на тот момент, мирового рекордсмена Жюля Лядумега из Франции, Бернштейн в 1934 году помог братьям Георгию и Серафиму Знаменским значительно улучшить результаты.

Применял свою методику Н. А. Бернштейн, как у спортсменов, так и для изучения игры на фортепиано. Он изготовил циклограммы движений пальцев 14 крупных советских и зарубежных пианистов, в том числе Константина Игумнова, Генриха Нейгауза и Эгона Петри.

Свои открытия Н. А. Бернштейн изложил в книге «О построении движений», вышедшей в 1947 году. А в 1948 году он стал лауреатом Сталинской премии и был избран членом-корреспондентом Академии медицинских наук, но в 1950 году во время объединённой сессии Академии наук СССР и Академии медицинских наук (известной как "Павловская сессия") работы Бернштейна были подвергнуты жестокой критике. Его обвиняли в том, что в своей книге «О построении движений», за которую, два года назад получил Сталинскую премию, не было ссылок на труды И.П. Павлова. Вскоре его уволили, и до самого конца жизни он больше не имел лабораторной базы для работы.

В статье «Человек, разгадавший тайну живого движения» опубликованной в журнале «Наука и жизнь» говорится: «Н.А. Бернштейн первым в мировой науке понял, что изучение движений - своеобразный ключ к познанию закономерностей деятельности мозга. До тех пор движения человека изучали лишь в их внешнем проявлении, а он поставил перед собой задачу понять, как работает мозг, управляя ими. Бернштейн считал себя учеником И.М. Сеченова, который ещё в XIX веке предположил, что управление движениями человека сводится к непрерывной коррекции перемещения звена (например, руки или ноги), осуществляемой центральной нервной системой на основании сигналов от органов зрения, слуха или осязания [5]. Николай Александрович понял, что нервная система, «подав команду» на начало какого-нибудь движения, никогда не оставляет его без контроля и в случае необходимости немедленно корректирует. В 1928 году такое явление он назвал «сенсорной коррекцией». Это фундаментальное понятие в теории управления, которое двадцать лет спустя Норберт Винер, создавая основы кибернетики, назвал обратной связью. Кстати, когда в 1960 году Норберт Винер находился в Москве, Бернштейна познакомили с ним. Николай Александрович подарил Винеру свою статью 1935 года, в которой он, ещё не применяя терминологию кибернетики, сформулировал основные идеи этой науки. Там он, в частности, утверждал, что живой организм, как и искусственное устройство, предложенное Винером, строится по ие-

рархическому принципу с использованием прямых и обратных связей, программ и т.п. Норберт Винер не отрицал заслуг Бернштейна и в дальнейшем принимал деятельное участие в издании его работ в Англии».

Когнитивная революция и нейронауки. С появлением методов нейровизуализации (ПЭТ, фМРТ, ТМС) изучение бимануальной активности перешло на новый уровень [15, 17, 20]. Учёные увидели, какие зоны активируются при координированной работе рук. Ключевую роль играют, такие области мозга, как: премоторная кора и дополнительная моторная область (SMA) – планирование и инициация координированных движений, префронтальная кора – решение задач, рабочая память, особенно важная для новых бимануальных навыков, мозолистое тело – главная "магистраль" для обмена информацией между полушариями, критичная для синхронизации рук [18]. В свою очередь было обнаружено, что при выполнении двумя руками разных движений (например, рисование круга одной рукой и квадрата другой) происходит взаимное интерферирование – движения становятся менее точными или симметричными [4, 11]. Это стало ключевой моделью для изучения межполушарного взаимодействия и конкуренции. Современные теории рассматривают бимануальную координацию как самоорганизующуюся динамическую систему, где конечности связаны не жёстко, а функционально, и степень их связи (координации) может меняться в зависимости от задачи, скорости и других параметров [14].

Современные тренды и междисциплинарность. Изучение бимануальной активности легло в основу новых методов восстановления после инсульта, например, терапия, индуцированная ограничением движения здоровой руки, вынуждающая использовать поражённую руку в бимануальных задачах [5, 10]. Понимание принципов бимануального контроля помогает создавать более естественные протезы и экзоскелеты, управляемые силой мысли. Оптимизация техники в видах спорта, где важна координация рук, например, теннис, плавание, гимнастика, а также проектирование рабочих мест. Огромное внимание в современном мире уделяется тому, как бимануальные навыки развиваю-

тся у младенцев и детей, и как их нарушения могут указывать на риски неврологических расстройств [6, 8]. Как и в любой отрасли, технологии и научные разработки основываются на базовых принципах, заложенных в прошлом. Улучшение, разработка новых методов, подтверждение или опровержение гипотез, являются важным фактором в развитии изучения науки. В свою очередь, понимание и изучение бимануальной активности приобретает мультидисциплинарный характер, от базовых знаний в области нормальной физиологии, до разработки новых методов исследования, с использованием сложных вычислительных машин и приборов [13].

## ВЫВОДЫ

Историческое развитие представлений о бимануальной двигательной активности демонстрирует переход от описательных наблюдений функциональной асимметрии рук к современному пониманию нейродинамических механизмов межполушарного взаимодействия. Открытия локализации функций мозга позволили связать праворукость с латерализацией когнитивных и речевых процессов, а развитие экспериментальной физиологии обеспечило объективное изучение моторного контроля. Существенный вклад внес системный подход Н. А. Бернштейна, рассматривающий движение как целостный функциональный акт, реализуемый через двигательную синергию и сенсорную обратную связь.

Современные методы нейровизуализации позволили выявить нейронные механизмы бимануальной координации и описать её как динамическую самоорганизующуюся систему. Установлено, что уровень координации рук отражает эффективность межполушарного взаимодействия и нейропластичность, что определяет её значение для нейрореабилитации, эргономики и разработки нейротехнологий. Тренировка бимануальной координации способствует увеличению объёма серого вещества в мозолистом теле, что подтверждает её роль в стимуляции нейропластичности.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением нейродинамики координации и разработкой методов её целенаправленного развития.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов, связанного с публикацией данной работы.

## ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Кононенко С.Д. – сбор данных, интерпретация данных, подготовка чернового варианта работы;

Остахова М.Г. – интерпретация данных, подготовка чернового варианта работы;

Ткаченко П.В. – окончательное редактирование текста.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Ю.И., Александрова Н.Л. Системная психофизиология и межполушарное взаимодействие. *Журнал высшей нервной деятельности*. 2020;70(4): 403-418.
2. Анохин П.К. *Очерки по физиологии функциональных систем*. Москва:ЛЕНАНД; 2021. 320 с.
3. Батышева Т.Т., Гусев Е.И. Реабилитация двигательных функций после инсульта: нейропластичность и бимануальная терапия. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2022;122(8):15-22.
4. Бернштейн Н.А., *О построении движений*. Москва: URSS; 2022. 496 с.
5. Гусев Е.И., Скворцова В.И. *Неврология: национальное руководство*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2021. 1040 с.
6. Гусева М.Р., Павлова И.В. Возрастные особенности билатеральной координации движений у детей. *Вопросы психологии*. 2021;(5):112-120.
7. Завьялов А.В. *Соотношение функций организма*. Москва: Медицина; 1990. 159 с.
8. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. *Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей*. Москва: МЕДпресс-информ; 2004. 488 с.
9. Каплан А.Я. Нейроинтерфейсы и управление движениями: современные подходы. *Успехи физиологических наук*. 2021;52(3):3-15.
10. Кроткова О.А., Сорокина Н.Д. Развитие межполушарного взаимодействия у детей дошкольного возраста. *Вопросы психологии*. 2020;(6):87-98.
11. Лурия А.Р. *Высшие корковые функции человека*. Санкт-Петербург: Питер; 2021. 768 с.
12. Никитин С.С., Костенко Е.В. Нейрофизиологические механизмы межполушарного взаимодействия при произвольных движениях. *Неврологический журнал*. 2021;(5):12-19.
13. Николаев С.Г., Самойлов М.И. Нормальные показатели F-волны при регистрации с верхних конечностей. *Функциональная диагностика*. 2003;(2):56-58.
14. Персон Р.С. *Миография в исследованиях человека*. Москва: Наука; 1969. 231 с.
15. Петрова М.М., Зайцев К.В. Нейровизуализация моторного контроля: возможности фМРТ в изучении координации движений. *Медицинская визуализация*. 2023;(2):45-53.
16. Плохинский Н.А. *Биометрия*. Москва; 1972. 230 с.
17. Соколова Н.И., Ткаченко П.В. Проявление состояния монотонии при выполнении произвольных целенаправленных бимануальных движений. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2020;(4):146-151.
18. Ткаченко П.В. Уровни бимануальной координации и некоторые дифференциально-психофизиологические аспекты двигательной активности. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2006;(4):17-23.
19. Шмидт Р., Ли Т. *Контроль и обучение движениям: поведенческий подход*. Москва: Олимп-Бизнес; 2020. 560 с.
20. Ярулин Х.Х. *Клиническая реоэнцефалография*. Москва: Медицина; 1983. 270 с.