

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Перепелкина Ольга Сергеевна

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕСНЫХ ИЛЛЮЗИЙ В НОРМЕ
И ПРИ СОМАТОФОРМНЫХ РАССТРОЙСТВАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ
РЕАЛЬНОСТИ**

19.00.04 – Медицинская психология
(психологические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата психологических наук

Москва - 2020

Работа выполнена на кафедре нейро- и патопсихологии факультета психологии
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова»

Научный руководитель: **Николаева Валентина Васильевна** – доктор
психологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Холмогорова Алла Борисовна** – доктор
психологических наук, профессор; декан
факультета консультативной и клинической
психологии; заведующий кафедрой клинической
психологии и психотерапии ФГБОУ ВО
«Московский государственный психолого-
педагогический университет»;
Бузина Татьяна Сергеевна – доктор
психологических наук, доцент; заведующий
кафедрой общей психологии факультета
клинической психологии ФГБОУ ВО
«Московский государственный медико-
стоматологический университет имени
А.И.Евдокимова» Минздрава России;
Меньшикова Галина Яковлевна – доктор
психологических наук; заведующий лабораторией
«Восприятие» факультета психологии ФГБОУ ВО
«МГУ имени М.В.Ломоносова».

Защита диссертации состоится 18 декабря 2020 г. в 15.00 на заседании
диссертационного совета МГУ.19.01 в ФГБОУ ВО «Московский
государственный университет имени М.В.Ломоносова» по адресу: 125009,
г. Москва, улица Моховая, дом 11, строение 9, аудитория 102.
e-mail: us@psy.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке МГУ имени
М.В.Ломоносова (г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 27).; на сайте Научно-
консультативного совета РАО и РПО (<http://psy-science-council.ru/dissertations/>);
со сведениями о регистрации участия в защите в удаленном интерактивном
режиме и с диссертацией в электронном виде также можно ознакомиться на
сайте ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/330988980/>

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.19.01,
кандидат психологических наук

А.А. Кисельников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования.

Соматоперцепция – это построение образов, связанных с телом, в режиме реального времени (Longo et al., 2010). Эти образы основаны на уникальном статусе тела как источника особого опыта «от первого лица». Тело – это объект, который мы, вероятно, знаем лучше всего; от него мы постоянно получаем поток информации: от зрительной, тактильной, проприоцептивной, вестибулярной, интероцептивной и других систем. Чувство, что мое тело мне принадлежит, является базовым и неизменным, однако оно, как и другие объекты окружающего мира, является результатом психического отражения. Как экспериментально исследовать чувство обладания собственным телом, если оно «всегда здесь» (James, 1890)? Как изолировать телесное самосознание и изучить его контролируемым образом, если существование человека немислимо без наличия физического тела? Моделирование телесных иллюзий позволяет описать и эмпирически исследовать механизмы восприятия собственного тела в норме и при соматоформных расстройствах.

Чувство обладания собственным телом является, с одной стороны, базовым неотъемлемым свойством ежедневного опыта каждого индивида; с другой стороны, нарушения восприятия тела связаны с различными психическими и неврологическими расстройствами, например, соматопарафренией, соматоагнозией, нарушениями телесной интегративной идентичности, или искажениями воспринимаемых размеров тела у пациентов с ожирением (Дорожевец, 1986; Соколова, Николаева, 1995; Тхостов, 2002а; Перепелкина, Арина, Николаева, 2014). Соматоформные расстройства являются группой заболеваний, при которых нарушено соматосенсорное восприятие. Ежедневный телесный опыт таких больных наполнен переживанием симптомов, которые частично или полностью не объясняются физической патологией.

Распространенность соматоформных расстройств варьирует от 26% до 35% среди пациентов, обратившихся за первичной помощью (Haller et al., 2015). На данный момент не существует единой концепции соматоформных

расстройств, которая бы объясняла все механизмы этих заболеваний, а, следовательно, не разработан эффективный протокол их лечения. Диагностические и терапевтические подходы к пациентам существенно отличаются в разных медицинских специальностях; и эти подходы порой не дополняют, а даже противоречат друг другу (Henningesen, 2018). Терапия, исходящая из существующих концепций механизмов соматоформных расстройств, воспринимается пациентами зачастую как длительная и безуспешная; врачи оценивают данных пациентов как трудно поддающихся лечению, а долгосрочный прогноз заболевания считается достаточно плохим, с высокими показателями нетрудоспособности на протяжении многих лет (Rask et al., 2015).

Исследования последних лет накапливают данные о механизмах соматоформных расстройств, которые не были учтены предыдущими концепциями. Так, описывают нарушения восприятия телесных ощущений, по крайней мере, в некоторых системах организма (Тхостов, 2002b; Mailloux, Brener, 2002; Bogaerts et al., 2008, 2010; Schaefer, Egloff, Witthöft, 2012). В различных исследованиях начали появляться свидетельства, что у пациентов с соматоформными расстройствами могут быть нарушены процессы мультисенсорной интеграции стимулов, поступающих от тела (Brown et al., 2010; Miles, Poliakoff, Brown, 2011; Braithwaite, Brogna, Watson, 2014).

Экспериментальное изучение некоторых аспектов соматоперцепции, а именно процесса формирования чувства обладания собственным телом, стало возможно благодаря парадигме исследования телесных иллюзий. Исследования психической патологии при помощи инструментария формирования иллюзий являются классическими в отечественной патопсихологии (Рубинштейн, 1971; Зейгарник, 1976). В психиатрии иллюзии традиционно относятся к обманам органов чувств и нарушениям восприятия (Тиганов и др., 1999), тогда как патопсихология пересматривает этот подход, рассматривая иллюзии как модель восприятия в норме. Телесные иллюзии, как мы показываем в экспериментальных исследованиях, могут рассматриваться в качестве показателя нормальных адаптационных процессов, а нарушение формирования

телесных иллюзий – являться диагностическим инструментом в психосоматической клинике.

Таким образом, актуальность исследования состоит в необходимости изучения механизмов соматоперцепции у больных с соматоформными расстройствами, выявления особенностей мультисенсорной интеграции у данных пациентов по сравнению с контрольной группой испытуемых без диагностированных психических и соматических расстройств, в дополнении и обогащении исследований данной патологии в клинической психологии и психологии телесности. Кроме того, разработка экспериментального подхода изучения механизмов восприятия собственного тела при помощи моделирования телесных иллюзий является важной задачей в рамках общей психологии, так как позволяет исследовать фундаментальные закономерности соматоперцепции. В работе представлена серия экспериментальных исследований механизмов соматоперцепции при помощи моделирования телесных иллюзий. Используются две методики измерения иллюзий – субъективная (опросник чувства обладания) и поведенческая (оценка изменения ощущаемого положения руки, проприоцептивное смещение). Телесные иллюзии изучены у группы нормы и у группы пациентов с соматоформными расстройствами. В исследовании применялись телесные иллюзии с использованием двух типов искусственных рук – резиновой и виртуальной.

Цель исследования: изучение механизмов соматоперцепции в норме и при соматоформных расстройствах при помощи моделирования мультисенсорных телесных иллюзий.

Объект исследования: соматоперцепция в норме и при соматоформных расстройствах.

Предмет исследования: механизмы соматоперцепции в норме и при соматоформных расстройствах в условиях актуалгенеза образа искусственной руки при моделировании телесных иллюзий.

Гипотезы исследования:

1. Мультисенсорные телесные иллюзии отражают адаптивные механизмы соматоперцепции: зрительно-тактильная и зрительно-кинестетическая

интеграция стимулов от реальной и искусственной рук вызывают чувство обладания искусственной рукой и перестройку ощущения положения собственной конечности в пространстве.

2. Сенсорная информация разной модальности от искусственной руки приводит к различным субъективным и поведенческим эффектам телесных иллюзий, что отражает дифференциальный вклад модальностей в соматоперцепцию.
3. Адаптационные механизмы восприятия собственного тела у пациентов с соматоформными расстройствами нарушены, что проявляется в процессе формирования мультисенсорных иллюзий в виде снижения чувствительности к данным иллюзиям и изменения динамики их возникновения.

Задачи исследования.

1. Разработать комплекс экспериментальных методов формирования и регистрации телесных иллюзий на основе разных типов мультисенсорной интеграции: зрительно-тактильной и зрительно-кинестетической.
2. Исследовать выраженность и временную динамику формирования телесных иллюзий с двумя типами мультисенсорной интеграции (зрительно-тактильной и зрительно-кинестетической) и их угасание.
3. Выявить особенности формирования и временной динамики телесных иллюзий с двумя типами мультисенсорной интеграции у пациентов с соматоформными расстройствами на этапе формирования и этапе угасания иллюзий.
4. Изучить характеристики реальных движений при формировании зрительно-кинестетической иллюзии и установить их взаимосвязь с выраженностью иллюзии в норме и при соматоформных расстройствах.

Теоретико-методологические основы исследования: концепции психологии телесности и психосоматики (Николаева В.В., Тхостов А.Ш., Арина Г.А.); физиология активности и теория уровней построения двигательного акта (Бернштейн Н.А., Фейгенберг И.М.); концепция уровневой природы восприятия как процесса решения сенсорных и перцептивных задач

(Леонтьев А.Н., Запорожец А.В.); общепсихологические теории взаимосвязи восприятия и действия (Логвиненко А.Д., Запорожец А.В.); идеи восходящих (bottom-up) и нисходящих (top-down) процессов обработки сенсорной информации и мультисенсорной интеграции стимулов при восприятии собственного тела (Botvinick M., Cohen J., Ehrsson H.H., Haggard P., Tsakiris M.); представления о генеративных моделях восприятия тела, основанных на идее активности психики и «байесовском» мозге (Friston K., Clark A., Henningsen P.).

Методы исследования. Основным методом исследования являлся эксперимент. Для решения задач исследования разработаны новые и модифицированы известные методические процедуры, применяющиеся для исследования мультисенсорных механизмов восприятия собственного тела. Использованы классическая версия «иллюзии резиновой руки» и ее модифицированная версия для изучения динамики восприятия; разработаны две версии «иллюзии движущейся руки» в условиях виртуальной реальности для изучения актуалгенеза восприятия искусственной конечности и исследования динамики этого процесса во времени. Применялись две основные методики измерения иллюзий – поведенческий показатель иллюзии (проприоцептивное смещение) и субъективный показатель иллюзии (опросник чувства обладания искусственной рукой). Использовалась шкала SOMS-2 (Rief, Hiller, Heuser, 1997) для измерения соматоформных симптомов у испытуемых.

Для анализа полученных результатов применялись адекватные методы статистической обработки данных: параметрические и непараметрические критерии сравнения выборок (t-тест Стьюдента, критерий Манна-Уитни); дисперсионный анализ ANOVA (3-го типа, тест максимального правдоподобия), построение линейных смешанных моделей и моделей логистической регрессии, а также проводилась поправка на множественные сравнения. Условия применения статистических методов контролировались. Опросники чувства обладания прошли апробацию, посчитана метрика согласованности опросников (альфа Кронбаха). Все процедуры анализа данных осуществлялись в программном пакете R 3.3.0 - 3.6.1 (R Studio Version 0.99.896 - 1.2.1335).

Характеристика выборки. Всего в экспериментах приняло участие 198 человек (табл. 1):

Таблица 1.

Характеристика экспериментальной выборки.

Этап исследования	Количество испытуемых	Возраст, среднее±ст.откл. (лет)	Пол
(1) Зрительно-тактильная иллюзия резиновой руки	80	24.0±4.6	30 женский, 50 мужской
(2) Зрительно-кинестетическая иллюзия виртуальной руки	1-й эксперимент: 15 2-й эксперимент: 37	1-й эксперимент: 23.3±3.6 2-й эксперимент: 25.8±3.9	1-й эксперимент: 8 женский, 7 мужской 2-й эксперимент: 22 женский, 15 мужской
(3) Временная динамика телесных иллюзий в норме	33	33.8±6.7	17 женский, 16 мужской
(4) Кинематические характеристики иллюзии движущейся руки в норме	Данные из эксперимента (3)		
(5) Временная динамика телесных иллюзий при соматоформных расстройствах	Группа контроля: 17 Группа пациентов: 16	Группа контроля: 30.2±3.8 Группа пациентов: 37.1±10.1	Группа контроля: 12 женский, 5 мужской Группа пациентов: 9 женский, 7 мужской
(6) Кинематические характеристики иллюзии движущейся руки при соматоформных расстройствах	Данные из эксперимента (3) и (5)		

Проведены эксперименты на группе контрольных испытуемых без диагностированных психических и соматических заболеваний и на группе пациентов с соматоформными расстройствами (СФР). Исследование одобрено локальным комитетом по этике Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, а также этическим комитетом Научного центра психического здоровья. Исследование проводилось с соблюдением этического кодекса Российского психологического общества (2012), Федерального закона от 27.07.2006 N 152-ФЗ «О персональных данных» и Федерального закона от 21.11.2011 N 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», статьи 13 «Соблюдение врачебной тайны». Перед началом исследования испытуемые подписывали добровольное информированное согласие. Испытуемые могли прекратить свое участие в исследовании в любой момент. Исследование носило конфиденциальный характер.

Критерием включения в исследование являлась праворукость (оцененная при помощи методики функциональной мануальной асимметрии (Oldfield, 1971)), а также отсутствие опыта участия в аналогичных экспериментах по формированию соматосенсорных иллюзий. Мы сфокусировались на праворуких испытуемых, чтобы сузить необходимую выборку исследования, то есть фактор межполушарной асимметрии не рассматривался нами в данном исследовании. Также контролировался факт использования виртуальной реальности и опыт компьютерных игр.

Группа нормы включала в себя испытуемых, у которых не было диагностировано психических или неврологических заболеваний, а также переломов правой руки. Серии экспериментов на группе контрольных испытуемых проведены на базе Международного института психосоматического здоровья (МИПЗ) и Клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Первого МГМУ им. И.М. Сеченова.

Серии экспериментов с участием пациентов с соматоформными расстройствами проводились в Клинике нервных болезней им. А.Я. Кожевникова. Диагнозы пациентам поставлены врачами-психиатрами

данной клиники (проф., д-ром мед. наук Романовым Д.В. и проф., д-ром мед. наук Волель Б.А.). Критериями включения в данную экспериментальную группу были диагнозы «недифференцированное соматоформное расстройство» (F45.0) и «соматизированное расстройство» (F45.1) по МКБ-10. В каждой экспериментальной серии, помимо пациентов, также участвовала контрольная группа испытуемых без диагностированных психических и тяжелых соматических расстройств.

Научная новизна исследования. Разработаны новые методики изучения мультисенсорных телесных иллюзий. Так, разработана оригинальная методика формирования телесных иллюзий в условиях виртуальной реальности, включающая активные и целенаправленные движения испытуемого в ходе формирования телесной иллюзии, которые отслеживаются при помощи системы трекинга движений. Впервые изучена динамика формирования и угасания телесных иллюзий. Впервые исследована роль движений виртуальной руки в формировании чувства обладания искусственной конечностью. Для этого применен новый метод кинематического анализа в рамках изучения иллюзии движущейся руки. Продемонстрировано, что эффективность механизмов мультисенсорной интеграции связана с особенностью организации движений.

Методика исследования особенностей соматоперцепции при помощи формирования телесных иллюзий впервые применена для изучения особенностей восприятия тела у пациентов с соматоформными расстройствами. Благодаря разработанным методам, впервые исследована динамика формирования и угасания телесных иллюзий в норме и при соматоформных расстройствах, впервые изучены объективные характеристики движений в процессе формирования зрительно-кинестетической иллюзии при данной патологии. Выдвинута гипотеза о формировании мультисенсорных иллюзий как адаптационном механизме, который отражает динамические процессы перестройки образа собственной конечности в ответ на изменяющуюся

стимуляцию. Показаны нарушения этого механизма у пациентов с соматоформными расстройствами на основе данных о снижении выраженности телесных иллюзий. Иными словами, у пациентов мультисенсорные иллюзии формируются хуже, чем в норме, что свидетельствует об изменении динамики формирования образа тела. Таким образом, описан один из потенциальных механизмов симптомообразования и нарушения соматоперцепции у пациентов с соматоформными расстройствами.

Теоретическая значимость исследования выражается в уточнении мультисенсорных механизмов восприятия тела в норме и при соматоформных расстройствах. В работе находит свое развитие гипотеза об адаптивном характере телесных иллюзий, принцип активности восприятия (Леонтьев А.Н., Логвиненко А.Д., Бернштейн Н.А., Гусев А.Н.) и описываются предполагаемые механизмы нарушения соматоперцептивных процессов при соматоформных расстройствах, продолжая тем самым исследования в области психологии телесности и психосоматики (Николаева В.В., Тхостов А.Ш., Арина Г.А.). Исследуются уровни организации движений (Бернштейн Н.А.) и их связь с формированием образа конечности. Расширяется понимание соматоперцепции в норме, что важно для развития общепсихологической концепции соматосенсорного восприятия.

Практическая значимость исследования. Результаты исследования могут быть применены для последующей разработки эффективных программ терапии соматоформных расстройств, могут быть использованы для прикладных задач в области робототехники, индустрии компьютерных игр и виртуальной реальности.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов обеспечены достаточным объемом исследуемой выборки и ее репрезентативностью, использованием адекватных для изучения механизмов соматоперцепции в норме и при соматоформных расстройствах методов

эмпирического исследования, количественной оценкой результатов экспериментов, адекватным подбором методов статистической обработки данных.

Положения, выносимые на защиту.

1. Телесные иллюзии формируются благодаря мультисенсорной интеграции сигналов, поступающих от тела, и отражают адаптационные механизмы соматоперцепции, в частности, активность восприятия собственного тела.

2. В норме зрительно-тактильная иллюзия вызывает более сильное субъективное ощущение обладания искусственной рукой по сравнению со зрительно-кинестетической иллюзией, а зрительно-кинестетическая – более сильную перестройку ощущения положения собственной руки (проприоцептивное смещение), что свидетельствует о разном вкладе тактильной и кинестетической модальностей в восприятие собственного тела.

3. В норме зрительно-тактильная и зрительно-кинестетическая иллюзии обладают схожей временной динамикой: обе иллюзии демонстрируют постепенное увеличение выраженности на этапе формирования и постепенное снижение на этапе угасания, что указывает на общие динамические процессы мультисенсорной интеграции при построении соматоперцептивного образа.

4. При соматоформных расстройствах процесс формирования телесных иллюзий значительно отличается от нормы. Зрительно-тактильная и зрительно-кинестетическая иллюзии демонстрируют ригидность динамики проприоцептивного смещения, при этом зрительно-тактильная иллюзия на субъективном уровне формируется значительно хуже, чем в норме.

5. Параметры организации движений связаны с процессами мультисенсорной интеграции, ответственными за формирование зрительно-кинестетической иллюзии. При этом в норме и при соматоформных расстройствах наблюдается разный вклад организации движений в соматоперцепцию.

6. Особенности формирования мультисенсорных телесных иллюзий у пациентов с соматоформными расстройствами, такие как снижение выраженности и изменение динамики телесных иллюзий, свидетельствуют о ригидности в соматосенсорной сфере и нарушениях адаптационных механизмов соматоперцепции.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы представлялись на научных конференциях: 4th European Society for Cognitive and Affective Neuroscience ESCAN (Лейден, Нидерланды, 2018); 5th International Conference on Movement and Computing MOCO (Генуя, Италия, 2018); 4-я Всероссийская конференция «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» (Москва, Россия, 2017); 39th European Conference on Visual Perception ECVP (Барселона, Испания, 2016); 17th International Multisensory Research Forum IMRF (Сучжоу, Китай, 2016), получена премия «Лучший стендовый доклад конференции IMRF-2016»; XXIII и XX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, Россия, 2013, 2016), получена премия «Лучший доклад секции»; 6-я Международная конференция по когнитивной науке COGSCI (Россия, Калининград, 2014).

Структура диссертации. Диссертация изложена на 167 страницах; содержит одно приложение, 36 рисунков и 37 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 177 источников; из них 150 – на английском языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **Введении** обосновывается актуальность проблемы; описываются цель, гипотезы, задачи исследования, его научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также излагаются положения, выносимые на защиту.

Часть I представляет собой литературный обзор и состоит из четырех глав.

Глава 1 «Механизмы и факторы восприятия тела» состоит из 3 параграфов.

В **параграфе 1.1 «Соматоперцепция и соматорепрезентация»** описаны главные особенности восприятия собственного тела. Приведены ключевые элементы соматоперцепции (Тхостов, 2002а); описаны такие ее важные функции, как локализация прикосновений к поверхности тела и локализация частей тела в пространстве. Представлены отличия этого термина от понятия соматорепрезентации, важной функцией которой является формирование семантических знаний о теле.

В **параграфе 1.2 «Генеративные модели восприятия тела»** рассмотрен байесовский подход к восприятию в целом (Friston, 2010) и к соматоперцепции, в частности (Henningesen et al, 2018). Описаны основные теоретические концепции данной модели, заключающиеся в предположении, что главной задачей психики является минимизация «ошибок прогнозирования».

В **параграфе 1.3 «Активность в восприятии собственного тела»** обсуждаются принципы активности в восприятии (Запорожец и др., 1967; Бернштейн, Фейгенберг, 1990; Гусев, 2007), концепция «чувства авторства» (Kalckert, Ehrsson, 2012) и их связь с соматоперцепцией. Также затрагивается роль активных движений в процессе восприятия собственного тела (Held, 1961; Логвиненко, Жедунова, 1980).

Глава 2 «Мультисенсорные телесные иллюзии» состоит из 3 параграфов.

В **параграфе 2.1 «Механизмы мультисенсорной интеграции»** дается подробное описание мультисенсорных процессов в целом (Van Atteveldt et al., 2014). Обсуждается «проблема связывания» сигналов. Описаны нейронные основы сенсорной интеграции и различные факторы, влияющие на мультисенсорную интеграцию сигналов. Одним из наиболее важных факторов является временное окно между стимулами (Finotti, Migliorati, Costantini, 2018). Различные авторы предполагают, что мультисенсорные механизмы мозга играют критическую роль в способности интегрировать телесные сигналы

(Petkova, Khoshnevis, Ehrsson, 2011; Ehrsson, 2012; Blanke, Slater, Serino, 2015). Механизмы мультисенсорной интеграции в восприятии тела активно изучаются с помощью моделирования телесных иллюзий.

В параграфе 2.2 «Иллюзия резиновой руки» приводится подробное описание одной из классических мультисенсорных телесных иллюзий – иллюзии резиновой руки (Botvinick, Cohen, 1998). Представлен стандартный эксперимент по ее формированию, а также два основных показателя выраженности данной иллюзии – субъективное чувство обладания искусственной рукой и проприоцептивная перекалибровка положения собственной руки в пространстве (которая проявляется в виде феномена проприоцептивного смещения). На основе данных литературы делается заключение, что проприоцептивное смещение и чувство обладания могут опираться на разные механизмы мультисенсорной интеграции и соматоперцепции. Несмотря на то, что проприоцептивное смещение и ответы на опросник часто коррелируют друг с другом, при измерении чувства обладания конечностью нельзя полагаться только на измерение проприоцептивного смещения.

В параграфе 2.3 «Характеристики телесных иллюзий» подробно анализируются условия возникновения мультисенсорных телесных иллюзий. Среди них: синхронность поступления стимулов разных модальностей; пространственное расположение реальной и искусственной рук, их позы, визуальные характеристики искусственной руки. Далее приводятся исследования временных характеристик телесных иллюзий. Описаны временные интервалы, за которые в норме формируется иллюзия резиновой руки (6-11 секунд (Ehrsson, Spence, Passingham, 2004; Lloyd, 2007)). Делается вывод о том, что временные характеристики телесных иллюзий в литературе описаны мозаично: отсутствует важная информация о динамике формирования иллюзии и о времени ее угасания.

Глава 3 «Виртуальная реальность как метод изучения восприятия тела» состоит из 2 параграфов. В начале главы приводится краткая история

возникновения понятия виртуальной реальности и преимущества использования этой технологии для исследований в психологии (Зинченко и др., 2010; Меньшикова, Ковалев, 2015).

В параграфе 3.1 «Телесные иллюзии в виртуальной реальности» описано применение технологий виртуальной реальности к изучению мультисенсорных телесных иллюзий. Обсуждаются эксперименты по формированию иллюзии «резиновой» руки в виртуальной реальности (Slater et al., 2008, 2009). Анализируются различные мультисенсорные телесные иллюзии в виртуальной реальности. Делается вывод, что в условиях виртуальной реальности возможно успешное экспериментальное моделирование телесных иллюзий. Разнообразие условий манипулирования параметрами искусственного тела позволяет проверить гипотезы относительно характеристик искусственного объекта, который может быть воспринят в качестве части тела, а также изучить механизмы мультисенсорной интеграции, лежащие в основе восприятия тела.

В параграфе 3.2 «Иллюзия движущейся руки» подробно рассмотрены эксперименты по формированию зрительно-кинестетических иллюзий (Tsakiris et al., 2006; Dummer et al., 2009; Walsh et al., 2011; Kalckert, Ehrsson, 2012, 2014). Приводится общая мотивация данных исследований, которая заключается в том, что в повседневной жизни человек постоянно двигается, и классические зрительно-тактильные мультисенсорные телесные иллюзии не учитывают вклад движений человека в соматоперцепцию. На основе обзора литературы делается вывод, что существующие эксперименты, включающие движение испытуемого, имеют ограничения: они часто ограничены движением одного пальца (Kalckert, Ehrsson, 2012, 2014); в качестве искусственной конечности используется двумерная проекция руки (Tsakiris et al., 2006; Ma, Hommel, 2015; Abdi et al., 2016). Далее анализируются исследования, в которых были предприняты попытки анализа кинематики движений в экспериментах с телесными иллюзиями (Abdi et al., 2016), однако никем не исследована взаимосвязь между характеристиками движений и чувством обладания

искусственной конечностью. Такие исследования позволят ответить на вопрос о связи организации движений и мультисенсорной интеграции.

Глава 4 «Перцептивные факторы соматоформных расстройств» состоит из 2 параграфов. В начале главы дается определение соматоформным расстройствам, приводятся данные об их классификации по МКБ-10 и DSM-IV и распространенности. Описаны нейронные корреляты соматоформных расстройств. Подробно проанализированы модели соматоформных расстройств, среди которых: концепция соматосенсорной амплификации (Barsky et al., 1988); концепция фильтрации сигнала (Rief, Barsky, 2005); когнитивные модели (Brown, 2004, 2006) и концепции предиктивной обработки (Van Den Houte et al., 2017).

В параграфе 4.1 «Экспериментальное изучение восприятия соматосенсорных сигналов у пациентов с соматоформными расстройствами» рассматриваются эмпирические исследования соматоперцепции у пациентов с соматоформными расстройствами, среди которых есть ранние работы, указывающие на повышенную чувствительность к мышечным сигналам у пациентов (Scholz, Ott, Sarnoch, 2001); и более поздние работы, в которых демонстрируется более низкая способность к обнаружению соматосенсорных сигналов у данных пациентов (Bogaerts et al., 2008, 2010). Также описаны работы, указывающие на более низкую точность interoцепции у пациентов с соматоформными расстройствами (Schaefer et al., 2012).

В параграфе 4.2 «Мультисенсорная интеграция соматосенсорных сигналов при соматоформных расстройствах» обсуждаются работы, проведенные на неклинических группах испытуемых с высокими и низкими значениями по шкале соматоформной диссоциации (Brown et al., 2010; Miles et al., 2011; Ratcliffe, Newport, 2016). В этих исследованиях было показано, что испытуемые с высокими баллами по данной шкале испытывали более низкое чувство обладания конечностью при зрительно-тактильной интеграции стимулов, тогда как при зрительно-кинестетической интеграции такой закономерности не наблюдалось. Также описана работа, в которой исследованы

испытуемые с аномальными телесными ощущениями (Braithwaite et al., 2014), где продемонстрировано, что период возникновения иллюзии резиновой руки значимо длиннее у данных испытуемых по сравнению с контрольной группой.

Часть II представляет собой результаты эмпирических исследований и состоит из двух глав. Приводится общее описание исследований механизмов соматоперцепции в норме и при соматоформных расстройствах при помощи моделирования мультисенсорных телесных иллюзий. Представлена общая выборка всех этапов исследования (198 человек, все праворукие); приведена сводная таблица социально-демографических данных испытуемых.

Глава 5 «Мультисенсорные иллюзии в норме» состоит из 4 параграфов.

В параграфе 5.1 «Зрительно-тактильная иллюзия резиновой руки» описано экспериментальное исследование иллюзии резиновой руки на норме. Целью данного этапа исследования была апробация методики формирования иллюзии резиновой руки для дальнейшего изучения механизмов соматоперцепции у пациентов с соматоформными расстройствами. В данном этапе исследования приняло участие 80 человек (возраст 24.0 ± 4.6 лет; 30 женщин, 50 мужчин).

Как и в классическом эксперименте с иллюзией резиновой руки (Botvinick, Cohen, 1998), в этом эксперименте было два условия: синхронная стимуляция и асинхронная стимуляция. В условии синхронной стимуляции экспериментатор синхронно прикасался к реальной руке испытуемого, спрятанной за экраном, и к резиновой руке, лежащей так, что испытуемый ее видел, расположенной параллельно реальной (Рис. 1). В условии асинхронной стимуляции прикосновения были асинхронными. Последовательность условий для испытуемых варьировалась (для нивелирования эффекта порядка предъявления). Каждое экспериментальное условие длилось 4 минуты. До и после каждого экспериментального условия испытуемый выполнял процедуру измерения проприоцептивного смещения. Для этого испытуемого просили

закрывать глаза и при помощи своей второй руки указывать положение среднего пальца реальной руки, которая стимулировалась. После стимуляции и измерения проприоцептивного смещения испытуемый заполнял опросник обладания резиновой рукой, который состоял из тестовых и контрольных вопросов. Контрольные вопросы включены для того, чтобы проконтролировать факторы внушаемости и социальной желательности. Тестовые вопросы касаются ожидаемых феноменов иллюзии, таких как ощущение обладания резиновой рукой, воспринимаемая локализация тактильных ощущений и т.д. Опросник представляет собой модифицированную под описываемые условия эксперимента версию классического опросника обладания резиновой рукой (Botvinick, Cohen, 1998).



Рисунок 1. Фотографии экспериментальной установки в иллюзии резиновой руки. А. Общий вид со стороны экспериментатора. Б. Синхронная стимуляция реальной и искусственной рук.

Сравнение проприоцептивного смещения в двух условиях с помощью парного t-критерия Стьюдента выявило между ними значимые различия ($p < 0.01$, $t = 2.85$; $n = 80$). 2×2 ANOVA с повторными измерениями выявил значимые различия между тестовыми и контрольными вопросами опросника обладания ($p < 0.001$, $\chi^2 = 55.1$; $n = 80$); взаимодействие факторов типа условия (синхронное/асинхронное) и типа шкалы (тестовые/контрольные вопросы) также оказалось значимым ($p < 0.001$, $\chi^2 = 283.3$; $n = 80$).

В ходе обсуждения результаты исследования сопоставляются с предыдущими работами (Botvinick, Cohen, 1998; Longo *et al.*, 2008). На поведенческом уровне результаты согласуются с предыдущими исследованиями и свидетельствуют о том, что синхронная стимуляция

вызывает изменение восприятия положения собственной руки в пространстве. На субъективном уровне чувство обладания искусственной рукой возникает только при синхронной стимуляции, но не при асинхронной, и это отражается в тестовых ответах на опросник, что также согласуется с результатами, полученными ранее (Botvinick, Cohen, 1998).

Таким образом, на достаточно обширной выборке нормы апробирована методика формирования иллюзии резиновой руки и подтверждены основные феномены, связанные с проприоцептивным смещением и чувством обладания искусственной конечностью.

В параграфе 5.2 «Зрительно-кинестетическая иллюзия движущейся руки» описано исследование иллюзии движущейся руки на норме. Классическая иллюзия резиновой руки строится на синхронной зрительно-тактильной интеграции. В условиях этого опыта испытуемый неподвижен и пассивен. Однако же в реальной жизни наше тело совершает огромное количество движений. Чтобы получить более репрезентативные и экологически валидные результаты исследований соматоперцепции, важно изучать мультисенсорное восприятие тела в процессе совершения активных действий. Целью данного этапа исследования была разработка методики формирования иллюзии движущейся руки в виртуальной реальности и изучение влияния различных параметров предъявления искусственной конечности (со смещением относительно положения реальной руки и без, синхронное и асинхронное предъявление, внешний вид искусственной руки) на иллюзию виртуальной руки, при наличии активных целенаправленных движений испытуемого.

На данном этапе исследования проведено два эксперимента. (1) Апробация методики измерения проприоцептивного смещения в условиях виртуальной реальности. В эксперименте приняло участие 15 человек (23.3 ± 3.6 лет; 8 женщин, 7 мужчин). (2) Изучение влияния типа виртуальной руки на формирование иллюзии. В эксперименте приняло участие 37 испытуемых (25.8 ± 3.9 лет; 22 женщины, 15 мужчин).



Рисунок 2. Вид от первого лица (А) и общий вид сцены (Б) в антропоморфном условии. Вид от первого лица (В) и общий вид сцены (Г) в неантропоморфном условии.

Испытуемые сидели за столом, на них был надет шлем виртуальной реальности Oculus Rift CV1. Задача испытуемого состояла в том, чтобы двигать правой рукой и наблюдать за движениями аватара из позиции от первого лица (Рис. 2). Движения руки отслеживались с помощью контроллера Kinect 1.0 (Zhang, 2012) и программного обеспечения ThreeGear от Nimble VR.

В первом эксперименте по апробации методики измерения проприоцептивного смещения было два условия: со смещением виртуальной руки относительно реальной и без смещения.

Во втором эксперименте было три условия: синхронное антропоморфное сравнивалось с асинхронным антропоморфным и синхронным неантропоморфным. Каждое условие длилось по 7 минут. Последовательность условий варьировалась. В синхронных условиях испытуемый должен был стряхивать предметы с виртуального стола. В асинхронных – выполнять последовательность простых движений по команде экспериментатора, а виртуальная рука осуществляла те же типы движений, но в другой последовательности. Для регистрации иллюзии использовались методика проприоцептивного смещения (в обоих экспериментах) и опросник обладания виртуальной рукой (во втором эксперименте). Опросник представляет собой

модифицированную версию классического опросника обладания резиновой рукой (Botvinick, Cohen, 1998) для исследований в виртуальной реальности (Sanchez-Vives et al., 2010) и иллюзии движущейся руки (Kalckert, Ehrsson, 2012).

Для анализа результатов проприоцептивного смещения построены линейные смешанные модели; для анализа опросника обладания искусственной рукой – модели логистической регрессии, а также применен дисперсионный анализ (ANOVA).

Результаты первого эксперимента продемонстрировали, что проприоцептивное смещение возникало только в условии смещенной виртуальной руки относительно реальной руки испытуемого ($\chi^2=5.9$, $df=1$, $p=0.01$); и в этом случае проприоцептивное смещение значимо отличалось до и после экспериментального воздействия ($\chi^2=12.2$, $df=1$; $p<0.001$).

В ходе *обсуждения результатов* первого эксперимента мы показываем, что разработанная нами методика измерения проприоцептивного смещения в условиях виртуальной реальности отражает классический эффект, обнаруженный в предыдущих исследованиях, и подходит для изучения мультисенсорного взаимодействия, происходящего в ходе формирования телесных иллюзий при помощи активных, целенаправленных действий.

Результаты второго эксперимента показали, что фактор синхронности движений реальной и виртуальной рук является значимым для субъективного чувства обладания искусственной рукой ($\chi^2=7.0$, $df=1$; $p=0.02$), но не для проприоцептивного смещения ($\chi^2=0.12$, $df=1$; $p=0.79$). Проприоцептивное смещение значимо изменялось до и после экспериментального воздействия как в синхронном, так и в асинхронном условиях. Фактор антропоморфности оказался незначим ни для чувства обладания ($\chi^2=2.70$, $df=1$; $p=0.15$), ни для проприоцептивного смещения ($\chi^2=4.56$, $df=1$; $p=0.06$).

Результаты исследования *обсуждаются* в контексте феноменов, полученных в предыдущих работах, например, процесса «перестройки» (realignment), описанного в экспериментах с адаптацией к зрительному

восприятию сквозь призму (Held, 1961; Harris, 1963; Логвиненко, Жедунова, 1980). В ходе обсуждения также отмечается, что в дальнейшем можно изучить другие интересные феномены, которые выходят за рамки задач текущего исследования (например, эффект присутствия), и их взаимосвязь с процессом формирования телесных иллюзий.

Таким образом, показано, что синхронная стимуляция является критически важной для формирования субъективного чувства обладания искусственной рукой, но не для возникновения проприоцептивного смещения, а антропоморфный вид виртуальной руки не является обязательным для формирования данной иллюзии.

В параграфе 5.3 «Временная динамика телесных иллюзий» описаны результаты эмпирического исследования динамики зрительно-тактильной и зрительно-кинестетической телесных иллюзий на норме. Обсуждаются предпосылки такого исследования, их теоретическая и практическая значимость. Целью данного этапа было изучение временной динамики телесных иллюзий, а именно: зависимости выраженности иллюзий от времени на этапе их формирования и изучение феномена угасания, а также сравнение динамики иллюзий разных модальностей. В экспериментах приняли участие 33 человека (средний возраст 33.8 ± 6.7 лет; 17 женщин, 16 мужчин) (Табл. 1).

Зрительно-тактильная иллюзия резиновой руки (ИРР) и зрительно-кинестетическая иллюзия виртуальной руки (ИВР) формировались по отношению к правой руке испытуемых. Иллюзии состояли из двух этапов: *этапа формирования иллюзии* и *этапа угасания иллюзии*. В процессе формирования иллюзии применена синхронная стимуляция по отношению к реальной и искусственной рукам; в процессе угасания – стимуляция от искусственной руки не поступала. Иллюзии регистрировались при помощи методик измерения проприоцептивного смещения (на этапе формирования и этапе угасания – через 15, 30, 60, 120 и 240 сек. после начала стимуляции) и опросников обладания искусственной рукой (только на этапе формирования иллюзий, через те же временные интервалы).

Для анализа результатов проприоцептивного смещения построены линейные смешанные модели; для анализа опросника обладания искусственной рукой – модели логистической регрессии, а также применен дисперсионный анализ (ANOVA).

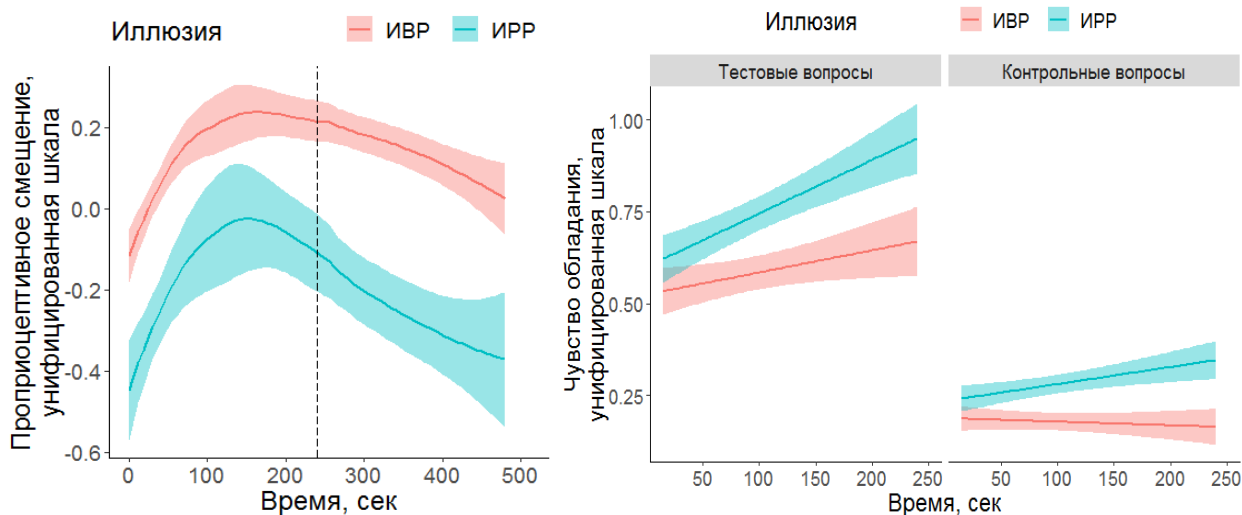


Рисунок 3. Слева – график динамики проприоцептивного смещения в иллюзии резиновой руки, ИРР, и иллюзии виртуальной руки, ИВР, в зависимости от времени стимуляции. Вертикальной чертой обозначена граница между этапами возникновения и угасания иллюзии (240 сек.). Справа – график динамики чувства обладания искусственной рукой на этапе возникновения иллюзии. Данные прошли процедуру нормировки на межквартильный размах (IQR, посчитанный для каждой группы).

Результаты исследования продемонстрировали, что общая динамика проприоцептивного смещения была схожей для обеих иллюзий. На этапе формирования иллюзии проприоцептивное смещение постепенно возрастало, тогда как на этапе угасания – оно постепенно уменьшалось (Рис. 3 слева). При этом проприоцептивное смещение значимо выше в иллюзии виртуальной руки, как на этапе формирования ($\chi^2=11.8$, $df=1$; $p<0.001$), так и на этапе угасания иллюзий ($\chi^2=57.7$, $df=1$; $p<0.001$). Обсуждаются причины этих различий, например, активные движения при ИВР, вероятно, приводят к более сильным изменениям проприоцепции.

Положительная динамика чувства обладания обнаружена в ИРР: ответы на тестовые вопросы опросника зависели от времени стимуляции, и эта зависимость прямо пропорциональна. Такой динамики для ИВР не обнаружено:

предиктор времени стимуляции стал незначим после поправки на множественные сравнения (Рис. 3 справа). Кроме того, субъективное ощущение обладания искусственной рукой, в отличие от проприоцептивного смещения, значимо выше для иллюзии резиновой руки по сравнению с иллюзией виртуальной руки ($\chi^2=20.6$, $df=1$; $p<0.001$).

В ходе *обсуждения* полученные результаты сравниваются с понятиями «адаптация», «адаптационное последствие» и «реадаптация» (Логвиненко, Жедунова, 1980; Гусев, 2007; von Helmholtz, 1886; Held, 1961; Harris, 1963); а также вводится термин «компенсаторного смещения», описывающий тип проприоцептивного смещения, направленный в противоположную сторону от искусственной руки; и термин «смещение-восстановление», характеризующий процесс угасания телесной иллюзии. Также обсуждается сопоставление двух типов иллюзий на субъективном и поведенческом уровнях. На основе полученных результатов и осмысления их в контексте предыдущих исследований делается вывод о разном вкладе зрительно-тактильной и зрительно-кинестетической типов интеграции в соматоперцепцию.

В параграфе 5.4 «Кинематические характеристики иллюзии движущейся руки» описано исследование характеристик движений реальной руки испытуемого во время формирования зрительно-кинестетической иллюзии, описанной в предыдущем параграфе (5.3). Движения рук испытуемых записаны при помощи RGB-D камеры Kinect V 1.0. Цель исследования заключалась в выявлении характеристик реальных движений, которые бы наилучшим образом предсказывали такие показатели иллюзии виртуальной руки, как величина проприоцептивного смещения и яркость субъективных ощущений, по опроснику обладания искусственной рукой.

Из записи движений реальной руки испытуемого были извлечены следующие признаки: расстояние (путь, пройденный конечностью, в м.); рабочая область (площадь минимального прямоугольника, содержащего в себе все пути конечности на плоскости, в см²); объем (минимальный прямоугольный параллелепипед, содержащий в себе все пути конечности в пространстве, в

см³); изменение массовой плотности энергии (отношение работы к массе, в Дж/кг (Abdi et al., 2016)); гладкость движений (измеренная на основе длины спектральной дуги (Balasubramanian, Melendez-Calderon, Burdet, 2012)); скорость (отношение пути ко времени, м/сек); ускорение (отношение скорости ко времени, м/сек²); резкость движений (отношение ускорения ко времени, м/сек³). Еще одним признаком было количество сброшенных предметов, как показатель качества выполнения задачи.

Ко всем признакам применена нормировка на межквартильный размах. После этого построены обобщенные линейные модели (GLM) и применены методы отбора признаков (adaptive lasso regression) на основе кросс-валидации. Отобранные признаки в качестве предикторов вошли в две обобщенные линейные модели (с проприоцептивным смещением и опросником обладания в качестве целевых переменных).

Анализ признаков выявил, что для показателя проприоцептивного смещения значимым оказался только один признак – средняя резкость движений ($\chi^2=7.2$, $df=1$; $p=0.02$). Зависимость проприоцептивного смещения от этого признака была обратной: чем менее резкие движения, тем выше значение смещения. Для субъективного чувства обладания искусственной рукой значимыми оказались следующие признаки: гладкость ($\chi^2=6.1$, $df=1$; $p=0.03$); скорость ($\chi^2=8.0$, $df=1$; $p=0.01$) и расстояние ($\chi^2=7.9$, $df=1$; $p=0.01$).

Результаты *обсуждаются* в контексте уровневой организации движений (Н.А. Бернштейн). Формулируется предположение, что более эффективная организация движений и более быстрая адаптация к новым сенсорным условиям связана с более динамичными процессами мультисенсорной интеграции. Т.к. дизайн эксперимента не позволяет судить о причинно-следственной связи, предлагается и обратное объяснение: более сильная иллюзия обладания искусственной рукой влияла на более уверенные и адаптивные движения. В этом случае чувство обладания конечностью модулирует кинематические признаки движения руки.

Глава 6 «Мультисенсорные иллюзии при соматоформных расстройствах» состоит из 2 параграфов.

В параграфе 6.1 «Временная динамика телесных иллюзий у пациентов с соматоформными расстройствами» описаны результаты исследования динамики зрительно-тактильной и зрительно-кинестетической иллюзий при соматоформных расстройствах. Целью данного этапа исследования было изучение зависимости выраженности иллюзий от времени на этапе их формирования и феномена угасания иллюзии у данной группы пациентов по сравнению с контрольной группой здоровых испытуемых.

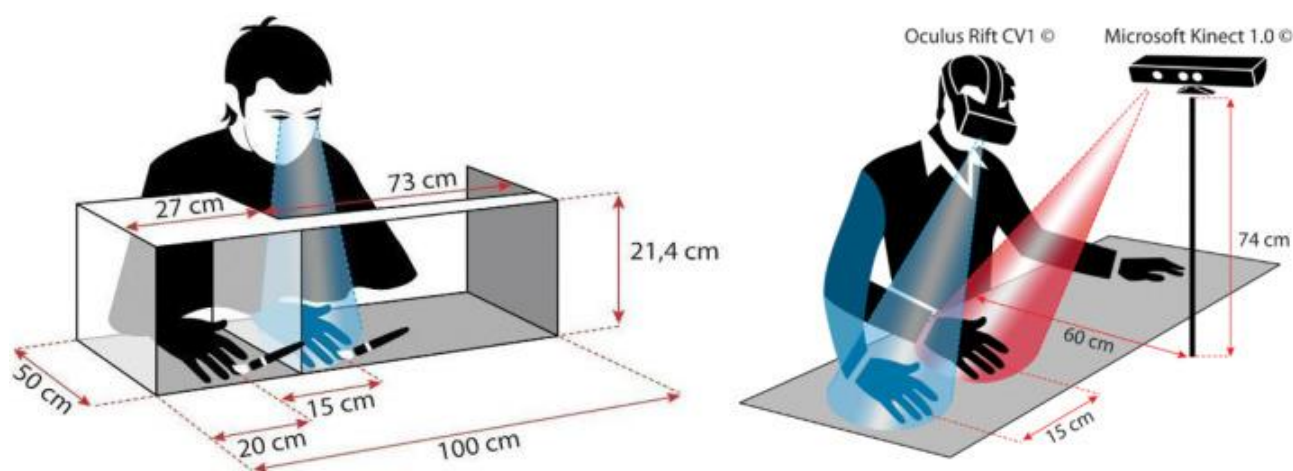


Рисунок 4. Схема экспериментальной установки: слева – зрительно-тактильная иллюзия резиновой руки (ИРР), справа – зрительно-кинестетическая иллюзия виртуальной руки (ИВР).

В данном эксперименте приняли участие две группы испытуемых: пациенты с СФР (16 человек, 37.1 ± 10.1 лет; 9 женщин, 7 мужчин) и контрольная группа испытуемых (17 человек, 30.2 ± 3.8 лет; 12 женщин, 5 мужчин). Методика полностью аналогична описанной в параграфе 5.3 (Рис. 4). Помимо участия в экспериментах, все испытуемые заполнили шкалу соматоформных расстройств SOMS-2 (Rief, Hiller, Heuser, 1997).

Набор пациентов для исследования происходил на базе Клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Первого МГМУ им. И.М. Сеченова. Осмотр пациентов и испытуемых контрольной группы после получения информированного согласия проводился профессорами кафедры психиатрии и психосоматики Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Романовым Д.В. и Волель Б.А. В данный этап исследования включены пациенты с диагнозами:

соматизированное расстройство (F45.1) – 9 чел.; недифференцированное соматоформное расстройство (F45.0) – 7 чел.

По шкале соматоформных расстройств между двумя исследуемыми группами найдены значимые различия при помощи непараметрического теста Манна-Уитни ($W=41.5$, $p<0.05$); при этом общий балл по шкале SOMS-2 выше у группы пациентов. Результаты по шкале соматоформных расстройств у группы контроля: среднее 7.88 ± 9.67 , медиана 4, IQR (межквартильный размах) 11; у группы пациентов: 22.71 ± 7.25 , медиана 22.5, IQR 8.

Для анализа результатов проприоцептивного смещения построены линейные смешанные модели; для анализа опросника обладания искусственной рукой – модели логистической регрессии, а также применен дисперсионный анализ (ANOVA).

Наблюдалась различная динамика обеих иллюзий у группы пациентов и контрольной группы (Рис. 5). В случае с *иллюзией резиновой руки* это различие проявлялось на этапе *формирования* иллюзии: зависимость проприоцептивного смещения от времени наблюдалось у группы контроля ($\chi^2=50.74$, $df=1$; $p<0.001$), но не у группы пациентов ($\chi^2=0.06$, $df=1$; $p=0.84$), и, в среднем, проприоцептивное смещение у контрольной группы значимо выше ($\chi^2=19.9$, $df=1$; $p<0.001$). Динамика изменений субъективных ощущений была схожей в обеих группах (Рис. 6); при этом среднее значение баллов на тестовые вопросы различалось у группы контроля и группы пациентов: у контрольной группы среднее значение тестовых вопросов выше, чем у пациентов ($\chi^2=21.1$, $df=1$; $p<0.001$).

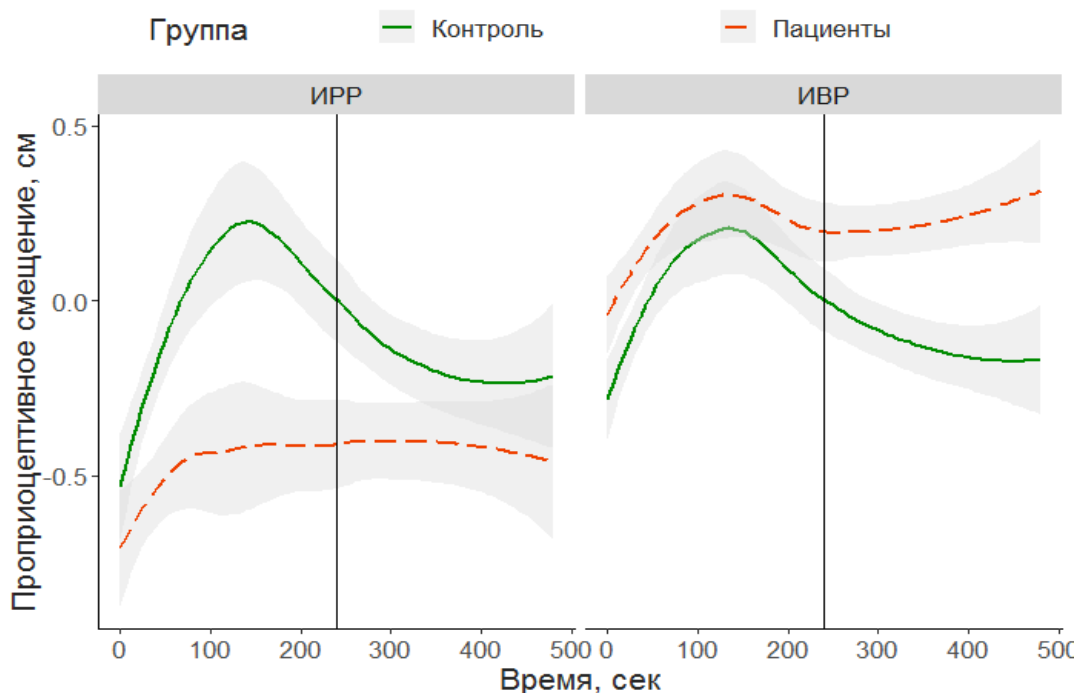


Рисунок 5. График динамики проприоцептивного смещения в зависимости от времени стимуляции для группы пациентов и группы контроля в иллюзии резиновой руки (ИРР, слева) и в иллюзии виртуальной руки (ИВР, справа). Вертикальной чертой обозначена граница между этапами возникновения и угасания иллюзии.

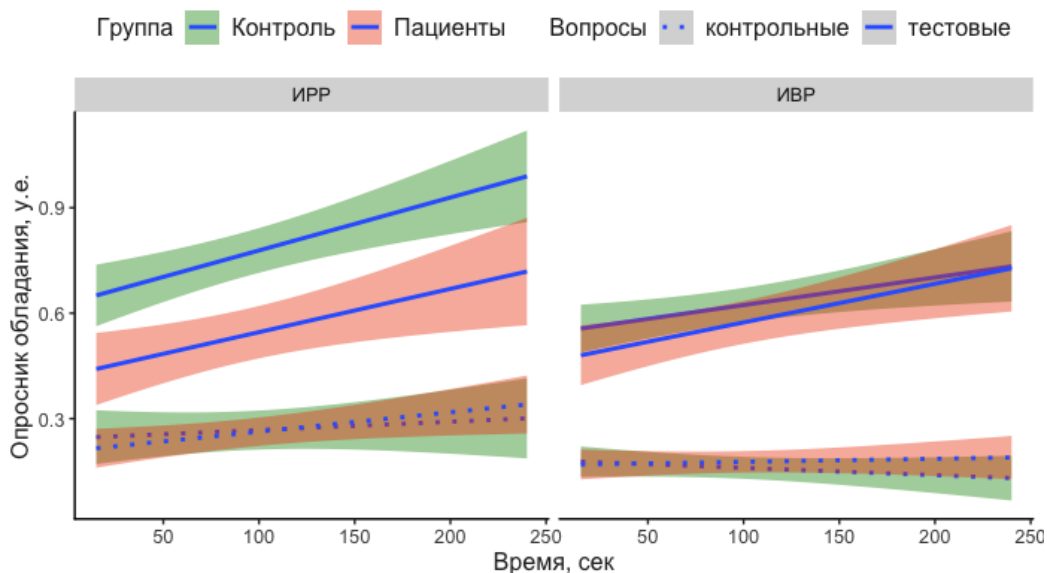


Рисунок 6. График ответов на опросник чувства обладания искусственной рукой в зависимости от времени стимуляции для группы пациентов и группы контроля в иллюзии резиновой руки (ИРР) и в иллюзии виртуальной руки (ИВР) на тестовые и контрольные вопросы. Данные прошли процедуру нормирования на межквартильный размах (IQR, посчитанный для каждой группы).

В случае с *иллюзией виртуальной руки* различие в динамике проявлялось на этапе *угасания* иллюзии. Если для контрольной группы проприоцептивное смещение значимо не изменялось со временем на данном этапе ($\chi^2=0.45$, $df=1$; $p=0.57$), то для пациентов фактор времени оказался значим ($\chi^2=6.9$, $df=1$; $p=0.01$); однако направление изменения было противоположным по сравнению с предыдущим исследованием на здоровых испытуемых, то есть, проприоцептивное смещение увеличивалось со временем. Динамика изменений субъективных ощущений во время иллюзии виртуальной руки была схожей в обеих группах.

Результаты *обсуждаются* в контексте предыдущих исследований на неклинической группе испытуемых с высокими рейтингами по шкале необъясненных симптомов (Brown et al., 2010; Miles et al., 2011), результаты которых свидетельствуют о нарушении динамики мультисенсорной интеграции в иллюзии резиновой руки у данных испытуемых.

Таким образом, динамика мультисенсорных иллюзий значимо отличается у группы пациентов от группы контроля. Зрительно-тактильная иллюзия на субъективном уровне у пациентов формируется хуже, а динамики проприоцептивного смещения в данной иллюзии не обнаружено. Зрительно-кинестетическая иллюзия на субъективном уровне у пациентов аналогична контрольной группе, однако динамика проприоцептивного смещения отличается: в отличие от нормы, после прекращения стимуляции проприоцептивное смещение не возвращается к исходному, что может указывать на ригидность процессов восприятия телесных сигналов, то есть, свидетельствовать о нарушении механизма соматоперцепции.

В параграфе 6.2 «Кинематические характеристики иллюзии движущейся руки у пациентов с соматоформными расстройствами» описаны результаты исследования характеристик реальных движений у пациентов с соматоформными расстройствами при формировании зрительно-кинестетической иллюзии, описанной в предыдущем параграфе (6.1). Целью данного этапа было изучение объективных характеристик движений пациентов

во время формирования иллюзии. Также изучено, насколько модели, построенные для группы нормы, применимы к данным, полученным на пациентах и группе контроля.

Обобщенные линейные модели, построенные для здоровых испытуемых в более раннем эксперименте (параграф 5.3), применены для группы пациентов и группы контроля. Анализ остатков предсказаний моделей (residuals) выявил, что модели, описывающие взаимосвязь выраженности иллюзии и паттерны движений у здоровых испытуемых, подходят для описания данных контрольной группы лучше, чем для группы пациентов (проприоцептивное смещение $W=2371$, $p<0.01$; опросник обладания $W=2116$, $p<0.001$, критерий Манна-Уитни). Следовательно, вклад кинематики в особенности восприятия зрительно-кинестетической иллюзии отличается у пациентов от нормы.

Для группы пациентов построены новые модели, описывающие взаимосвязь кинематических характеристик и двух показателей иллюзии. Предварительная обработка признаков аналогична эксперименту на норме (параграф 5.3). Для проприоцептивного смещения значимым признаком оказалась площадь рабочей области ($\chi^2=5.1$, $df=1$; $p=0.02$); а для субъективного чувства обладания – количество сброшенных предметов со стола ($\chi^2=8.7$, $df=1$; $p<0.01$). То есть, у пациентов с соматоформными расстройствами значимыми оказались другие по сравнению с группой контроля характеристики, а именно те, которые отражают более эффективную стратегию выполнения задачи. В ходе *обсуждения* результатов мы приходим к тезису о разном вкладе организации двигательных процессов в соматоперцепцию в норме и при соматоформных расстройствах.

В Заключении проводится обобщение основных результатов исследования, подводятся итоги проверки гипотез, формулируются содержательные выводы и обсуждаются перспективы дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Моделирование телесных иллюзий позволяет утверждать, что чувство обладания телом формируется благодаря механизмам мультисенсорной интеграции. Мультисенсорные телесные иллюзии отражают адаптивные механизмы соматоперцепции и пластичность построения образа тела в норме: зрительно-тактильная и зрительно-кинестетическая интеграция стимулов от реальной и искусственной рук вызывает чувство обладания искусственной рукой и перекалибровку положения собственной руки в пространстве.

2. В норме тактильная и кинестетическая модальности имеют разные степени влияния на соматосенсорную сферу: зрительно-тактильная иллюзия вызывает более сильное субъективное ощущение обладания искусственной рукой, а зрительно-кинестетическая – более сильную перестройку ощущения положения руки (проприоцептивное смещение).

3. В норме мультисенсорные телесные иллюзии обладают схожей динамикой во времени. При формировании как зрительно-тактильной, так и зрительно-кинестетической иллюзии наблюдается постепенное увеличение проприоцептивного смещения и усиление субъективного чувства обладания искусственной рукой, пропорциональное времени стимуляции. На этапе угасания иллюзий, при отсутствии условий их формирования, наблюдается постепенное затухание проприоцептивного смещения.

4. Пациенты с соматоформными расстройствами имеют особенности мультисенсорных механизмов соматоперцепции и, в частности, иную динамику мультисенсорной интеграции. Зрительно-тактильная иллюзия на субъективном уровне у пациентов формируется хуже, чем в норме, а динамики проприоцептивного смещения в данной иллюзии обнаружено не было. Зрительно-кинестетическая иллюзия на субъективном уровне у пациентов аналогична контрольной группе здоровых испытуемых, однако динамика проприоцептивного смещения отличается: в отличие от нормы, после

прекращения стимуляции проприоцептивное смещение не возвращается к исходному.

5. Объективные характеристики движений во время формирования зрительно-кинестетической иллюзии связаны с процессом восприятия искусственной руки; при этом значимыми оказались движения, демонстрирующие более уверенные и адаптированные движения (в частности, более быстрые и плавные). Вероятно, более эффективная организация движений и более быстрая адаптация к новым сенсорным условиям связана с более динамичными и эффективными процессами мультисенсорной интеграции, которые ответственны за формирование иллюзии.

6. У пациентов с соматоформными расстройствами кинематические признаки реальных движений при формировании иллюзии виртуальной руки связаны с восприятием искусственной конечности. При этом значимыми являются характеристики движений, которые, вероятнее всего, отражают более эффективную стратегию выполнения задачи.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основное содержание диссертации отражено в 7 научных публикациях (общий объем – 6,8 п.л.; авторский вклад – 3,51 п.л.).

Публикации в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Web of Science, Scopus, RSCI, а также в изданиях из перечня утвержденных Ученым советом МГУ для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В.Ломоносова по специальности 19.00.04 – Медицинская психология (психологические науки):

1. Перепелкина О.С. Исследование эквивалентности иллюзии резиновой руки в классическом варианте и в условиях виртуальной реальности / В.П.Воробьева, О.С.Перепелкина, Г.А. Арина // Экспериментальная психология. — 2020. — Т. 13. — № 3. — С. 31–45. DOI:10.17759/exppsy.2020130303, (1.06 п.л./0.35 п.л.), **IF WoS 0.803**.
2. Perepelkina, O. Multisensory mechanisms of body perception in somatoform disorders / O. Perepelkina, D. Romanov, G. Arina, B. Volel, V. Nikolaeva // Journal of Psychosomatic Research. — 2019. — Vol. 127. — P. 1–8. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2019.109837. (1.33 п.л./0.66 п.л.), **IF WoS 2.722; Scopus SJR 1.275**.

3. Perepelkina, O. Artificial hand illusions dynamics: Onset and fading of static rubber and virtual moving hand illusions / O. Perepelkina, V. Vorobeva, O. Melnikova, G. Arina, V. Nikolaeva // *Consciousness and Cognition*. — 2018. — Vol. 65. — P. 216–227. DOI: 10.1016/j.concog.2018.09.005. (1.43 п.л./0.72 п.л.), **IF WoS 2.272; Scopus SJR 1.229**.
4. Perepelkina, O. Higher emotional intelligence is associated with a stronger rubber hand illusion / O. Perepelkina, M. Boboleva, G. Arina, V. Nikolaeva // *Multisensory Research*. — 2017. — Vol. 30 (7-8). — P. 615–637. DOI: 10.1163/22134808-00002577. (1.29 п.л./0.86 п.л.), **IF WoS 2.339; Scopus SJR 0.983**.
5. Перепелкина, О.С. Телесные иллюзии: феноменология, механизмы, экспериментальные модели / О.С. Перепелкина, Г.А. Арина, В.В. Николаева // *Психологические исследования*. — 2014. — Т. 7. — № 38. — С. 9. <http://psystudy.ru/index.php/num/2014v7n38/1068-perepelkina38.html> (1.00 п.л./0.50 п.л.). **ИФ РИНЦ 1.5**.

Научные публикации в других изданиях:

6. Perepelkina, O. Kinematic predictors for the moving hand illusion / O. Perepelkina, G. Arina // *MOCO '18 Proceedings of the 5th International Conference on Movement and Computing*. — ACM, 2018. — P. 1–3. DOI: 10.1145/3212721.3212841. (0.38 п.л./0.26 п.л.). **Scopus**.
7. Перепелкина, О.С. Динамика формирования статической и динамической "иллюзии резиновой руки" / О.С. Перепелкина, О.Е. Мельникова, В.П. Воробьева, Г.А. Арина, В.В. Николаева // *Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман*. — Москва, ООО "Буки Веди", ИПШП — 2017. — С. 272-276. (0.31 п.л./ 0.16 п.л.).

Тезисы

Perepelkina, O. Somatoform symptoms' influence on the rubber hand illusion: Additional analysis / O. Perepelkina, G. Arina, M. Boboleva, V. Nikolaeva // *European Psychiatry*. — 2017. — Vol. 41. — P. S231–S231. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2017.01.2240. (0.06 п.л./0.03 п.л.), **IF WoS 4.129; Scopus SJR 1.595**.

Perepelkina, O. Moving hands perception in virtual reality / O. Perepelkina, G. Arina, V. Nikolaeva // *Perception*. — 2016. — no. 45(S2). — P. 329–330. DOI: 10.1177/0301006616671273. (0.04 п.л. / 0.02 п.л.), **IF WoS 1.371; Scopus SJR 0.764**.

Кроме того, еще 5 тезисов в сборниках материалов научных конференций.