

УДК 612.821.8:[316.77+159.94]

DOI: 10.37482/2687-1491-Z120

## **КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЦИАЛЬНОГО КОНТЕКСТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (обзор)**

Е.С. Меськова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9256-0253>

Е.П. Муртазина\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-8727>

Ю.А. Гинзбург-Шик\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8675-8116>

\*Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина  
(Москва)

Проанализированы исследования, посвященные изучению влияния социальных факторов на кинематические профили (скорость, амплитуда, траектория, апертюра захвата и другие характеристики) действий человека. Описаны лабораторные модели совместной сенсомоторной деятельности людей в различных социальных контекстах на примере кинематики досягаемости, комплементарных действий, сенсомоторной коммуникации, задач на имитацию и двигательную интерференцию. Рассмотрены исследования, описывающие влияние целей взаимодействия (кооперация, конкуренция, коммуникация) и присутствия наблюдателя на кинематические параметры движений. Показана роль социальных факторов в осуществлении комплементарных действий, а также описан эффект взаимовлияния физических требований задачи и социального контекста на кинематические профили движений. Представлены результаты исследований, в которых установлено, что соисполнители модулируют особенности своих действий, чтобы устранить неоднозначность собственных двигательных намерений для другого человека (сенсомоторная коммуникация). Описаны контекстуальные факторы, влияющие на степень двигательной интерференции и подражательного поведения: характер наблюдаемых стимулов, статус соагента, принадлежность к группе, а также нейротипичность испытуемых. Показана возможность уменьшения зрительно-моторного интерференционного эффекта с помощью представления неконгруэнтных действий в качестве взаимозависимых компонентов общего плана деятельности. Описаны нейрофизиологические механизмы межличностной координации. Результаты изучения особенностей движений человека в различных социальных контекстах могут быть использованы для повышения эффективности командной работы в различных профессиональных сферах, реабилитации людей с нарушениями двигательной функции, оптимизации условий труда и улучшения взаимодействий человека с роботизированными системами.

**Ключевые слова:** *нейрофизиологические механизмы целенаправленных действий, совместная деятельность, социальный контекст деятельности, межличностная координация, кинематика действий человека, сенсомоторная коммуникация, скорость движений, траектория движений.*

---

**Ответственный за переписку:** Меськова Екатерина Сергеевна, адрес: 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8; e-mail: meskova\_katerina@rambler.ru

**Для цитирования:** Меськова Е.С., Муртазина Е.П., Гинзбург-Шик Ю.А. Кинематические профили целенаправленных действий человека в зависимости от социального контекста деятельности (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2022. Т. 10, № 4. С. 380–394. DOI: 10.37482/2687-1491-Z120

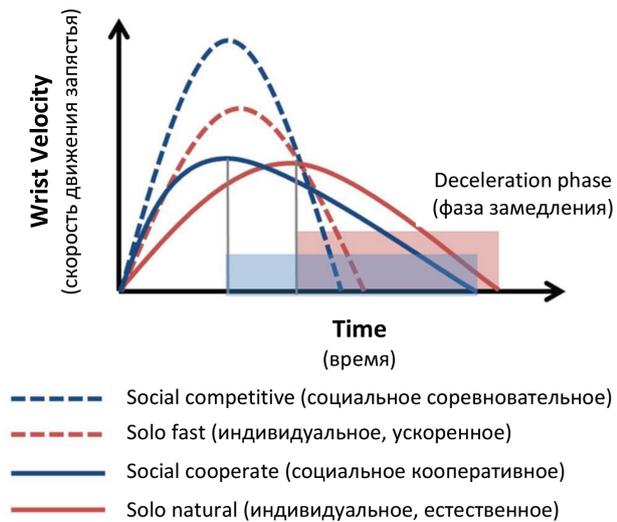
Совместные действия – это любая форма социального взаимодействия, при которой два или более человек координируют свои движения в пространстве и времени с целью достижения общего результата. Ученые, занимающиеся данной темой, сосредотачиваются в основном на сенсомоторных аспектах совместного выполнения заданий, а также на особенностях внешней среды, в которой это действие осуществляется. В значительно меньшей степени исследована роль социального контекста и взаимовлияния людей в процессе межличностной координации. Одной из главных методологических проблем изучения совместных действий является сложность воспроизведения социального контекста в лабораторных условиях. В большинстве исследований используются виртуальные персонажи и запрограммированные стимулы для взаимодействия с участниками, что ставит под сомнение экологическую валидность применяемых парадигм [1].

То, как человек выполняет свои действия, может значительно отличаться в зависимости от социальных условий, эмоционального состояния и взаимоотношений между людьми. Кинематические профили движений людей оцениваются по пространственно-временным показателям (скорость, амплитуда, паттерн, траектория, апертура захвата).

Цель данного обзора научной литературы – описать особенности кинематических профилей движений в различных социальных контекстах деятельности (конкуренция, кооперация, присутствие наблюдателя и др.). Основное внимание в статье уделяется исследованиям, в которых используются лабораторные модели совместного выполнения заданий.

**Кинематические профили движений в различных социальных контекстах.** Сотрудничество и конкуренция – это социальные отношения, которым свойственен мониторинг как собственных, так и чужих намерений и действий. Кооперация предполагает объединение, упорядочение и суммирование единичных сил участников для достижения наилучшего результата деятельности; в свою очередь, конкуренция – это поведение, максимизирующее

относительное преимущество одного субъекта над другим. Данные формы взаимодействий по-разному влияют на социальные когнитивные процессы: совместное внимание, сенсомоторную синхронизацию и кинематику досягаемости [2]. I. Georgiou et al. [3] сравнивали кинематические профили движений испытуемых при выполнении задачи по перемещению предмета в индивидуальном контексте с ограничениями по времени, в конкурентных условиях, самостоятельно без временных рамок и при кооперации (см. рисунок). Сольные с ограничением по времени и конкурентные движения были гораздо быстрее, чем кооперативные и индивидуальные естественные двигательные акты. В соревновательном контексте деятельности кинематические профили характеризовались более высокой пиковой скоростью, чем сольные быстрые движения, а кооперативные



Стилизованные профили изменений скорости перемещения запястья при захвате целевого объекта в индивидуальных контекстах деятельности, а также в социальных условиях сотрудничества и конкуренции (составлены S. Krishnan-Barman et al. [4] по данным экспериментов I. Georgiou et al.)

Stylized profiles of changes in wrist velocity during a reach-to-grasp movement in individual contexts of activity, as well as in competitive and cooperative conditions (developed by S. Krishnan-Barman et al. [4] based on the experiments of I. Georgiou et al.)

действия достигали такого же максимума скорости, как сольные естественные, но быстрее.

Подобные динамики могут быть вызваны неявными социальными факторами, например позицией партнера по взаимодействию. В исследовании С. Vecchio et al. [5] в ситуациях, когда поведение соучастника противоречило инструкции (соперничество в задаче на кооперацию или сотрудничество в соревновательном задании), кинематические паттерны испытуемых изменялись в соответствии с позицией, которую принимал модельный актер. Авторы полагают, что подобное заражение «отношением» является частью системы, позволяющей человеку делать выводы о целях и намерениях других людей.

Существуют научные данные, свидетельствующие о том, что действия, выполняемые с социальной целью (с намерением повлиять на поведение другого человека), характеризуются меньшей скоростью и более высокой траекторией движения [6, 7]. В работе M.F. Gigliotti et al. [8] была использована модель, позволяющая изучить комбинированный эффект взаимовлияния физических требований задачи и социального контекста на кинематический профиль движений испытуемых при выполнении объектно-направленных действий. Задача участников заключалась в выполнении двух последовательных действий: вначале один из испытуемых должен был схватить деревянный предмет и разместить его в центре маленькой или большой окружности (физические требования задачи), затем его партнер (социальный контекст) перемещал этот же объект на другую пространственную мишень в условиях временных ограничений. В результате анализа кинематических профилей движений участников было выявлено, что на длительность фазы замедления в большей степени влиял физический контекст, а на пиковую скорость – социальный. Продолжительность движения и высота траектории модулировались обоими контекстами, причем пространственно-временные требования к выполнению задачи ослабляли эффект социальных условий. На основании полученных результатов авторы делают выводы об иерархии контекстуальных требова-

ний в ходе выполнения задач: пространственно-временные ограничения имеют приоритетное значение.

Особенно явно влияние социальных сигналов отражается на кинематике комплементарных действий, при осуществлении которых два (или более) человека координируют и дополняют двигательные акты друг друга, направленные на достижение совместной цели. В серии нейрофизиологических исследований с использованием одноимпульсной транскраниальной магнитной стимуляции (spTMS) первичной моторной коры и сопутствующей электромиографией [9] были количественно оценены модуляции корково-спинальной возбудимости участников при наблюдении за видеоклипами, вызывающими дополнительные действия. Поскольку испытуемые получили инструкцию оставаться неподвижными на протяжении всего задания, степень активации двигательной системы явилась показателем подготовки к движению. Так, наблюдение за актером, который безуспешно пытался налить кофе в чашку, расположенную вне его досягаемости, вызвало спонтанные тенденции испытуемых к выполнению неявной просьбы, встроенной в социальное взаимодействие (пододвинуть чашку ближе к актеру). Показано, что участники быстро распознавали движение, вызванное социальной целью, просто наблюдая за кинематическими сигналами руки актера.

Существует определенное множество жестов, которые не только выполняют функцию передачи социально значимой информации, но и одновременно являются интерактивными, поскольку вызывают у наблюдателя конкретную реакцию, необходимую для завершения совместного действия. В исследовании А. Curioni et al. [10] сравнивалось влияние интерактивных («рукопожатие», «просьба», «дай пять») и коммуникативных («ОК», «большой палец вверх», «victory hand») жестов на точность и скорость выполнения задачи на пространственную совместимость. Участники должны были оценивать ориентацию букв (прямая/перевернутая), одновременно наблюдая за не относящимися к выпол-

нению задания действиями актора. Обнаружено, что восприятие интерактивных жестов вызывает более выраженный интерференционный эффект на заранее запланированные движения, чем наблюдение за коммуникативными жестами. Авторы объясняют полученные результаты привилегированным доступом интерактивных жестов к перцептивным и двигательным системам человека, благодаря чему они обладают способностью непосредственно «вовлекать» наблюдателя и вызывать у него непровольную готовность к взаимодействию, тем самым влияя на качество выполнения основной задачи.

Особенности кинематики комплементарных действий определяются не только требованиями задачи, но и внешним видом соагента. Участники исследования S. de la Rosa et al. [11] выполняли жест «дай пять» с трехмерным анимированным аватаром в натуральную величину, имеющим конфигурацию, сходную или с человеком, или с роботом. Выявлено, что при взаимодействии с антропоморфным партнером испытуемые демонстрировали более выраженное вытягивание руки вперед, чем в испытаниях с участием робота.

**Взаиморасположение участников в пространстве деятельности.** На кинематический профиль индивидуального выполнения задачи оказывает влияние присутствие других людей, т. к. включенность в социальную среду требует от субъекта динамической координации своего поведения с действиями других во времени и пространстве. Отмечено, что, когда участнику предлагалось поместить предмет на руку другого человека, а не в контейнер, социальные движения были более медленными и осторожными, с утрированной траекторией [12]. Кроме того, подобные кинематические профили были обнаружены в ситуациях, когда действия осуществлялись с коммуникативными намерениями или в присутствии наблюдателя [13].

В исследовании C. Gianelli et al. [14] показано влияние характеристик агента-соучастника и его положения в общем пространстве на кинематику движений субъекта. В данной работе испытуемые выполняли задачи в присутствии

друзей или незнакомцев, которые либо находились на близком расстоянии, достаточном, чтобы помешать выполнению действия, либо были слишком далеко. Нахождение незнакомого человека в общем пространстве деятельности приводило к тому, что субъекты выполняли действия с конкурентным кинематическим профилем (более быстрыми движениями и жесткими захватами объекта) вне зависимости от расстояния между ними. По отношению к знакомым агентам это происходило только при близких дистанциях.

В исследовании C. Fantoni et al. [15] показано, что кинематические параметры движений в ходе выполнения задачи по захвату и перемещению объекта в конечную целевую позицию могут различаться в зависимости от социального статуса наблюдателя. В присутствии агента с высоким общественным положением (в отличие от низкого) амплитуда максимальной скорости руки испытуемых во время фазы движения «дотянуться до объекта» была больше, а продолжительность этапа замедления и максимальная апертура захвата – меньше (движения более быстрые, но менее тщательно сформированные). Как считают авторы, данный кинематический паттерн может быть связан с тем, что участники опасались оценки со стороны наблюдателя, что отразилось на контроле выполнения двигательных актов.

В работе L. Sartori et al. [16] участники получили инструкцию схватить и переместить целевой объект в контейнер, независимо от событий, происходящих в непосредственной близости. В 20 % испытаний человек, сидящий рядом с испытуемым, неожиданно вытягивал руку и разворачивал ладонь, как бы прося предмет. Было выявлено, что внезапное движение, передающее социальный запрос, оказывает эффект двигательных помех на заранее запланированные действия: траектории движения руки испытуемых значительно отклонялись в сторону соагента. В некоторых испытаниях субъекты полностью игнорировали инструкцию, помещая предмет в ладонь ассистента. Во второй серии исследований агент-человек

был заменен роботизированной моделью руки. Показано, что все участники проигнорировали небιологический стимул и выполнили задачу без отклонений траектории движения. Аналогичный результат был обнаружен в ситуациях, когда движение руки соагента (человека) не выражало социальных или коммуникативных намерений [16].

**Информационное и коммуникативное значение кинематики движений.** Важным вопросом при изучении кинематических профилей является определение того, какой информацией могут «делиться» субъекты с помощью модуляции движений. Так, особенности выполнения деятельности различаются в зависимости от эмоций человека: быстрые моторные акты связаны с проявлением гнева и счастья, тогда как более медленные свойственны людям, испытывающим грусть [17, 18]. Показано, что существуют специфичные паттерны движений во время танцев, позволяющие успешно предсказывать пол, личностные качества (нейротизм и экстраверсию) и музыкальные предпочтения людей [19].

Особенности кинематических профилей движений способны предоставлять наблюдателю значимую информацию о конкурентоспособности и доминантности субъектов [20]. Так, физически сильные мужчины демонстрируют более высокоамплитудные, изменчивые и быстрые движения во время танца, чем слабые люди. Кроме того, сила хвата кистей рук мужчин-танцоров положительно коррелирует с оценкой степени их привлекательности у женщин [21]. В различных культурных контекстах сила рукопожатия у мужчин рассматривается в качестве меры, способной определять морфологию тела, сексуальное поведение, уровень агрессии и социального доминирования [22].

Известно, что афферентация об особенностях движений в совокупности с характеристиками среды, в которой совершается действие, может быть использована наблюдателем для прогнозирования двигательных намерений других людей. Так, на основании контекстуальных и кинематических данных водители с

высокой точностью предсказывают поведение велосипедистов на перекрестке по положению руля и скорости вращения педалей [23].

Социальные взаимодействия требуют от человека умения распознавать тонкие поведенческие сигналы, такие как кинематические различия в действиях и жестах, производимых с разными намерениями. Участники исследования J.P. Trujillo et al. [24] просматривали видеозаписи жестов пантомимы и должны были классифицировать наблюдаемые движения относительно намерений актора (социальные или объектно-направленные). Обнаружено, что коммуникативный контекст модулирует определенные пространственно-временные изменения кинематики действий – увеличение вертикальной амплитуды движений и продолжительности фазы замедления. На основании данных паттернов испытуемые классифицировали двигательные акты как коммуникативные.

Для улучшения взаимной координации в ходе совместной деятельности люди часто используют невербальные, сенсомоторные формы коммуникации – тонкие кинематические сигналы, встроенные в прагматические действия [25]. Так, соисполнители при выполнении задачи корректируют пространственно-временные параметры собственных движений, усиливая регулярность и заметность двигательных актов, чтобы сделать свои намерения более предсказуемыми для партнера или ввести оппонента в заблуждение (например, при совершении обманных маневров в соревновательных видах спорта) [26]. Инструментальные действия, предназначенные для обучения новому навыку, демонстрируют аналогичную кинематическую модуляцию, связанную с преувеличенно-замедленным паттерном движений.

В исследованиях сенсомоторной коммуникации часто используются задачи, в которых информация о задании распределяется асимметрично между участниками. В работе L. Schmitz et al. [27] информированные акторы деятельности систематически модулировали высоту захвата (сверху – для легких предметов, снизу – для тяжелых), чтобы сообщить

партнеру о степени тяжести предмета. Общение осуществлялось даже в том случае, когда соучастник не нуждался в информации о весе предмета. Авторы предположили, что постоянное использование сенсомоторного коммуникативного канала может служить для поддержания функциональности общей системы межсубъектных связей.

Способность визуально идентифицировать двигательные акты, совершаемые другими, является важным компонентом социальных взаимодействий и опирается на соотнесение зрительной информации с собственными сенсомоторными репрезентациями [28]. Как показало исследование D. De Marco et al. [29], точность предсказания намерений других людей во многом определяется сходством кинематического профиля воспринимаемого действия с двигательным репертуаром наблюдателя. Испытуемые на первом этапе исследования выполняли задачу «дотянуться до предмета» с последующим перемещением его в коробку либо с передачей другому человеку. В дальнейшем та же группа участников должна была идентифицировать двигательные намерения другого актора, выполняющего аналогичные действия. Обнаружено, что сходство между ключевыми кинематическими параметрами субъекта деятельности и наблюдателя значительно способствовало точности предсказания двигательных намерений. Авторы полагают, что восприятие «знакомых» двигательных актов вызывает более сильный моторный резонанс, позволяющий предсказывать действия, хорошо представленные в двигательном репертуаре наблюдателя.

**Влияние социально значимой информации на подражательное поведение и выраженность двигательной интерференции.** Перцептивные и моторные представления о движениях тесно связаны между собой; это обусловлено тем, что наблюдение за действием активизирует те же двигательные программы, что и его выполнение [30]. Предполагается, что данная связь позволяет человеку делать выводы о целях и намерениях других субъектов

путем внутреннего моделирования их поведенческих актов. Несоответствие наблюдаемого движения выполняемым действиям приводит к возникновению двигательной интерференции. Следствием связи восприятия и действия является и подражательное поведение, возникающее в ситуации, когда люди во время выполнения периодических действий непроизвольно синхронизируют свои движения.

**Задачи на имитацию.** Использование методов захвата движений субъектов при выполнении заданий на подражание позволяет выяснить, какие именно параметры наблюдаемого поведения были скопированы, в какой момент и насколько точно. На склонность имитировать поведение других влияет множество социальных факторов.

В работе S.J. Hayes et al. [31] испытуемые при выполнении задачи на имитацию более точно копировали кинематические параметры демонстрируемых актором движений при отсутствии конечного целевого положения, чем при наблюдении за целенаправленными действиями. Авторы объясняют полученные результаты когнитивной иерархией целей действия, на основании которой человек совершает имитацию. Так, наиболее предпочтительной для подражания является конечная целевая точка, тогда как способы ее достижения могут широко варьировать. При бесцельной имитации стиль движения «поднимается вверх по иерархии» и сам становится целью, поскольку никакой другой информации о совершающемся действии не поступает.

При осуществлении деятельности в социальном контексте люди часто совершают движения, которые, на первый взгляд, кажутся неоптимальными для достижения цели. В работе P.A.G. Forbes и A.F.D.C. Hamilton [32] использовалась имитационная задача, в которой исследователи манипулировали рациональностью демонстрируемых действий: участники просматривали видеоролики, в которых актер последовательно указывал на три предмета, совершая непрерывное движение с низкой, высокой или сверхвысокой траекторией (в за-

висимости от величины препятствий между объектами). Задача испытуемых состояла в том, чтобы совершать указующие движения на данные целевые объекты в том же порядке. Обнаружено, что участники копировали высоту показанных актером движений, несмотря на иррациональность данных действий (в собственном пространстве испытуемых не было препятствий). Полученные результаты свидетельствуют о том, что испытуемые «включают» среду соактеров в свои собственные двигательные программы, даже если это снижает эффективность их собственных движений.

Показано, что люди с расстройствами аутистического спектра (РАС) при выполнении имитационной задачи чувствительны к высоте показанных актером движений в меньшей степени, чем нейротипичные участники (без признаков РАС) [33]. В работе [34] исследователи манипулировали возможностью участников устанавливать зрительный контакт с актером (человеком, показывающим действие). Выявлено, что здоровые испытуемые демонстрировали более выраженное подражательное поведение после прямого взгляда, в отличие от людей с РАС, не обнаруживших этого специфического усиления.

**Задачи на двигательную интерференцию.** Многими учеными проведены исследования связи различных экспериментальных контекстов с выраженностью двигательной интерференции, возникающей при выполнении действия, отличного от наблюдаемого [35–37]. В одной из моделей [35] участники выполняли синусоидальные движения рукой в определенной плоскости (горизонтальной или вертикальной), наблюдая при этом аналогичные движения демонстрируемого объекта либо в той же, либо в ортогональной плоскости. Неконгруэнтное представление информации (демонстрация движения, отличающегося по форме от совершаемого) влияло на действия испытуемых как фактор помехи, ухудшая параметры движений. По мнению авторов, данный эффект является следствием двигательной интерференции.

В ряде исследований показано влияние форм представления объекта на выраженность

двигательной интерференции [36, 38, 39]. Нейротипичные испытуемые демонстрировали интерференционный эффект при наблюдении за реальными и виртуальными движениями человека с естественными биологическими траекториями, но при демонстрации роботизированного линейного движения явления «моторного заражения» не возникало. При этом у испытуемых с РАС эффект двигательных помех не отмечался ни в том, ни в другом случае [36]. Кроме того, если манипулятор промышленного робота имел конфигурацию, похожую на человеческую руку, и двигался квазибиологически, то это приводило к возникновению эффекта двигательной интерференции у испытуемых, в отличие от ситуации, когда действие совершалось автоматом в его стандартной отраслевой конфигурации [38]. Полученные данные интерпретируются авторами указанных исследований как свидетельство того, что мозг по-разному обрабатывает биологические и небιологические движения.

В работе J. Stanley et al. [39] у участников, которым сказали, что они наблюдают за перемещением точки, воссозданной по движениям человека, проявилась более выраженная моторная интерференция, чем у тех, кто полагал, что движущаяся мишень сгенерирована компьютером, вне зависимости от того, перемещалась она по биологической или небιологической траектории. Данные результаты свидетельствуют о том, что интенциональная позиция участника может быть более важным определяющим фактором, чем биологическое происхождение движения как такового.

Как показали исследования N. Caruana et al. [40], активность мозга, вызванная одними и теми же стимулами аватара, может различаться в зависимости от представлений субъекта о со-агенте. У испытуемых при реагировании на виртуальных персонажей, контролируемых человеком, по сравнению со стимулами, управляемыми компьютером, наблюдались более высокие амплитуды вызванных потенциалов в левой затылочно-височной области и усиление активации в центрально-теменной области. Авторы делают

заклучение о том, что действия субъекта приобретают социальный характер только тогда, когда участники *верят*, что они взаимодействуют с другими людьми, даже если это не так.

На степень двигательной интерференции оказывает влияние фактор принадлежности к группе. Например, J.E. van Schaik et al. [41] показали, что данный феномен проявлялся у детей на действия наблюдаемого агента только из «чужой» группы, например ребенка, одетого в футболку другого цвета. Авторы предположили, что к усилению интерференции движений приводит повышенное внимание человека к внегрупповому субъекту, которое может быть вызвано мотивацией преодоления межгрупповых различий.

Как показало исследование S. Clarke et al. [37], эффект двигательной интерференции может быть сведен к минимуму в ситуациях, когда партнеры по взаимодействию представляют свои движения как взаимосвязанные компоненты общего плана. В работе использовалась модель, при которой испытуемые производили движения пальцами, конгруэнтные или неконгруэнтные действиям виртуального партнера, с совместной целью (совместное нажатие выключателя, включающего две лампочки) или без нее. Отмечено, что зрительно-моторные интерференционные эффекты уменьшались, когда два физически неконгруэнтных действия были представлены как механически взаимосвязанные вклады в общий результат.

**Физиологические основы межличностной координации.** Согласно Н.А. Бернштейну [42], ведущим фактором в организации целенаправленных движений является *смысловая сторона действия*, определяемая требованиями задачи и характеристиками среды. Данный факт приводит к возрастанию приспособительной вариативности в реализации двигательных актов. В повседневной жизни людям часто приходится согласовывать свои движения друг с другом для достижения общей цели. Существуют научные данные, свидетельствующие о том, что основную роль в регуляции движений человека в социальном пространстве играют

системы зеркальных нейронов, ментализации и оценки вознаграждений [43, 44].

Зеркальные нейроны, впервые обнаруженные в премоторной и теменной коре приматов, возбуждаются как в ходе выполнения целенаправленных движений, так и при наблюдении за ними [45]. Предполагается, что активация данных областей мозга совместно с системой ментализации является нейрофизиологической основой способности человека понимать и прогнозировать цели действий других людей, а также обуславливает имитативное поведение. В исследовании D. Kourtis et al. [46] у испытуемых предвосхищающая моторная активация была сильнее в момент ожидания действий от партнера по взаимодействию, чем при наблюдении за человеком, выполняющим задание индивидуально. Показано, что на активацию областей мозга человека, связанных с системой зеркальных нейронов, воздействуют двигательные навыки наблюдателя, а также сигналы тела и взгляда, которые могут влиять на воспринимаемую «социальную значимость» субъектов взаимодействия.

В работе A. Yoshioka et al. [47] на основании данных гиперсканирования (фМРТ) обнаружена межиндивидуальная нейронная когерентность в правом височно-теменном соединении (система ментализации) и дорсомедиальной префронтальной коре (сеть оперативного покоя – default mode network, DMN) при обмене визуальным опытом, опосредуемым совместным вниманием. Данные области мозга связаны с построением «внутренних моделей психических состояний» и обуславливают мониторинг и прогнозирование своего и чужого целенаправленного поведения.

Особенности взаимодействия ментализирующих и зеркальных систем могут лежать в основе различий подражательного поведения у нейротипичных субъектов и людей с РАС. В частности, копирование целенаправленных движений и отсутствие имитации кинематических параметров наблюдаемого иррационального действия (например, сверхвысокой траектории) у лиц с РАС обусловлено повышением

активации нижней теменной коры и снижением активации медиальной префронтальной зоны мозга (система ментализации). У нейротипичных субъектов наблюдение за иррациональными действиями вовлекает ментализующие системы [48].

Согласно модели STORM (social top-down response modulation model) [34], в основе нейрокогнитивных механизмов межличностной координации лежит интеграция афферентных и эфферентных потоков информации (с вовлечением зрительной, премоторной и нижней теменной коры), обеспечивающая сопоставление воспринимаемых действий других людей с собственными реакциями. Установление связей между восприятием и действием определяется ассоциативным обучением человека на протяжении всей жизни. Выбор способа выполнения движения обусловлен модулирующими нисходящими влияниями префронтальной коры на моторные зоны. Этот механизм способствует коррекции движений с учетом социальных сигналов: зрительного контакта, эмоциональной валентности и контекста взаимодействия.

Многие представления и вышеперечисленные данные о механизмах межличностной координации соответствуют принципам теории функциональных систем П.К. Анохина [49], согласно которой итогом любого поведенческого акта является сопоставление характеристик целенаправленного акта с ожидаемой моделью результата, закодированной в акцепторе результата действия.

**Заключение.** Анализ научной литературы, посвященной исследованию целенаправленных действий человека в различных социальных контекстах, позволяет выделить специфические кинематические паттерны, определяемые условиями, в которых совершается деятельность. Траектория движений, подражательное поведение, степень двигательной интерференции, апертура захвата предмета могут сильно различаться в зависимости от социальных условий.

Дальнейшие исследования профилей движений существенно расширят современные представления о закономерностях, определя-

ющих успешность деятельности человека, что может лечь в основу разработки способов повышения результативности командной работы. Знание особенностей влияния социального контекста на межличностные взаимодействия позволит оптимизировать условия труда, способствуя сохранению психосоматического здоровья работников.

Данные об особенностях человеческого движения находят широкое применение при проектировании, разработке, пользовательском тестировании и улучшении программного и аппаратного обеспечения роботизированных систем. В настоящее время ведутся работы по созданию интерфейсов для вспомогательных мобильных манипуляторов, позволяющих людям с серьезными двигательными нарушениями взаимодействовать с физическим и социальным миром и тем самым повышать качество своей жизни [50]. Совершенствование алгоритмов адаптивного управления может быть использовано при проектировании вспомогательных манипуляторов и протезов рук, а также систем, предназначенных для роботизированных операций. Более отдаленные горизонты исследований социальных взаимодействий могут включать в себя проектирование искусственных агентов, способных по кинематике движений определять намерения людей и выполнять комплементарные действия. Изучение специфики целенаправленных движений человека также расширяет возможности разработки платформ виртуальной реальности для обучения людей сложным двигательным навыкам, в т. ч. в реабилитационной практике [51]. Дальнейшие исследования атипичной кинематики людей с РАС и ее связи с дефицитом социального познания расширят возможности ранней диагностики заболеваний и позволят разрабатывать методы коррекции нарушений моторных навыков.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## Список литературы

1. Albert S., de Ruiter J.P. Improving Human Interaction Research Through Ecological Grounding // *Collabra Psychol.* 2018. Vol. 4, № 1. Art. № 24. DOI: [10.1525/collabra.132](https://doi.org/10.1525/collabra.132)
2. Ciardo F., Campanini I., Merlo A., Rubichi S., Iani C. The Role of Perspective in Discriminating Between Social and Non-Social Intentions from Reach-to-Grasp Kinematics // *Psychol. Res.* 2018. Vol. 82, № 5. P. 915–928. DOI: [10.1007/s00426-017-0868-4](https://doi.org/10.1007/s00426-017-0868-4)
3. Georgiou I., Becchio C., Glover S., Castiello U. Different Action Patterns for Cooperative and Competitive Behaviour // *Cognition.* 2007. Vol. 102, № 3. P. 415–433. DOI: [10.1016/j.cognition.2006.01.008](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.008)
4. Krishnan-Barman S., Forbes P.A.G., Hamilton A.F. de C. How Can the Study of Action Kinematics Inform Our Understanding of Human Social Interaction? // *Neuropsychologia.* 2017. Vol. 105. P. 101–110. DOI: [10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.018](https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.018)
5. Becchio C., Sartori L., Bulgheroni M., Castiello U. Both Your Intention and Mine Are Reflected in the Kinematics of My Reach-to-Grasp Movement // *Cognition.* 2008. Vol. 106, № 2. P. 894–912. DOI: [10.1016/j.cognition.2007.05.004](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.05.004)
6. Quesque F., Delevoeye-Turrell Y., Coello Y. Facilitation Effect of Observed Motor Deviants in a Cooperative Motor Task: Evidence for Direct Perception of Social Intention in Action // *Q. J. Exp. Psychol. (Hove).* 2016. Vol. 69, № 8. P. 1451–1463. DOI: [10.1080/17470218.2015.1083596](https://doi.org/10.1080/17470218.2015.1083596)
7. Vesper C., Schmitz L., Safra L., Sebanz N., Knoblich G. The Role of Shared Visual Information for Joint Action Coordination // *Cognition.* 2016. Vol. 153. P. 118–123. DOI: [10.1016/j.cognition.2016.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.05.002)
8. Gigliotti M.F., Sampaio A., Bartolo A., Coello Y. The Combined Effects of Motor and Social Goals on the Kinematics of Object-Directed Motor Action // *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10. Art. № 6369. DOI: [10.1038/s41598-020-63314-y](https://doi.org/10.1038/s41598-020-63314-y)
9. Sartori L., Betti S. Complementary Actions // *Front. Psychol.* 2015. Vol. 6. Art. № 557. DOI: [10.3389/fpsyg.2015.00557](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00557)
10. Curioni A., Knoblich G.K., Sebanz N., Sacheli L.M. The Engaging Nature of Interactive Gestures // *PLoS One.* 2020. Vol. 15, № 4. Art. № e0232128. DOI: [10.1371/journal.pone.0232128](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232128)
11. de la Rosa S., Meilinger T., Streuber S., Saulton A., Fademrecht L., Quiros-Ramirez M.A., Bühlhoff H., Bühlhoff I., Cañal-Bruland R. Visual Appearance Modulates Motor Control in Social Interactions // *Acta Psychol. (Amst.).* 2020. Vol. 210. Art. № 103168. DOI: [10.1016/j.actpsy.2020.103168](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2020.103168)
12. Di Bono M.G., Begliomini C., Budisavljevic S., Sartori L., Miotto D., Motta R., Castiello U. Decoding Social Intentions in Human Prehensile Actions: Insights from a Combined Kinematics-fMRI Study // *PLoS One.* 2017. Vol. 12, № 8. Art. № e0184008. DOI: [10.1371/journal.pone.0184008](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184008)
13. Sartori L., Becchio C., Bara B.G., Castiello U. Does the Intention to Communicate Affect Action Kinematics? // *Conscious. Cogn.* 2009. Vol. 18, № 3. P. 766–772. DOI: [10.1016/j.concog.2009.06.004](https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.06.004)
14. Gianelli C., Scorolli C., Borghi A.M. Acting in Perspective: The Role of Body and Language as Social Tools // *Psychol. Res.* 2013. Vol. 77, № 1. P. 40–52. DOI: [10.1007/s00426-011-0401-0](https://doi.org/10.1007/s00426-011-0401-0)
15. Fantoni C., Rigutti S., Piccoli V., Sommacal E., Carnaghi A. Faster but Less Careful Prehension in Presence of High, Rather Than Low, Social Status Attendees // *PLoS One.* 2016. Vol. 11, № 6. Art. № e0158095. DOI: [10.1371/journal.pone.0158095](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158095)
16. Sartori L., Becchio C., Bulgheroni M., Castiello U. Modulation of the Action Control System by Social Intention: Unexpected Social Requests Override Preplanned Action // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 2009. Vol. 35, № 5. P. 1490–1500. DOI: [10.1037/a0015777](https://doi.org/10.1037/a0015777)
17. Sowden S., Schuster B.A., Keating C.T., Fraser D.S., Cook J.L. The Role of Movement Kinematics in Facial Emotion Expression Production and Recognition // *Emotion.* 2021. Vol. 21, № 5. P. 1041–1061. DOI: [10.1037/emo0000835](https://doi.org/10.1037/emo0000835)
18. Schuster B.A., Sowden S.L., Abdulkarim D., Wing A.M., Cook J.L. Acting Is Not the Same as Feeling: Emotion Expression in Gait Is Different for Posed and Induced Emotions // *Front. Hum. Neurosci.* 2019. Vol. 13. DOI: [10.3389/conf.fnhum.2019.229.00010](https://doi.org/10.3389/conf.fnhum.2019.229.00010)
19. Agrawal Y., Carlson E., Toiviainen P., Alluri V. Decoding Individual Differences and Musical Preference via Music-Induced Movement // *Sci. Rep.* 2022. Vol. 12. Art. № 2672. DOI: [10.1038/s41598-022-06466-3](https://doi.org/10.1038/s41598-022-06466-3)
20. Fink B., André S., Mines J.S., Weege B., Shackelford T.K., Butovskaya M.L. Sex Difference in Attractiveness Perceptions of Strong and Weak Male Walkers // *Am. J. Hum. Biol.* 2016. Vol. 28, № 6. P. 913–917. DOI: [10.1002/ajhb.22891](https://doi.org/10.1002/ajhb.22891)

21. Weege B., Pham M.N., Shackelford T.K., Fink B. Physical Strength and Dance Attractiveness: Further Evidence for an Association in Men, but Not in Women // *Am. J. Hum. Biol.* 2015. Vol. 27, № 5. P. 728–730. DOI: [10.1002/ajhb.22703](https://doi.org/10.1002/ajhb.22703)
22. Gallup A.C., Fink B. Handgrip Strength as a Darwinian Fitness Indicator in Men // *Front. Psychol.* 2018. Vol. 9. Art. № 439. DOI: [10.3389/fpsyg.2018.00439](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00439)
23. Hemeren P. Reverse Hierarchy Theory and the Role of Kinematic Information in Semantic Level Processing and Intention Perception. 2019. URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-17826> (дата обращения: 13.07.2022).
24. Trujillo J.P., Simanova I., Bekkering H., Özyürek A. Communicative Intent Modulates Production and Comprehension of Actions and Gestures: A Kinect Study // *Cognition*. 2018. Vol. 180. P. 38–51. DOI: [10.1016/j.cognition.2018.04.003](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.04.003)
25. McEllin L., Knoblich G., Sebanz N. Distinct Kinematic Markers of Demonstration and Joint Action Coordination? Evidence from Virtual Xylophone Playing // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 2018. Vol. 44, № 6. P. 885–897. DOI: [10.1037/xhp0000505](https://doi.org/10.1037/xhp0000505)
26. Pezzulo G., Donnarumma F., Dindo H., D'Ausilio A., Konvalinka I., Castelfranchi C. The Body Talks: Sensorimotor Communication and Its Brain and Kinematic Signatures // *Phys. Life Rev.* 2019. Vol. 28. P. 1–21. DOI: [10.1016/j.plrev.2018.06.014](https://doi.org/10.1016/j.plrev.2018.06.014)
27. Schmitz L., Vesper C., Sebanz N., Knoblich G. When Height Carries Weight: Communicating Hidden Object Properties for Joint Action // *Cogn. Sci.* 2018. Vol. 42, № 6. P. 2021–2059. DOI: [10.1111/cogs.12638](https://doi.org/10.1111/cogs.12638)
28. Martel L., Bidet-Ildei C., Coello Y. Anticipating the Terminal Position of an Observed Action: Effect of Kinematic, Structural, and Identity Information // *Vis. Cogn.* 2011. Vol. 19, № 6. P. 785–798. DOI: [10.1080/13506285.2011.587847](https://doi.org/10.1080/13506285.2011.587847)
29. De Marco D., Scalona E., Bazzini M.C., Avanzini P., Fabbri-Destro M. Observer-Agent Kinematic Similarity Facilitates Action Intention Decoding // *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10. Art. № 2605. DOI: [10.1038/s41598-020-59176-z](https://doi.org/10.1038/s41598-020-59176-z)
30. Hovaidi-Ardestani M., Caggiano V., Giese M. Neurodynamical Model for the Coupling of Action Perception and Execution // *ICANN*. 2017. Vol. 10613. P. 19–26. DOI: [10.1007/978-3-319-68600-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68600-4_3)
31. Hayes S.J., Dutoy C.A., Elliott D., Gowen E., Bennett S.J. Atypical Biological Motion Kinematics Are Represented by Complementary Lower-Level and Top-Down Processes During Imitation Learning // *Acta Psychol. (Amst.)* 2016. Vol. 163. P. 10–16. DOI: [10.1016/j.actpsy.2015.10.005](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.10.005)
32. Forbes P.A.G., Hamilton A.F.D.C. Moving Higher and Higher: Imitators' Movements Are Sensitive to Observed Trajectories Regardless of Action Rationality // *Exp. Brain Res.* 2017. Vol. 235, № 9. P. 2741–2753. DOI: [10.1007/s00221-017-5006-4](https://doi.org/10.1007/s00221-017-5006-4)
33. Forbes P.A.G., Pan X., Hamilton A.F.D.C. Reduced Mimicry to Virtual Reality Avatars in Autism Spectrum Disorder // *J. Autism Dev. Disord.* 2016. Vol. 46, № 12. P. 3788–3797. DOI: [10.1007/s10803-016-2930-2](https://doi.org/10.1007/s10803-016-2930-2)
34. Forbes P.A.G., Wang Y., Hamilton A.F.D.C. STORMy Interactions: Gaze and the Modulation of Mimicry in Adults on the Autism Spectrum // *Psychon. Bull. Rev.* 2017. Vol. 24, № 2. P. 529–535. DOI: [10.3758/s13423-016-1136-0](https://doi.org/10.3758/s13423-016-1136-0)
35. Kilner J.M., Neal A., Weiskopf N., Friston K.J., Frith C.D. Evidence of Mirror Neurons in Human Inferior Frontal Gyrus // *J. Neurosci.* 2009. Vol. 29, № 32. P. 10153–10159. DOI: [10.1523/JNEUROSCI.2668-09.2009](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2668-09.2009)
36. Cook J., Swapp D., Pan X., Bianchi-Berthouze N., Blakemore S.-J. Atypical Interference Effect of Action Observation in Autism Spectrum Conditions // *Psychol. Med.* 2014. Vol. 44, № 4. P. 731–740. DOI: [10.1017/S0033291713001335](https://doi.org/10.1017/S0033291713001335)
37. Clarke S., McEllin L., Francová A., Székely M., Butterfill S., Michael J. Joint Action Goals Reduce Visuomotor Interference Effects from a Partner's Incongruent Actions // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9. Art. № 15414. DOI: [10.1038/s41598-019-52124-6](https://doi.org/10.1038/s41598-019-52124-6)
38. Kupferberg A., Huber M., Helfer B., Lenz C., Knoll A., Glasauer S. Moving Just Like You: Motor Interference Depends on Similar Motility of Agent and Observer // *PLoS One*. 2012. Vol. 7, № 6. Art. № e39637. DOI: [10.1371/journal.pone.0039637](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039637)
39. Stanley J., Gowen E., Miall R.C. Effects of Agency on Movement Interference During Observation of a Moving Dot Stimulus // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 2007. Vol. 33, № 4. P. 915–926. DOI: [10.1037/0096-1523.33.4.915](https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.4.915)
40. Caruana N., de Lissa P., McArthur G. Beliefs About Human Agency Influence the Neural Processing of Gaze During Joint Attention // *Soc. Neurosci.* 2017. Vol. 12, № 2. P. 194–206. DOI: [10.1080/17470919.2016.1160953](https://doi.org/10.1080/17470919.2016.1160953)

41. van Schaik J.E., Endedijk H.M., Stapel J.C., Hunnius S. Young Children's Motor Interference Is Influenced by Novel Group Membership // *Front. Psychol.* 2016. Vol. 7. Art. № 321. DOI: [10.3389/fpsyg.2016.00321](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00321)
42. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений: избранные психологические труды. 3-е изд., стер. М.: Моск. психол.-соц. ин-т; Воронеж: МОДЭК, 2008. 687 с.
43. Koban L., Ramamoorthy A., Konvalinka I. Why Do We Fall into Sync with Others? Interpersonal Synchronization and the Brain's Optimization Principle // *Soc. Neurosci.* 2019. Vol. 14, № 1. P. 1–9. DOI: [10.1080/17470919.2017.1400463](https://doi.org/10.1080/17470919.2017.1400463)
44. Darda K.M., Ramsey R. The Inhibition of Automatic Imitation: A Meta-Analysis and Synthesis of fMRI Studies // *Neuroimage.* 2019. Vol. 197. P. 320–329. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2019.04.059](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.04.059)
45. Zarka D., Cebolla A.M., Cheron G. Neurones miroirs, substrat neuronal de la compréhension de l'action? // *Encephale.* 2022. Vol. 48, № 1. P. 83–91. DOI: [10.1016/j.encep.2021.06.005](https://doi.org/10.1016/j.encep.2021.06.005)
46. Kourtis D., Sebanz N., Knoblich G. Favouritism in the Motor System: Social Interaction Modulates Action Simulation // *Biol. Lett.* 2010. Vol. 6, № 6. P. 758–761. DOI: [10.1098/rsbl.2010.0478](https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0478)
47. Yoshioka A., Tanabe H.C., Sumiya M., Nakagawa E., Okazaki S., Koike T., Sadato N. Neural Substrates of Shared Visual Experiences: A Hyperscanning fMRI Study // *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2021. Vol. 16, № 12. P. 1264–1275. DOI: [10.1093/scan/nsab082](https://doi.org/10.1093/scan/nsab082)
48. Hamilton A.F. de C. Cognitive Underpinnings of Social Interaction // *Q. J. Exp. Psychol. (Hove).* 2015. Vol. 68, № 3. P. 417–432. DOI: [10.1080/17470218.2014.973424](https://doi.org/10.1080/17470218.2014.973424)
49. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М: Книга по Требованию, 2021. 450 с.
50. Chen T.L., Ciocarlie M., Cousins S., Grice P.M., Hawkins K., Hsiao K., Kemp C.C., King C.-H., Lazewatsky D.A., Leeper A.E., Nguyen H., Paepcke A., Pantofaru C., Smart W.D., Takayama L. Robots for Humanity: Using Assistive Robotics to Empower People with Disabilities // *IEEE Robotics Autom. Mag.* 2013. Vol. 20. P. 30–39. DOI: [10.1109/MRA.2012.2229950](https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2229950)
51. Levac D.E., Huber M.E., Sternad D. Learning and Transfer of Complex Motor Skills in Virtual Reality: A Perspective Review // *J. Neuroeng. Rehabil.* 2019. Vol. 16, № 1. Art. № 121. DOI: [10.1186/s12984-019-0587-8](https://doi.org/10.1186/s12984-019-0587-8)

## References

1. Albert S., de Ruiter J.P. Improving Human Interaction Research Through Ecological Grounding. *Collabra Psychol.*, 2018, vol. 4, no. 1. Art. no. 24. DOI: [10.1525/collabra.132](https://doi.org/10.1525/collabra.132)
2. Ciardo F., Campanini I., Merlo A., Rubichi S., Iani C. The Role of Perspective in Discriminating Between Social and Non-Social Intentions from Reach-to-Grasp Kinematics. *Psychol. Res.*, 2018, vol. 82, no. 5, pp. 915–928. DOI: [10.1007/s00426-017-0868-4](https://doi.org/10.1007/s00426-017-0868-4)
3. Georgiou I., Becchio C., Glover S., Castiello U. Different Action Patterns for Cooperative and Competitive Behaviour. *Cognition*, 2007, vol. 102, no. 3, pp. 415–433. DOI: [10.1016/j.cognition.2006.01.008](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.008)
4. Krishnan-Barman S., Forbes P.A.G., Hamilton A.F. de C. How Can the Study of Action Kinematics Inform Our Understanding of Human Social Interaction? *Neuropsychologia*, 2017, vol. 105, pp. 101–110. DOI: [10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.018](https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.018)
5. Becchio C., Sartori L., Bulgheroni M., Castiello U. Both Your Intention and Mine Are Reflected in the Kinematics of My Reach-to-Grasp Movement. *Cognition*, 2008, vol. 106, no. 2, pp. 894–912. DOI: [10.1016/j.cognition.2007.05.004](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.05.004)
6. Qesque F., Delevoeye-Turrell Y., Coello Y. Facilitation Effect of Observed Motor Deviants in a Cooperative Motor Task: Evidence for Direct Perception of Social Intention in Action. *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*, 2016, vol. 69, no. 8, pp. 1451–1463. DOI: [10.1080/17470218.2015.1083596](https://doi.org/10.1080/17470218.2015.1083596)
7. Vesper C., Schmitz L., Safra L., Sebanz N., Knoblich G. The Role of Shared Visual Information for Joint Action Coordination. *Cognition*, 2016, vol. 153, pp. 118–123. DOI: [10.1016/j.cognition.2016.05.002](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.05.002)
8. Gigliotti M.F., Sampaio A., Bartolo A., Coello Y. The Combined Effects of Motor and Social Goals on the Kinematics of Object-Directed Motor Action. *Sci. Rep.*, 2020, vol. 10. Art. no. 6369. DOI: [10.1038/s41598-020-63314-y](https://doi.org/10.1038/s41598-020-63314-y)
9. Sartori L., Betti S. Complementary Actions. *Front. Psychol.*, 2015, vol. 6. Art. no. 557. DOI: [10.3389/fpsyg.2015.00557](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00557)
10. Curioni A., Knoblich G.K., Sebanz N., Sacheli L.M. The Engaging Nature of Interactive Gestures. *PLoS One*, 2020, vol. 15, no. 4. Art. no. e0232128. DOI: [10.1371/journal.pone.0232128](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232128)
11. de la Rosa S., Meilinger T., Streuber S., Saulton A., Fademrecht L., Quiros-Ramirez M.A., Bühlhoff H., Bühlhoff I., Cañal-Bruland R. Visual Appearance Modulates Motor Control in Social Interactions. *Acta Psychol. (Amst.)*, 2020, vol. 210. Art. no. 103168. DOI: [10.1016/j.actpsy.2020.103168](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2020.103168)

12. Di Bono M.G., Begliomini C., Budisavljevic S., Sartori L., Miotto D., Motta R., Castiello U. Decoding Social Intentions in Human Prehensile Actions: Insights from a Combined Kinematics-fMRI Study. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 8. Art. no. e0184008. DOI: [10.1371/journal.pone.0184008](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184008)
13. Sartori L., Becchio C., Bara B.G., Castiello U. Does the Intention to Communicate Affect Action Kinematics? *Conscious. Cogn.*, 2009, vol. 18, no. 3, pp. 766–772. DOI: [10.1016/j.concog.2009.06.004](https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.06.004)
14. Gianelli C., Scorolli C., Borghi A.M. Acting in Perspective: The Role of Body and Language as Social Tools. *Psychol. Res.*, 2013, vol. 77, no. 1, pp. 40–52. DOI: [10.1007/s00426-011-0401-0](https://doi.org/10.1007/s00426-011-0401-0)
15. Fantoni C., Rigutti S., Piccoli V., Sommacal E., Carnaghi A. Faster but Less Careful Prehension in Presence of High, Rather Than Low, Social Status Attendees. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 6. Art. no. e0158095. DOI: [10.1371/journal.pone.0158095](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158095)
16. Sartori L., Becchio C., Bulgheroni M., Castiello U. Modulation of the Action Control System by Social Intention: Unexpected Social Requests Override Preplanned Action. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 2009, vol. 35, no. 5, pp. 1490–1500. DOI: [10.1037/a0015777](https://doi.org/10.1037/a0015777)
17. Sowden S., Schuster B.A., Keating C.T., Fraser D.S., Cook J.L. The Role of Movement Kinematics in Facial Emotion Expression Production and Recognition. *Emotion*, 2021, vol. 21, no. 5, pp. 1041–1061. DOI: [10.1037/emo0000835](https://doi.org/10.1037/emo0000835)
18. Schuster B.A., Sowden S.L., Abdulkarim D., Wing A.M., Cook J.L. Acting Is Not the Same as Feeling: Emotion Expression in Gait Is Different for Posed and Induced Emotions. *Front. Hum. Neurosci.*, 2019, vol. 13. DOI: [10.3389/conf.fnhum.2019.229.00010](https://doi.org/10.3389/conf.fnhum.2019.229.00010)
19. Agrawal Y., Carlson E., Toiviainen P., Alluri V. Decoding Individual Differences and Musical Preference via Music-Induced Movement. *Sci. Rep.*, 2022, vol. 12. Art. no. 2672. DOI: [10.1038/s41598-022-06466-3](https://doi.org/10.1038/s41598-022-06466-3)
20. Fink B., André S., Mines J.S., Weege B., Shackelford T.K., Butovskaya M.L. Sex Difference in Attractiveness Perceptions of Strong and Weak Male Walkers. *Am. J. Hum. Biol.*, 2016, vol. 28, no. 6, pp. 913–917. DOI: [10.1002/ajhb.22891](https://doi.org/10.1002/ajhb.22891)
21. Weege B., Pham M.N., Shackelford T.K., Fink B. Physical Strength and Dance Attractiveness: Further Evidence for an Association in Men, but Not in Women. *Am. J. Hum. Biol.*, 2015, vol. 27, no. 5, pp. 728–730. DOI: [10.1002/ajhb.22703](https://doi.org/10.1002/ajhb.22703)
22. Gallup A.C., Fink B. Handgrip Strength as a Darwinian Fitness Indicator in Men. *Front. Psychol.*, 2018, vol. 9. Art. no. 439. DOI: [10.3389/fpsyg.2018.00439](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00439)
23. Hemeren P. *Reverse Hierarchy Theory and the Role of Kinematic Information in Semantic Level Processing and Intention Perception*. 2019. Available at: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-17826> (accessed: 13 July 2022).
24. Trujillo J.P., Simanova I., Bekkering H., Özyürek A. Communicative Intent Modulates Production and Comprehension of Actions and Gestures: A Kinect Study. *Cognition*, 2018, vol. 180, pp. 38–51. DOI: [10.1016/j.cognition.2018.04.003](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.04.003)
25. McEllin L., Knoblich G., Sebanz N. Distinct Kinematic Markers of Demonstration and Joint Action Coordination? Evidence from Virtual Xylophone Playing. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 2018, vol. 44, no. 6, pp. 885–897. DOI: [10.1037/xhp0000505](https://doi.org/10.1037/xhp0000505)
26. Pezzulo G., Donnarumma F., Dindo H., D'Ausilio A., Konvalinka I., Castelfranchi C. The Body Talks: Sensorimotor Communication and Its Brain and Kinematic Signatures. *Phys. Life Rev.*, 2019, vol. 28, pp. 1–21. DOI: [10.1016/j.plrev.2018.06.014](https://doi.org/10.1016/j.plrev.2018.06.014)
27. Schmitz L., Vesper C., Sebanz N., Knoblich G. When Height Carries Weight: Communicating Hidden Object Properties for Joint Action. *Cogn. Sci.*, 2018, vol. 42, no. 6, pp. 2021–2059. DOI: [10.1111/cogs.12638](https://doi.org/10.1111/cogs.12638)
28. Martel L., Bidet-Ildei C., Coello Y. Anticipating the Terminal Position of an Observed Action: Effect of Kinematic, Structural, and Identity Information. *Vis. Cogn.*, 2011, vol. 19, no. 6, pp. 785–798. DOI: [10.1080/13506285.2011.587847](https://doi.org/10.1080/13506285.2011.587847)
29. De Marco D., Scalona E., Bazzini M.C., Avanzini P., Fabbri-Destro M. Observer-Agent Kinematic Similarity Facilitates Action Intention Decoding. *Sci. Rep.*, 2020, vol. 10. Art. no. 2605. DOI: [10.1038/s41598-020-59176-z](https://doi.org/10.1038/s41598-020-59176-z)
30. Hovaidi-Ardestani M., Caggiano V., Giese M. Neurodynamical Model for the Coupling of Action Perception and Execution. *ICANN*, 2017, vol. 10613, pp. 19–26. DOI: [10.1007/978-3-319-68600-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68600-4_3)
31. Hayes S.J., Dutoy C.A., Elliott D., Gowen E., Bennett S.J. Atypical Biological Motion Kinematics Are Represented by Complementary Lower-Level and Top-Down Processes During Imitation Learning. *Acta Psychol. (Amst.)*, 2016, vol. 163, pp. 10–16. DOI: [10.1016/j.actpsy.2015.10.005](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.10.005)

32. Forbes P.A.G., Hamilton A.F.D.C. Moving Higher and Higher: Imitators' Movements Are Sensitive to Observed Trajectories Regardless of Action Rationality. *Exp. Brain Res.*, 2017, vol. 235, no. 9, pp. 2741–2753. DOI: [10.1007/s00221-017-5006-4](https://doi.org/10.1007/s00221-017-5006-4)
33. Forbes P.A.G., Pan X., Hamilton A.F.D.C. Reduced Mimicry to Virtual Reality Avatars in Autism Spectrum Disorder. *J. Autism Dev. Disord.*, 2016, vol. 46, no. 12, pp. 3788–3797. DOI: [10.1007/s10803-016-2930-2](https://doi.org/10.1007/s10803-016-2930-2)
34. Forbes P.A.G., Wang Y., Hamilton A.F.D.C. STORMy Interactions: Gaze and the Modulation of Mimicry in Adults on the Autism Spectrum. *Psychon. Bull. Rev.*, 2017, vol. 24, no. 2, pp. 529–535. DOI: [10.3758/s13423-016-1136-0](https://doi.org/10.3758/s13423-016-1136-0)
35. Kilner J.M., Neal A., Weiskopf N., Friston K.J., Frith C.D. Evidence of Mirror Neurons in Human Inferior Frontal Gyrus. *J. Neurosci.*, 2009, vol. 29, no. 32, pp. 10153–10159. DOI: [10.1523/JNEUROSCI.2668-09.2009](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2668-09.2009)
36. Cook J., Swapp D., Pan X., Bianchi-Berthouze N., Blakemore S.-J. Atypical Interference Effect of Action Observation in Autism Spectrum Conditions. *Psychol. Med.*, 2014, vol. 44, no. 4, pp. 731–740. DOI: [10.1017/S0033291713001335](https://doi.org/10.1017/S0033291713001335)
37. Clarke S., McEllin L., Francová A., Székely M., Butterfill S., Michael J. Joint Action Goals Reduce Visuomotor Interference Effects from a Partner's Incongruent Actions. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9. Art. no. 15414. DOI: [10.1038/s41598-019-52124-6](https://doi.org/10.1038/s41598-019-52124-6)
38. Kupferberg A., Huber M., Helfer B., Lenz C., Knoll A., Glasauer S. Moving Just Like You: Motor Interference Depends on Similar Motility of Agent and Observer. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 6. Art. no. e39637. DOI: [10.1371/journal.pone.0039637](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039637)
39. Stanley J., Gowen E., Miall R.C. Effects of Agency on Movement Interference During Observation of a Moving Dot Stimulus. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 2007, vol. 33, no. 4, pp. 915–926. DOI: [10.1037/0096-1523.33.4.915](https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.4.915)
40. Caruana N., de Lissa P., McArthur G. Beliefs About Human Agency Influence the Neural Processing of Gaze During Joint Attention. *Soc. Neurosci.*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 194–206. DOI: [10.1080/17470919.2016.1160953](https://doi.org/10.1080/17470919.2016.1160953)
41. van Schaik J.E., Endedijk H.M., Stapel J.C., Hunnius S. Young Children's Motor Interference Is Influenced by Novel Group Membership. *Front. Psychol.*, 2016, vol. 7. Art. no. 321. DOI: [10.3389/fpsyg.2016.00321](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00321)
42. Bernshhteyn N.A. *Biomekhanika i fiziologiya dvizheniy: izbrannye psikhologicheskie trudy* [Biomechanics and Physiology of Movement: Selected Works on Psychology]. Moscow, 2008. 687 p.
43. Koban L., Ramamoorthy A., Konvalinka I. Why Do We Fall into Sync with Others? Interpersonal Synchronization and the Brain's Optimization Principle. *Soc. Neurosci.*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 1–9. DOI: [10.1080/17470919.2017.1400463](https://doi.org/10.1080/17470919.2017.1400463)
44. Darda K.M., Ramsey R. The Inhibition of Automatic Imitation: A Meta-Analysis and Synthesis of fMRI Studies. *Neuroimage*, 2019, vol. 197, pp. 320–329. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2019.04.059](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.04.059)
45. Zarka D., Cebolla A.M., Cheron G. Mirror Neurons, Neural Substrate of Action Understanding? *Encephale*, 2022, vol. 48, no. 1, pp. 83–91 (in Fr.). DOI: [10.1016/j.encep.2021.06.005](https://doi.org/10.1016/j.encep.2021.06.005)
46. Kourtis D., Sebanz N., Knoblich G. Favouritism in the Motor System: Social Interaction Modulates Action Simulation. *Biol. Lett.*, 2010, vol. 6, no. 6, pp. 758–761. DOI: [10.1098/rsbl.2010.0478](https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0478)
47. Yoshioka A., Tanabe H.C., Sumiya M., Nakagawa E., Okazaki S., Koike T., Sadato N. Neural Substrates of Shared Visual Experiences: A Hyperscanning fMRI Study. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, 2021, vol. 16, no. 12, pp. 1264–1275. DOI: [10.1093/scan/nsab082](https://doi.org/10.1093/scan/nsab082)
48. Hamilton A.F. de C. Cognitive Underpinnings of Social Interaction. *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*, 2015, vol. 68, no. 3, pp. 417–432. DOI: [10.1080/17470218.2014.973424](https://doi.org/10.1080/17470218.2014.973424)
49. Anokhin P.K. *Ocherki po fiziologii funktsional'nykh sistem* [Essays on the Physiology of Functional Systems]. Moscow, 2021. 450 p.
50. Chen T.L., Ciocarlie M., Cousins S., Grice P.M., Hawkins K., Hsiao K., Kemp C.C., King C.-H., Lazewatsky D.A., Leeper A.E., Nguyen H., Paepcke A., Pantofaru C., Smart W.D., Takayama L. Robots for Humanity: Using Assistive Robotics to Empower People with Disabilities. *IEEE Robotics Autom. Mag.*, 2013, vol. 20, no. 1, pp. 30–39. DOI: [10.1109/MRA.2012.2229950](https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2229950)
51. Levac D.E., Huber M.E., Sternad D. Learning and Transfer of Complex Motor Skills in Virtual Reality: A Perspective Review. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 2019, vol. 16, no. 1. Art. no. 121. DOI: [10.1186/s12984-019-0587-8](https://doi.org/10.1186/s12984-019-0587-8)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z120

*Ekaterina S. Mes'kova*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9256-0253>  
*Elena P. Murtazina*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-8727>  
*Yuliya A. Ginzburg-Shik*\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8675-8116>

\*P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology  
(Moscow, Russian Federation)

## KINEMATIC PROFILES OF HUMAN GOAL-DIRECTED ACTIONS IN DIFFERENT SOCIAL CONTEXTS (Review)

The review analyses studies into the influence of social factors on the kinematic profiles (velocity, amplitude, trajectory, grip aperture and other characteristics) of human actions. Laboratory models of human joint sensorimotor activity in different social contexts are described, exemplified by reach kinematics, complementary actions, sensorimotor communication, imitation tasks and motor interference tasks. Research into the influence of the goals of interaction (cooperation, competition, communication) and the presence of an observer on the kinematic profiles of human movements is analysed. Further, the paper demonstrates the role of social factors in the performance of complementary actions and describes the effect of the mutual influence of the physical requirements of the task and social context on the kinematic profile of movements. Results are presented showing that co-actors modulate their actions to eliminate ambiguity of their motor intentions for the other person (sensorimotor communication). Contextual factors influencing the degree of motor interference and imitative behaviour are described, such as: the type of stimuli observed, co-agent's status, group membership, and neurotypicality of the subjects. The possibility of reducing the effect of visuomotor interference by presenting incongruent actions as interdependent components of an overall activity plan is shown. In addition, neurophysiological mechanisms of interpersonal coordination are described. It is concluded that findings on human movement patterns in different social contexts can be used to increase teamwork efficiency in various professional fields, rehabilitate people with movement disorders, optimize working conditions, and improve human interactions with robotic systems.

**Keywords:** *neurophysiological mechanisms of goal-directed actions, cooperative activity, social context, interpersonal coordination, kinematics of human actions, sensorimotor communication, movement velocity, movement trajectory.*

Received 4 July 2022

Accepted 24 October 2022

Published 15 November 2022

Поступила 04.07.2022

Принята 24.10.2022

Опубликована 15.11.2022

---

**Corresponding author:** Ekaterina Mes'kova, address: ul. Baltiyskaya 8, Moscow, 125315, Russian Federation; e-mail: meskova\_katerina@rambler.ru

**For citation:** Mes'kova E.S., Murtazina E.P., Ginzburg-Shik Yu.A. Kinematic Profiles of Human Goal-Directed Actions in Different Social Contexts (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 380–394. DOI: 10.37482/2687-1491-Z120